



PLANOS DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA OS SETORES DO SISTEMA ENERGÉTICO, AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA

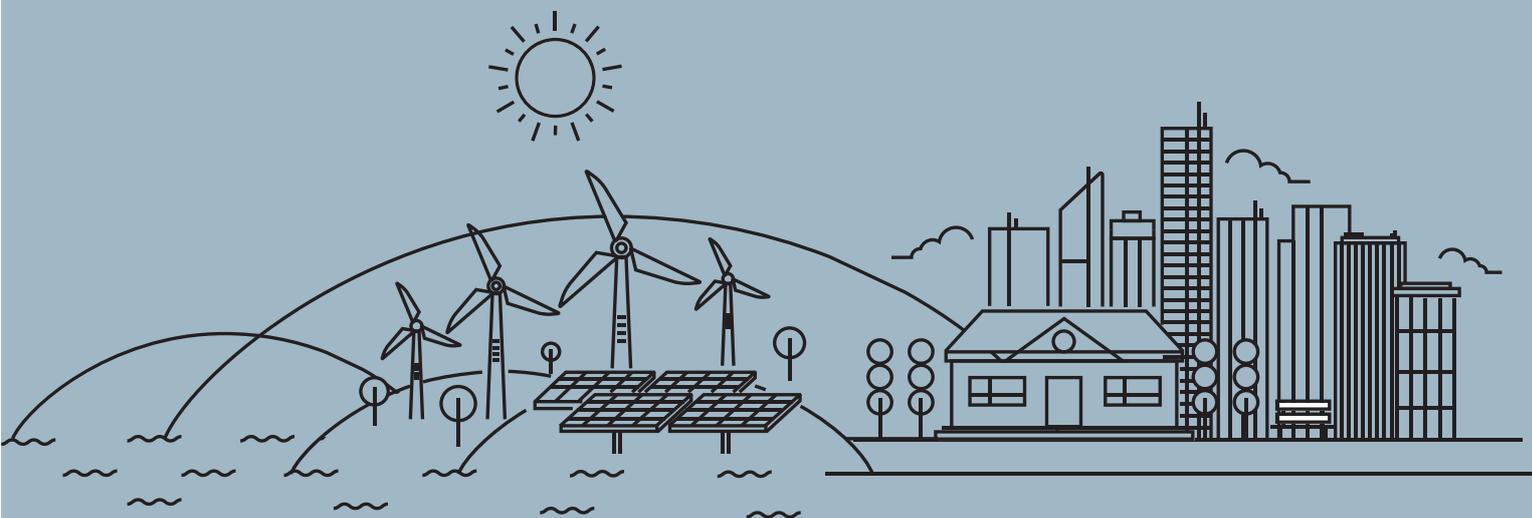


PLANOS DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA OS SETORES DO SISTEMA ENERGÉTICO, AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA

Brasília

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

2021



Ficha Catalográfica

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.
Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade
Bloco E, Sala 295, Zona Cívico-Administrativa, Esplanada dos Ministérios
CEP 70067-900 – Brasília/DF
Tel.: +55 (61) 2033-7923
<https://www.gov.br/mcti>

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
Casa da ONU – Complexo Sérgio Vieira de Mello
Setor de Embaixadas Norte, Quadra 802, Conjunto C, Lote 17
CEP 70800-400 – Brasília/DF
Tel.: +55 (61) 3038-9233
web.unep.org/regions/brazil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P712

Planos de ação tecnológica para os setores do sistema energético, agricultura, florestas e outros usos da terra / Régis Rathmann *et al.* – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021.

339 p.: il.

ISBN: 978-65-87432-10-6

1. Mudanças climáticas – Plano de ação – Brasil. 2. Agricultura sustentável. 3. Fonte alternativa de energia. 4. Indústria – Inovação tecnológica. 5. Silvicultura. 6. Cimento – Produção – Inovação. 7. Pecuária – Melhoramento genético. 8. Energia solar. 9. Monitoramento ambiental – Satélite artificial – Brasil. 10. Veículos automotores – Inovação tecnológica. I. Rathmann, Régis. II. Bittencourt, Sonia Regina Mudrovitsch de. III. Mendonça, Antônio Marcos. IV. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. V. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. VI. Projeto Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL).

CDU 551.583:62:35.077(81)

Expediente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República Federativa do Brasil

Jair Messias Bolsonaro

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovações

Marcos Cesar Pontes

Secretário Executivo

Leonidas de Araújo Medeiros Júnior

Secretário de Pesquisa e Formação Científica

Marcelo Marcos Morales

Diretor do Departamento de Ciências da Natureza

Sávio Túlio Oselieri Raeder

Coordenador-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Márcio Rojas da Cruz

AUTORIDADE NACIONAL DESIGNADA PARA O FUNDO VERDE DO CLIMA NO BRASIL

Secretário de Assuntos Econômicos Internacionais do Ministério da Economia

Erivaldo Alfredo Gomes

Subsecretário de Instituições Internacionais De Desenvolvimento

Marcos Machado Guimarães

Coordenadora-Geral de Instituições Globais de desenvolvimento

Raquel Breda dos Santos

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA

Diretora Executiva do PNUMA

Inger Andersen

Diretor Regional do PNUMA para América Latina e Caribe

Leo Heileman

Representante do PNUMA no Brasil

Denise Hamú

Oficial de Programas do PNUMA no Brasil

Regina Cavini

EQUIPE TÉCNICA DO MCTI

Diretora Nacional do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt

Coordenador Nacional do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Antônio Marcos Mendonça

Coordenador Técnico do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Régis Rathman

Equipe Técnica da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Andréa Nascimento de Araújo

Bruno Xavier de Sousa

Daniella Gonçalves Mattar

Diogo Victor Santos

Lidiane Rocha de Oliveira Melo

Marcela Cristina Rosa Aboim Raposo

Ricardo Rocha Pavan da Silva

Ricardo Vieira Araújo

Rodrigo Henrique Macedo Braga

Suiá Kafure da Rocha

Equipe Administrativa da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Kediley Márcio de Sousa

Maria do Socorro da Silva Lima

Pabliny Rodrigues Santos

Equipe Técnica do Programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Mariana Chrisostomo de Almeida

Tatiana Francisco

AUTORES

Roberto Schaeffer
Raoni Rajão
Alexandre Szklo
Régis Rathmann
Amanda Vinhoza
André Lucena
Camila Callegari
Camilla Pires Marcolino
Caroline de Souza Cruz Salomão
Fabio Luiz Buranelo Toral
Fábio Teixeira Ferreira da Silva
Francielle Carvalho
Jonathan Simões Freitas
Laura Virgínia Soares Veloso
Lucas Rodrigues Rosado
Ludovic de Souza Beghin
Luiz Bernardo Baptista
Marina Bastos Carvalhais Barroso
Pedro Luiz Barbosa Maia
Pedro Rochedo
Taísa Nogueira Morais
Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt
Antônio Marcos Mendonça

COLABORADORES

Alberto Coralli
Alexandre Camargo Coutinho
Alexandre Camargo Coutinho
André Gonçalves
Barbara Bressan
Bernardo Rudorff
Bruno Mariani
Camila Abelha
Carlos Gabriel Koury
Cláudio Almeida
Daniel Chang
Daniela Merlo
Danielle Holanda
Domingos Valente
Edson Orikassa
Eduardo Speranza
Eleneide Sotta
Ênio Pereira
Euler Lage
Felipe Arias Fogliano de Souza Cunha
Felipe Lenti
Fernando Araldi
Fernando Martins
Giampaolo Queiroz Pellegrino
Gilberto Fisch
Gilberto Menezes
Gonzalo Visedo
Gustavo Barbosa Mozzer
Gustavo Maranhão
Gustavo Nunes
Isabella Sousa
Joana Borges Rosa
Joaquim Augusto Pinto Rodrigues
Julio Cesar Chaves
Julio Minelli
Katia Marzall
Lucas Rios do Amaral
Lucas Rosse Caldas
Luis Fernando Badanhan
Marcela Rezende
Marcelo Baltazar
Marcelo Poppe
Marcia Carla Ribeiro de Oliveira
Marcio Massakiti Kubo
Marco Aurélio Araújo
Marcus Vinicius Cantarino
Maria José Amstalden Moraes Sampaio
Mariana Barroso
Mário Henrique Mendes
Markus Endler
Mauricio Francisco Henriques Jr.
Morenno de Macedo
Orestes Gonçalves Junior
Patricia Boson
Paulo Emilio Miranda
Rafaella Aloise Freitas
Raphael Guimarães Duarte
Raphael Stein
Raquel Breda dos Santos
Rodrigo Costa
Rodrigo Rodrigues Fonseca
Rodrigo Vellardo Guimarães
Romildo Dias Toledo Filho
Ronan Luiz da Silva
Valderes de Sousa
Yeda Maria Malheiros De Oliveira

INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- Agrosatélite
- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
- Associação Brasileira do Biogás
- Associação Brasileira do Carvão Mineral
- Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- Caixa
- Centro de Gestão E Estudos Estratégicos
- Centro de Inteligência Territorial.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- Companhia Siderúrgica do Pecém
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
- Confederação Nacional da Indústria
- Confederação Nacional do Transporte
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- Empresa de Pesquisa Energética
- F2B – Fotovoltaico Flutuante Brasil
- Financiadora de Estudos e Projetos
- Fundação Getúlio Vargas
- Greenant
- Instituto Aço Brasil
- Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia
- Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- Instituto Nacional de Tecnologia
- Itaipu Binacional
- LRC Ambiental
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
- Ministério da Economia
- Ministério de Minas e Energia
- Ministério do Desenvolvimento Regional
- Ministério do Meio Ambiente
- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
- Symbiosis Investimentos
- Toyota Motors
- Universidade Estadual de Campinas
- Universidade de São Paulo
- Universidade Federal de Minas Gerais
- Universidade Federal de Viçosa
- Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Universidade Federal Fluminense

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABAL –	Associação Brasileira do Alumínio
ABCB –	Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos
ABCCAN –	Associação Brasileira de Criadores de Canchim
ABCM –	Associação Brasileira do Carvão Mineral
ABCP –	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABCZ –	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
ABDI –	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Abema –	Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente
Abimaq –	Associação Brasileira de Indústria de Máquinas e Equipamentos
Abinee –	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
Abiogás –	Associação Brasileira do Biogás
Abiquim –	Associação Brasileira da Indústria Química
Abividro –	Associação Brasileira das Indústrias de Vidro
ABNT –	Associação Brasileira de Normas Técnica
ABSOLAR –	Associação Brasileira da Energia Solar Fotovoltaica
ACT –	Acordo de cooperação técnica
AEB –	Agência Espacial Brasileira
Afolu –	Agricultura, floresta e outros usos da terra
ANA –	Agência Nacional de Águas
Anamma –	Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente
Anatel –	Agência Nacional de Telecomunicações
ANCP –	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
Aneel –	Agência Nacional de Energia Elétrica
Anfavea –	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP –	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AP –	Agricultura de precisão
APP –	Área de preservação permanente
APROBIO –	Associação dos Produtores de Biocombustíveis
Asbraap –	Associação Brasileira de Agricultura de Precisão
Assocon –	Associação Nacional da Pecuária Intensiva
Ater –	Assistência técnica e extensão rural
BNDES –	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
Câmara I4.0 –	Câmara Brasileira da Indústria 4.0
Capes –	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Capex –	Custos de capital
CBAP –	Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
CBAPD –	Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital
CBIC –	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
Cenpes –	Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello
Censipam –	Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
Cepea –	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
Cepel –	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Ceplac –	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/MMA
Cerne –	Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia
Cetem –	Centro de Tecnologia Mineral
Cetesb –	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF –	Código Florestal
CGEE –	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Chesf –	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CIBiogás –	Centro Internacional de Energias Renováveis

CNA –	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CNI –	Confederação Nacional da Indústria
CNM –	Confederação Nacional dos Municípios
CNPq –	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNT –	Confederação Nacional dos Transportes
Contag –	Confederação Nacional dos Trabalhadores da Agricultura e Pecuária do Brasil
Coppe/UFRJ –	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CPFL –	Companhia Paulista de Força e Luz
CPqD –	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
CPRM –	Serviço Geológico do Brasil
CREA –	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CS –	Câmaras Setoriais de Especialistas do Projeto TNA_BRAZIL
CTC –	Comitê Técnico Consultivo do Projeto TNA_BRAZIL
CTIBC –	Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono
DAP –	Diâmetro à altura do peito
DSG/EB –	Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro
EaD –	Ensino a distância
EIA –	Estudo de Impacto Ambiental
Eletronorte –	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
Emater –	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
Embrapa –	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapii –	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
Epamig –	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EPE –	Empresa de Pesquisa Energética
EPSAP –	Empresas prestadoras de serviços em agricultura de precisão
Fapemig –	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
Fapesp –	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Fapeu –	Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária
FBMC –	Fórum Brasileiro de Mudança do Clima
Febraban –	Federação Brasileira de Bancos
FFEEAP –	Fabricantes e fornecedores de equipamentos específicos em agricultura de precisão
Finep –	Financiadora de Estudos e Projetos
Fipe –	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
FNDCT –	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Firjan –	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
Funai –	Fundação Nacional do Índio
GCF –	Fundo Verde do Clima
GEE –	Gases de efeito estufa
Geneplus –	Programa Embrapa de Melhoramento Genético de Bovinos de Corte
IABr –	Instituto Aço Brasil
Ibama –	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE –	Renováveis
ICLEI –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Governos Locais pela Sustentabilidade
ICMBio –	Instituto Chico Mendes
ICS –	Instituto Clima e Sociedade
ICT –	Institutos de Ciência e Tecnologia
Idesam –	Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia

IDH –	Índice de desenvolvimento humano
ILPF –	Integração lavoura-pecuária-floresta
Incra –	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
Inep –	Instituto de Pesquisas Educacionais
Inma –	Instituto Nacional da Mata Atlântica
Inmetro –	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Inpa –	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Inpe –	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Inpi –	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
INT –	Instituto Nacional de Tecnologia
IPAM –	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IoT –	<i>Internet of things</i>
ISO –	<i>International Organization for Standardization</i>
Mapa –	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MapBiomass –	Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e uso do Solo no Brasil
MCom –	Ministério das Comunicações
MCS –	Materiais cimentícios suplementares
MCTI –	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDR –	Ministério do Desenvolvimento Regional
ME –	Ministério da Economia
MGA –	Melhoramento genético animal
MIP –	Manejo integrado de pragas
MMA –	Ministério do Meio Ambiente
MME –	Ministério de Minas e Energia
MPEG –	Museu Paraense Emílio Goeldi
NDC –	Contribuição Nacionalmente Determinada
NTU –	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
Oemas –	Órgãos Estaduais de Meio Ambiente
ONG –	Organização não governamental
ONS –	Operador Nacional do Sistema Elétrico
Opex –	Custos de operação e manutenção
P&D+I –	Pesquisa, desenvolvimento e inovação
PaCOS –	Pilhas a combustível de óxido sólido
PAT –	Plano de Ação Tecnológica
PD&I –	Pesquisa, desenvolvimento e inovação
POF –	Pesquisa de Orçamento Familiar
PRA –	Plano de Regularização Ambiental
Prad –	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PTI –	Parque Tecnológico Itaipu
Rede Clima –	Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais
RenovaBio –	Política Nacional de Biocombustíveis
RL –	Reserva legal
SAF –	Sistema Agroflorestal
Sebrae –	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Seconci –	Serviço Social da Construção Civil
Senai –	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Senar –	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SFB –	Serviço Florestal Brasileiro
Sicar –	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG –	Sistema de Informações Geográficas

Sigel –	Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico
SIN –	Sistema Interligado Nacional
Sinduscon –	Sindicatos da Indústria de Construção
SIT –	Sistema Integrador de Tecnologias
SNIC –	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
SPE –	Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético/MME
TNA –	<i>Technology needs assessment</i>
UFF –	Universidade Federal Fluminense
UFMG –	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ –	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UHE –	Usina hidrelétrica
Unesp –	Universidade Estadual Paulista
UNFCCC –	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
USP –	Universidade de São Paulo
Vant –	Veículo aéreo não tripulado
VBP –	Valor bruto da produção

Lista de Figuras

Figura 1 – Fases de elaboração do Projeto TNA_BRAZIL	25
Figura 2 – Membros e competência do CTC e CS do Projeto TNA_BRAZIL	26
Figura 3 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	31
Figura 4 – Custo total e por ação, em milhares de reais e em porcentagem, do PAT da energia solar fotovoltaica flutuante	43
Figura 5 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	51
Figura 6 – Custo total e por ação, em milhares de reais e em porcentagem, do PAT de veículos híbridos flex	62
Figura 7 – Fases de desenvolvimento do PAT para veículos a pilha a combustível a etanol	72
Figura 8 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	74
Figura 9 – Custos totais por fase, em milhões de reais, do PAT de veículos elétricos a pilha a combustível a etanol	92
Figura 10 – Custos por ação, em porcentagem, do PAT de veículos elétricos a pilha a combustível a etanol	93
Figura 11 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	111
Figura 12 – Custo total e por ação do PAT de aproveitamento de resíduos agrícolas, em milhares de reais e em porcentagem	118
Figura 13 – Concentração de domicílios com cocção a lenha no meio rural nas regiões brasileiras	124
Figura 14 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	126
Figura 15 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de fogões solares fotovoltaicos com indução	134
Figura 16 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	142
Figura 17 – Custo total e por ação do PAT de materiais inovadores para cimento, em valores absolutos e em porcentagem por ação	150
Figura 18 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	159
Figura 19 – Custo total e por ação do PAT da Indústria 4.0, em milhares de reais e em porcentagem	174

Figura 20 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	186
Figura 21 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT da AP	197
Figura 22 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	208
Figura 23 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de MGA na pecuária bovina de corte	220
Figura 24 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	232
Figura 25 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas	245
Figura 26 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	257
Figura 27 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de silvicultura com plantios mistos para restauração	265
Figura 28 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados	274
Figura 29 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de monitoramento por satélite	285
Figura 30 – Rede Brasileira de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias 4.0 (Rede 4.0)	297
Figura 31 – Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes	299
Figura 32 – Rede de Tecnologias de Apoio à Restauração e Recomposição de Biomas (Rede Regenera Biomas)	301
Figura 33 – Plataforma para Disseminação de Inovações em Tecnologias Sustentáveis (Inova Sustentável)	302
Figura 34 – Plataforma para capacitação e competitividade em MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial	306
Figura 35 – Sistema Integrador de Tecnologias Renováveis de Geração Elétrica do Semiárido Nordestino	309

Lista de Quadros

Quadro 1 – Escopo e ambição do PAT	29
Quadro 2 – Ação 1 e atividades relacionadas	32
Quadro 3 – Ação 2 e atividades relacionadas	33
Quadro 4 – Ação 3 e atividades relacionadas	34
Quadro 5 – Ação 4 e atividades relacionadas	35
Quadro 6 – Ação 5 e atividades relacionadas	36
Quadro 7 – Ação 6 e atividades relacionadas	37
Quadro 8 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	38
Quadro 9 – Cronograma de implementação do PAT	42
Quadro 10 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação das atividades do PAT	45
Quadro 11 – Escopo e ambição do PAT	50
Quadro 12 – Ação 1 e atividades relacionadas	53
Quadro 13 – Ação 2 e atividades relacionadas	54
Quadro 14 – Ação 3 e atividades relacionadas	55
Quadro 15 – Ação 4 e atividades relacionadas	56
Quadro 16 – Ação 5 e atividades relacionadas	57
Quadro 17 – Ação 6 e atividades relacionadas	58
Quadro 18 – Ação 7 e atividades relacionadas	58
Quadro 19 – Principais <i>stakeholders</i> a serem envolvidos na implementação do PAT	59
Quadro 20 – Cronograma de implementação do PAT	61
Quadro 21 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação do PAT	63

Quadro 22 – Escopo e ambição do PAT	72
Quadro 23 – Ação 1 e atividades relacionadas	75
Quadro 24 – Ação 2 e atividades relacionadas	76
Quadro 25 – Ação 3 e atividades relacionadas	76
Quadro 26 – Ação 4 e atividades relacionadas	77
Quadro 27 – Ação 5 e atividades relacionadas	77
Quadro 28 – Ação 6 e atividades relacionadas	78
Quadro 29 – Ação 7 e atividades relacionadas	79
Quadro 30 – Ação 8 e atividades relacionadas	79
Quadro 31 – Ação 9 e atividades relacionadas	80
Quadro 32 – Ação 10 e atividades relacionadas	80
Quadro 33 – Ação 11 e atividades relacionadas	81
Quadro 34 – Ação 12 e atividades relacionadas	81
Quadro 35 – Ação 13 e atividades relacionadas	82
Quadro 36 – Ação 14 e atividades relacionadas	82
Quadro 37 – Ação 15 e atividades relacionadas	83
Quadro 38 – Ação 16 e atividades relacionadas	83
Quadro 39 – Ação 17 e atividades relacionadas	84
Quadro 40 – Ação 18 e atividades relacionadas	84
Quadro 41 – Ação 19 e atividades relacionadas	85
Quadro 42 – Ação 20 e atividades relacionadas	85
Quadro 43 – Ação 21 e atividades relacionadas	86
Quadro 44 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	87
Quadro 45 – Cronograma de implementação do PAT	89

Quadro 46 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação das atividades do PAT	95
Quadro 47 – Época de colheita das principais culturas analisadas na região Centro-Oeste	109
Quadro 48 – Época de colheita das principais culturas analisadas na região Sul	109
Quadro 49 – Escopo e ambição do PAT	110
Quadro 50 – Ação 1 e atividades relacionadas	112
Quadro 51 – Ação 2 e atividades relacionadas	113
Quadro 52 – Ação 3 e atividades relacionadas	114
Quadro 53 – Principais <i>stakeholders</i> a serem envolvidos na implementação do PAT	115
Quadro 54 – Cronograma de implementação do PAT	117
Quadro 55 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação do PAT	119
Quadro 56 – Escopo e ambição do PAT	125
Quadro 57 – Ação 1 e atividades relacionadas	128
Quadro 58 – Ação 2 e atividades relacionadas	129
Quadro 59 – Ação 3 e atividades relacionadas	130
Quadro 60 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	131
Quadro 61 – Cronograma de implementação do PAT	133
Quadro 62 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT	135
Quadro 63 – Escopo e ambição do PAT	141
Quadro 64 – Ação 1 e atividades relacionadas	143
Quadro 65 – Ação 2 e atividades relacionadas	145
Quadro 66 – Ação 3 e atividades relacionadas	145
Quadro 67 – Ação 4 e atividades relacionadas	146
Quadro 68 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	147

Quadro 69 – Cronograma de implementação do PAT	149
Quadro 70 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT	151
Quadro 71 – Escopo e ambição do PAT	158
Quadro 72 – Macroação de estabelecimento da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0	162
Quadro 73 – Macroação de desenvolvimento de projetos demonstrativos sobre a economia circular e indústria 4.0	165
Quadro 74 – Macroação de gestão de recursos humanos e atividades relacionadas	167
Quadro 75 – Macroação de promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionados à Economia Circular e Indústria 4.0	169
Quadro 76 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	170
Quadro 77 – Cronograma de implementação do PAT	172
Quadro 78 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT	175
Quadro 79 – Escopo e ambição do PAT	185
Quadro 80 – Ação 1 e atividades relacionadas	188
Quadro 81 – Ação 2 e atividades relacionadas	190
Quadro 82 – Ação 3 e atividades relacionadas	191
Quadro 83 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	192
Quadro 84 – Cronograma de implementação das atividades do PAT	195
Quadro 85 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT	198
Quadro 86 – Escopo e ambição do PAT	207
Quadro 87 – Ação 1 e atividades relacionadas	209
Quadro 88 – Ação 2 e atividades relacionadas	210
Quadro 89 – Ação 3 e atividades relacionadas	211
Quadro 90 – Ação 4 e atividades relacionadas	212

Quadro 91 – Ação 5 e atividades relacionadas	213
Quadro 92 – Ação 6 e atividades relacionadas	214
Quadro 93 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	216
Quadro 94 – Cronograma de implementação do PAT	219
Quadro 95 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT	222
Quadro 96 – Escopo e ambição do PAT	231
Quadro 97 – Ação 1 e atividades relacionadas	234
Quadro 98 – Ação 2 e atividades relacionadas	235
Quadro 99 – Ação 3 e atividades relacionadas	236
Quadro 100 – Ação 4 e atividades relacionadas	237
Quadro 101 – Ação 5 e atividades relacionadas	238
Quadro 102 – Ação 6 e atividades relacionadas	239
Quadro 103 – Ação 7 e atividades relacionadas	240
Quadro 104 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	242
Quadro 105 – Cronograma de implantação do PAT	244
Quadro 106 – Riscos e ações de contingenciamento para à implementação do PAT	246
Quadro 107 – Escopo e ambição do PAT	256
Quadro 108 – Ação 1 e atividades relacionadas	258
Quadro 109 – Ação 2 e atividades relacionadas	259
Quadro 110 – Ação 3 e atividades relacionadas	260
Quadro 111 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	261
Quadro 112 – Cronograma de implementação do PAT	264
Quadro 113 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT	266
Quadro 114 – Escopo e ambição do PAT	273
Quadro 115 – Ação 1 e atividades relacionadas	276

Quadro 116 – Ação 2 e atividades relacionadas	277
Quadro 117 – Ação 3 e atividades relacionadas	278
Quadro 118 – Ação 4 e atividades relacionadas	279
Quadro 119 – Ação 5 e atividades relacionadas	280
Quadro 120 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT	281
Quadro 121 – Cronograma de implementação do PAT	284
Quadro 122 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT	287
Quadro 123 – Ideia de projeto desenvolvimento de tecnologias 4.0 em cidades, agricultura, indústria e saúde	298
Quadro 124 – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes	300
Quadro 125 – Ideia de projeto para desenvolvimento e aplicação de espécies exóticas e nativas na Rede Regenera Biomas	302
Quadro 126 – Ideia de projeto desenvolvimento de plataforma voltada a impulsionar a aplicação de tecnologias sustentáveis baseadas nos PATs	304
Quadro 127 – Ideia de projeto para formação de capacidades visando a competitividade em MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial	307
Quadro 128 – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) renováveis de geração elétrica	309

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Potencial de produção de biogás em cada *hotspot* e principais substratos

109

INTRODUÇÃO	23
1. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA FLUTUANTE	27
1.1. Definição da tecnologia	28
1.2. Escopo e ambição	29
1.3. Ações e atividades	30
1.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	38
1.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	43
1.6. Plano de riscos e contingenciamento	44
2. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS FLEX	49
2.1. Definição da tecnologia	50
2.2. Escopo e ambição	50
2.3. Ações e atividades	51
2.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	59
2.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	62
2.6. Plano de riscos e contingenciamento	63
3. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS A PILHA A COMBUSTÍVEL A ETANOL	70
3.1. Definição da tecnologia	71
3.2. Escopo e ambição	72
3.3. Ações e atividades	73
3.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	87
3.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	92
3.6. Planos de riscos e contingenciamento	94
4. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS	107
4.1. Definição da tecnologia	108
4.2. Escopo e ambição	110
4.3. Ações e atividades	110
4.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	115
4.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	118
4.6. Plano de riscos e contingenciamento	119
5. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA FOGÕES SOLARES FOTVOLTAICOS COM INDUÇÃO	123
5.1. Definição da tecnologia	124
5.2. Escopo e ambição	125
5.3. Ações e atividades	126
5.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	131
5.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	134
5.6. Planos de riscos e contingenciamento	135

6. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MATERIAIS INOVADORES PARA CIMENTO	138
6.1. Definição da tecnologia	139
6.2. Escopo e ambição	141
6.3. Ações e atividades	142
6.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	147
6.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	150
6.6. Plano de riscos e contingenciamento	151

7. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A INDÚSTRIA 4.0	156
7.1. Definição da tecnologia	157
7.2. Escopo e ambição	158
7.3. Ações e atividades	159
7.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	170
7.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	174
7.6. Plano de riscos e contingenciamento	175

8. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO	183
8.1. Definição da tecnologia	184
8.2. Escopo e ambição	185
8.3. Ações e atividades	186
8.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	192
8.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	197
8.6. Plano de riscos e contingenciamento	198

9. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE	204
9.1. Definição da tecnologia	205
9.2. Escopo e ambição	206
9.3. Ações e atividades	208
9.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	215
9.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	220
9.6. Plano de riscos e contingenciamento	221

10. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA SILVICULTURA E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS	229
10.1. Definição da tecnologia	230
10.2. Escopo e ambição	230
10.3. Ações e atividades	232
10.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	241
10.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	245
10.6. Plano de riscos e contingenciamento	246

11. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO	254
11.1. Definição da tecnologia	255
11.2. Escopo e ambição	256
11.3. Ações e atividades	257
11.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	261
11.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	265
11.6. Plano de riscos e contingenciamento	266

12. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MONITORAMENTO POR SATÉLITE	271
12.1. Definição da tecnologia	272
12.2. Escopo e ambição	273
12.3. Ações e atividades	274
12.4. Identificação de <i>stakeholders</i> e determinação de prazos	281
12.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT	285
12.6. Plano de riscos e contingenciamento	286

13. PRÓXIMOS PASSOS	295
13.1. Agricultura de precisão e indústria 4.0	297
13.2. Veículos híbridos flex e veículos elétricos a pilha combustível a etanol	299
13.3. Silvicultura e melhoramento genético de nativas e silvicultura com plantios mistos para restauração	301
13.4. Solar fotovoltaica flutuante e materiais inovadores para cimento	303
13.5. Melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte e monitoramento por satélite	305
13.6. Aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais e fogões solares fotovoltaicos com indução	308

CONSIDERAÇÕES FINAIS	310
-----------------------------	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	313
-----------------------------------	------------

ANEXOS	321
---------------	------------

Introdução



Introdução

O projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)” tem por objetivo reforçar a capacidade técnica do governo brasileiro, por meio do desenvolvimento de uma avaliação abrangente das necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil, com vistas a fornecer subsídios às tomadas de decisão referentes ao cumprimento das metas de mitigação de GEE, levando em consideração a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil e a estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF).

O projeto TNA_BRAZIL, executado sob a responsabilidade da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL) do MCTI, com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e parceiros técnicos, alinha-se a diversas iniciativas promotoras da sustentabilidade econômica, social e ambiental do País:

- Programa País do Brasil para o Fundo Verde do Clima (BRASIL, 2018a);
- Lançamento do edital e financiamento de R\$ 50 milhões, a partir de resultados do projeto para apoio a Tecnologias 4.0, em parceria com a Financiadora de Estudos e Projeto (FINEP) (BRASIL; FINEP, 2020);
- A Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031, que determina como diretriz para o Eixo Ambiental a promoção da conservação e o uso sustentável dos recursos naturais, com foco na qualidade ambiental como um dos aspectos fundamentais da qualidade de vida das pessoas, conciliando a preservação do meio ambiente com o desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2021i);
- A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (ENCTI) que promove o desenvolvimento sustentável por meio do fortalecimento, expansão, consolidação e integração do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2016c);

- Iniciativa Regenera Brasil, cujo objetivo é contribuir com a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a inovação para a geração de diretrizes que promovam a recuperação efetiva dos ecossistemas nativos brasileiros (MCTI, 2020m);
- Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (CBPAD), que objetiva promover o desenvolvimento da agricultura de precisão e digital no País (BRASIL, 2019b);
- Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0), cujo objetivo é integrar as políticas públicas do governo federal de fomento à indústria 4.0, manufatura avançada e Internet das Coisas (BRASIL, 2019c).

O processo de elaboração do projeto TNA_BRAZIL possui três fases: i) identificação e priorização de tecnologias para os setores selecionados; ii) identificação e análise das cadeias de valor, cobenefícios e principais barreiras que vão de encontro ao desenvolvimento e à difusão das tecnologias priorizadas; e iii) proposição, com base nos resultados anteriores, de Planos de Ação Tecnológica (PAT) para fomentar o desenvolvimento e a difusão das tecnologias priorizadas para cada setor avaliado.

Um PAT consiste em um plano de ação que pode ser de natureza tecnológica, de capacitação, de difusão, entre outros, e que se traduz em ações concretas a serem implantadas visando ao desenvolvimento e/ou à difusão das tecnologias nos setores priorizados. As ações, por sua vez, podem ser divididas em atividades e devem indicar os recursos necessários à sua aplicação, que envolvem cronograma, estimativa de custos e potenciais atores que devem ser mobilizados ao longo do processo. Ademais, às ações devem ser associados riscos à implementação, para, partindo disso, serem propostas medidas de contingenciamento.

A primeira etapa de elaboração do Plano consistiu em definir os pacotes tecnológicos, priorizar os principais nós críticos da cadeia de valor e, por conseguinte, as barreiras que, caso não superadas, impediriam o desenvolvimento e/ou a difusão tecnológica. Uma vez

identificadas as barreiras prioritárias, partiu-se para a definição de escopo, ambição e escala que seriam assumidos no Plano. Neste particular, cumpre destacar o alinhamento ao horizonte considerado para contribuição dos resultados do projeto, que é de 2030, à Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil ao Acordo de Paris. Em seguida, foram definidas as ações e atividades necessárias para sua execução. É importante ressaltar que, embora sejam planos individuais, as ações propostas em um plano podem apresentar sinergia e beneficiar o PAT de outras tecnologias. As etapas seguintes consistiram em propor um cro-

nograma de implementação, bem como identificar possíveis atores a serem mobilizados e custos para execução das ações. Em seguida, foram avaliados os riscos à implementação das atividades e propostas ações de contingenciamento para evitá-los ou superá-los. Por fim, foram propostas ideias de projetos a partir de subsídios dos Planos de Ação, com vistas a potencializar o desenvolvimento e a difusão das tecnologias prioritizadas.

As fases do projeto e etapas de elaboração dos planos estão sumarizadas na figura a seguir.

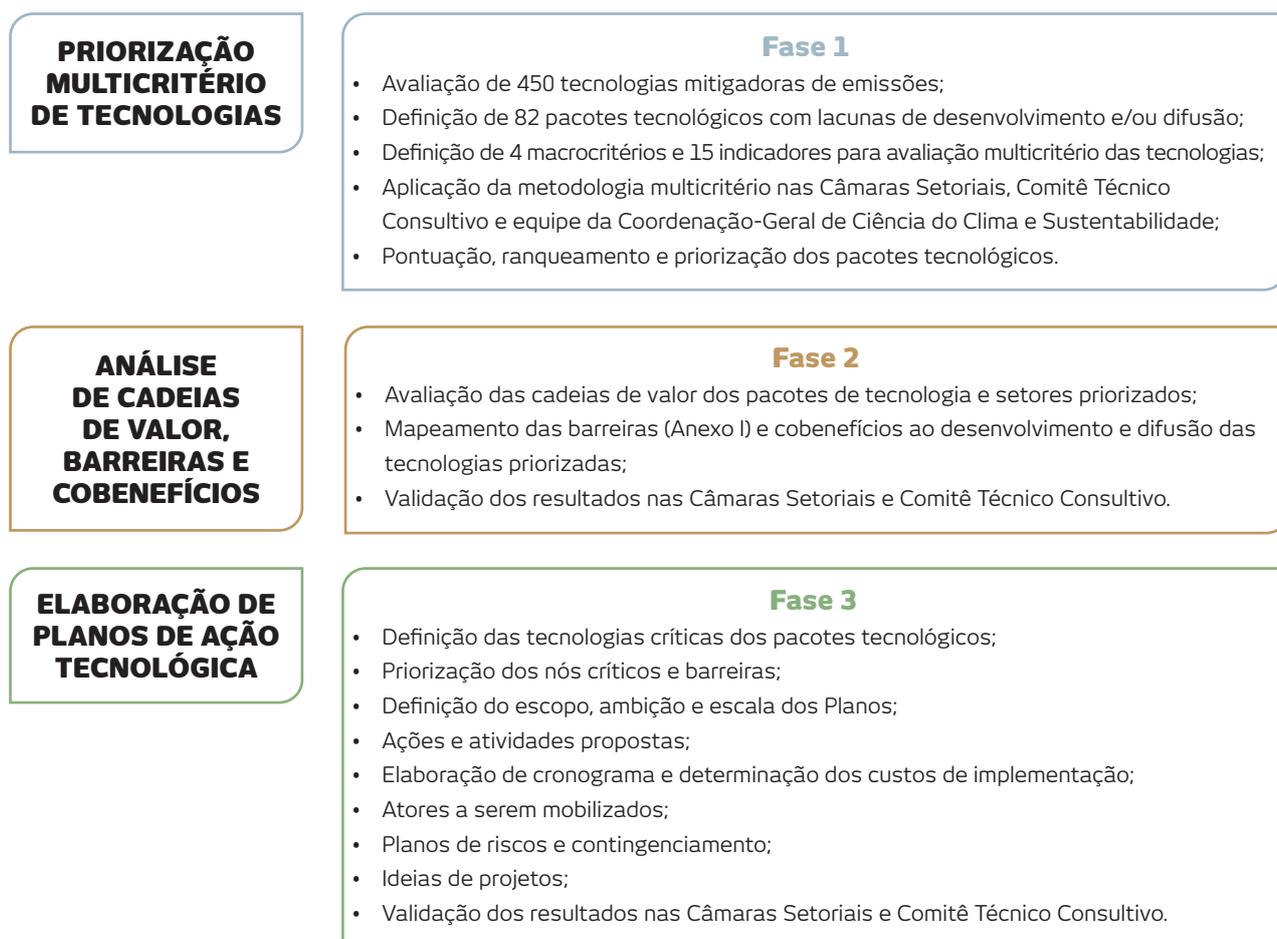


Figura 1 – Fases de elaboração do Projeto TNA_BRAZIL

Elaboração do autor.

Cumpra ressaltar que foi realizada ampla discriminação de custos ao nível de ações e atividades dos planos, de acordo com as seguintes rubricas: recursos humanos; material permanente; material de consumo; serviços de terceiros, passagens e diárias; e outros. Todas as informações foram sistematizadas em planilhas no formato MS-Excel, que serão disponibilizadas aos atores interessados na preparação de propostas de projetos por meio de contato com a Direção Nacional do projeto TNA_BRAZIL.¹ Tal procedimento propiciará condições à Direção Nacional do Projeto de acompanhar a evolução da implementação dos Planos pelos atores interessados.

Nos setores do sistema energético, agricultura, florestas e outros usos da terra foram priorizados os seguintes pacotes de tecnologias, os quais têm os planos de ação apresentados a seguir: energia solar fotovoltaica flutuante; veículos híbridos flex; veículos elétricos a pilha a combustível a etanol; aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais; fogões solares fotovoltaicos com indução; materiais inovadores para cimento; indústria 4.0; agricultura de precisão (AP); melhoramento genético animal (MGA) na pecuária bovina de corte; sil-

vicultura e melhoramento genético de espécies nativas; silvicultura com plantios mistos para restauração; e monitoramento por satélite.

Consultas para validação dos PATs foram conduzidas entre março e novembro de 2020 com membros do Comitê Técnico Consultivo (CTC) e das Câmaras Setoriais (CS) do projeto (Figura 2 e Anexo II). As mesmas foram sistematizadas por meio de matrizes, suscitando aprimoramentos dos planos (BRASIL, 2020a; 2020b). A participação dos *stakeholders*-chave foi fundamental para a robustez dos Planos, que foram amplamente divulgados pelo MCTI em seus canais oficiais (BRASIL, 2020c) e por meio de sete webinários realizados entre outubro e dezembro de 2020 (BRASIL, 2020c-2020i), devendo-se destacar que a abertura do ciclo de eventos foi realizada pelo Ministro de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovações (BRASIL, 2020j; 2020k).

A seguir são apresentados os PATs por tecnologia e ideias de projetos que agregam os planos por afinidade de escopo e ambição. Por fim, tem-se as considerações finais do documento.

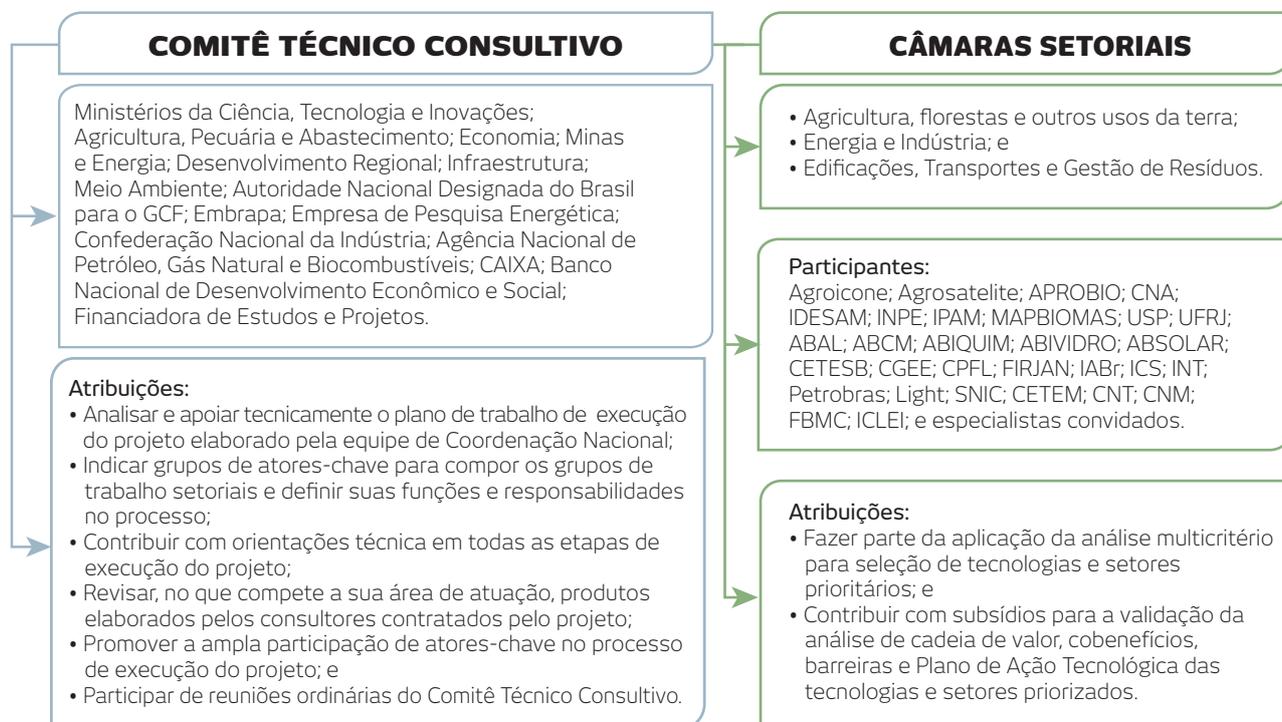


Figura 2 – Membros e competência do CTC e CS do Projeto TNA_BRAZIL

Elaboração do autor.

¹ Encaminhar solicitações de acesso à planilha, apontando o Plano de Ação, para tna@mctic.gov.br.

1.

Plano de Ação Tecnológica **para a Energia Solar Fotovoltaica Flutuante**



1. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FLUTUANTE

1.1. Definição da tecnologia

Os sistemas solares flutuantes diferem de sistemas fotovoltaicos convencionais pela estrutura de sustentação dos painéis, que envolve flutuadores aquáticos e sistema de ancoragem. Podem ser instalados em lagos, lagoas, reservatórios, canais, barragens, entre outros, e devem garantir a estabilidade dos módulos fotovoltaicos, sendo capazes de resistir, por exemplo, a ventos, ondas e correnteza.

Além de seu principal apelo, que reside no fato de ser uma fonte de energia renovável e segura, que contribui para a redução das emissões de GEE no setor elétrico, a energia solar fotovoltaica flutuante pode gerar outros benefícios, principalmente quando associada a reservatórios de UHEs.

Primeiramente, em comparação com usinas solares em terra, pode haver um aumento da produção de energia devido ao resfriamento dos painéis na água e à redução da probabilidade de sombreamento por estruturas, que aumentam a eficiência do sistema. Além disso, há a diminuição de possíveis conflitos com outros usos prioritários da terra, como agricultura para alimentação. Outro ponto é que as usinas solares fotovoltaicas flutuantes são modulares e podem ser instaladas em áreas isoladas, nas quais não é possível instalar painéis solares em terra, seja pelas condições do terreno (áreas montanhosas), seja pelo alto preço e pela escassez da terra, ajudando a promover o acesso à eletricidade renovável.

Quando colocados em reservatórios de UHEs, os projetos solares flutuantes podem gerar diversos efeitos sinérgicos com a geração hidrelétrica. Do ponto de vista econômico, um grande benefício é a diminuição dos custos de capital com infraestrutura de conexão à rede, dado que é possível usufruir das linhas de transmissão e subestações das UHEs já existentes. A geração solar

fotovoltaica flutuante também pode ajudar a compensar a variabilidade sazonal da geração hidrelétrica, ao mesmo tempo em que o reservatório serve como um sistema de armazenamento para o sistema fotovoltaico, melhorando a segurança energética do sistema como um todo. Além disso, a cobertura do espelho d'água promovida pelos painéis solares flutuantes pode ajudar no aumento da disponibilidade de água nos reservatórios para outros usos humanos, como abastecimento e navegação, devido à diminuição da proliferação de algas e da evaporação dos reservatórios.

Do ponto de vista ambiental, a cobertura da superfície dos reservatórios pelas estruturas dos painéis pode ter efeitos adversos, que ainda são pouco estudados. Porém, ao evitar a proliferação anormal de algas, evita, também, a eutrofização do meio aquático, que pioraria a qualidade da água para as espécies aquáticas. As estruturas também podem servir de abrigo para algumas espécies aquáticas devido ao sombreamento e à redução de temperatura produzidos na coluna d'água abaixo dos painéis flutuantes. Por fim, a instalação de usinas solares em reservatórios de UHEs evita que uma nova área seja impactada e reduz a magnitude dos impactos que um projeto solar e sua infraestrutura de apoio ocasionariam.

Sendo assim, a instalação de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de UHEs é particularmente interessante no Brasil, dado que o país possui um sistema bastante desenvolvido de geração hidrelétrica. Apesar de já haver projetos-piloto de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em UHEs em operação no país, o desenvolvimento deste tipo de planta híbrida de geração ainda é incipiente no mundo, e alguns desafios precisam ser superados para que se atinja o amplo desenvolvimento da fonte.

1.2. Escopo e ambição

O PAT objetiva a elaboração de um inventário de potencial para a energia solar fotovoltaica flutuante no Brasil, que lide com obstáculos ao seu desenvolvimento, como o desconhecimento do potencial nacional sustentável da fonte, o desconhecimento da tecnologia e de seus benefícios, e a indefinição sobre as obrigações de gestão dos reservatórios de UHEs em que futuros projetos poderão vir a ser instalados. Com isso, o inventário vai além do mapeamento de recurso solar e de reservatórios, devendo agregar outras informações, de cunho ambiental, social e econômico, que se fazem importantes à tomada de decisão quan-

to à instalação de plantas solares flutuantes em reservatórios de UHEs.

Sendo assim, o Plano tem como escopo de aplicação a identificação do potencial viável e sustentável para a instalação de projetos de energia solar flutuante em reservatórios no Brasil, de modo a apoiar leilões para a tecnologia. Por sua vez, a ambição é elaborar um inventário nacional de potencial da energia solar flutuante, diante da aplicação de restrições, de forma a antecipar impactos e identificar pontos críticos da tecnologia para os diferentes tipos e condições dos reservatórios do país.

Quadro 1 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Identificar o potencial viável e sustentável para a instalação de projetos de energia solar flutuante em reservatórios no Brasil, de modo a apoiar leilões para a tecnologia.	Elaborar um inventário nacional de potencial da energia solar flutuante, diante da aplicação de restrições, de forma a antecipar impactos e identificar pontos críticos da tecnologia para os diferentes tipos e condições dos reservatórios do país.

Elaboração do autor.

1.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Inicialmente, foram identificados nós críticos da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica flutuante no Brasil e as principais barreiras ao desenvolvimento da tecnologia em escala nacional. Entre os nós críticos observados, a falta de um mapeamento de potencial para a fonte foi considerada o desafio prioritário, pois atrasa o desenvolvimento de projetos e a difusão da tecnologia no país.

É necessário endereçar algumas questões para que o mapeamento de potencial da fonte contribua de forma efetiva ao seu desenvolvimento. No setor elétrico e em termos comparativos a outras fontes, o potencial de uma fonte de energia renovável depende não apenas de suas características técnicas e econômicas, mas da garantia de sustentabilidade, dos cobenefícios que podem ser atingidos e da possibilidade de implementação de projetos em um contexto regulatório e institucional.

Sendo assim, a primeira barreira à existência de um mapeamento de potencial da fonte solar fotovoltaica flutuante tem caráter técnico e relaciona-se à inexistência de um mapeamento de seu potencial sustentável. Ou seja, existe a necessidade de coletar informações específicas para mapear as áreas disponíveis para a instalação de projetos diante da perspectiva de sustentabilidade, analisando restrições ambientais e sociais que podem conflitar com sua implementação, especialmente frente aos usos múltiplos de reservatórios de UHEs no Brasil.

Além disso, por ser uma fonte incipiente no país, pouco se conhece sobre a tecnologia em si e sobre seus benefícios. Por essa barreira cultural, acaba não sendo

considerada uma opção de geração elétrica a ser difundida, principalmente frente a outras opções de energia renovável já desenvolvidas no país, o que leva à falta de interesse em se conhecer seu potencial.

Ademais, foi identificada uma indefinição sobre os direitos de uso e as obrigações de gestão dos reservatórios, dado que, geralmente, possuem múltiplos usos que devem ser garantidos e fiscalizados, como navegação, abastecimento humano, turismo, lazer, pesca e áreas de preservação ambiental. No tocante aos aspectos regulatórios e administrativos específicos quanto ao uso e à locação da superfície de reservatórios, estes ainda estão sob processo de definição pelas instituições competentes. Assim, essa barreira de cunho institucional acaba prejudicando o interesse pela tecnologia por parte dos empreendedores, e existe a necessidade de se discutir a questão a nível de reservatório e a nível institucional, quando se pensa no potencial da fonte.

Para endereçar essas barreiras foi proposta a elaboração de um inventário de potencial para a energia solar fotovoltaica flutuante no Brasil que agregue informações necessárias à tomada de decisão. Essas informações relacionam-se, então, não apenas a especificidades da tecnologia em si, mas, também, a aspectos ambientais, sociais e regulatórios de sua implantação em reservatórios de UHEs existentes no Brasil. A proposição de ações e atividades para remover estes entraves, bem como a interlocução com as instituições e os atores envolvidos nas diferentes esferas a serem analisadas, podem servir de suporte à difusão da fonte no país.

Nós críticos priorizados

Barreiras priorizadas

Ambição



Figura 3 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Nesta seção, são apresentadas as etapas, divididas em ações e suas respectivas atividades, para a execução do PAT da energia solar fotovoltaica flutuante. Estas dizem respeito, em suma, à coleta de dados sobre os reservatórios de UHEs existentes no Brasil, à quantificação do recurso solar sobre áreas alagadas e à análise espacial, que permite agregar as informações e gerar resultados a partir de mapeamentos, visando à elaboração e à disponibilização de um inventário nacional do potencial da fonte no Brasil.

Visando abranger o vasto território nacional e, ao mesmo tempo, prezar pela precisão dos dados, o Plano pode ser pensado em duas etapas. A primeira, que engloba as duas primeiras ações, consiste em uma análise mais ampla, em que são coletados dados já existentes dos reservatórios de UHEs por todo o país. Estes dados remetem às condições de recurso solar e de clima que podem afetar a geração solar fotovoltaica e às informações básicas dos reservatórios, como localização e área. Em seguida, pode ser realizado um mapeamento preliminar do potencial da tecnologia solar flutuante em escala nacional.

A partir do mapeamento nacional, então, a análise pode ser aprofundada. Para tal, é proposta a seleção de cinco reservatórios promissores, que, preferencialmente, ressaltam diferentes condições bioclimáticas dos reservatórios do Brasil, servindo como projetos-tipo. Para estes reservatórios selecionados, a segunda fase consiste em estimar o recurso solar sobre sua superfície com maior precisão e coletar dados com alta resolução espacial e informações específicas que possibilitem o mapeamento preciso das áreas disponíveis para a instalação das plantas solares. Assim, é possível avaliar o potencial nacional da fonte baseado nesses reservatórios-tipo, em termos de geração elétrica e custos de eventuais projetos. Os resultados dessa detalhada análise auxiliam, então, a antecipar impactos e desafios e a identificar as especificidades tecnológicas críticas requeridas para os diferentes tipos e condições dos reservatórios do Brasil, conforme a ambição do PAT.

Sendo assim, além do mapeamento preliminar do potencial em escala nacional e de estudos de caso bem detalhados para os cinco reservatórios mais

promissores do país, o Plano, indiretamente, trará como produto uma metodologia de identificação de localidades para a instalação de projetos de energia solar fotovoltaica flutuante em reservatórios de UHEs no Brasil. Mais do que isso, abrangerá a elab-

oração de uma base de dados de alta resolução espacial para os reservatórios analisados, e uma análise que poderá embasar as discussões sobre a viabilidade de desenvolvimento da fonte no contexto nacional ou regional.

Ação 1 e atividades relacionadas

A primeira ação objetiva a coleta e o tratamento de dados já existentes para o Brasil. Para atingir este objetivo, na primeira atividade a ser realizada, deve-se coletar dados existentes de estimativa de recurso solar para o território brasileiro, de forma a identificar as áreas de maior potencial para a geração elétrica fotovoltaica.

Em seguida, deve-se coletar, também, outros dados climáticos, como variações médias mensais de temperatura, precipitação, velocidade e direção do vento, e umidade, que possam afetar a geração elétrica fotovoltaica e indicar preferência por determinadas localidades, quando combinados aos dados de recurso solar.

Além dos dados climáticos, deve-se adquirir o máximo de informações referentes aos reservatórios de UHEs existentes no país. Estas informações incluem seu mapeamento, sua área e seu contorno, preferencialmente georreferenciados, para sinalizar sua localização e sua área total. Também são de alta relevância dados sobre os direitos de gestão do reservatório, se público ou privado, e sobre seus usos prioritários, que podem ir além da geração elétrica, englobando navegação, abastecimento, turismo, lazer, pesca, aquicultura, entre outros.

Por fim, na subatividade 1.4, os dados coletados devem ser submetidos a tratamento estatístico e econométrico, com eventual correção de lacunas em séries de dados históricos medidos.

Quadro 2 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – COLETA E TRATAMENTO DE DADOS	
Subatividade 1.1	Coleta de dados de recurso solar preliminar
Subatividade 1.2	Coleta de dados climáticos em nível local
Subatividade 1.3	Coleta de informações sobre reservatórios de UHEs existentes
Subatividade 1.4	Tratamento estatístico e econométrico de dados, com eventual correção de lacunas em séries de dados

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 consiste na elaboração do mapeamento preliminar do potencial brasileiro para a instalação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em reservatórios de UHEs e na identificação de reservatórios promissores para que se aprofunde a análise.

Para tal, na subatividade 2.1, deve-se definir, por meio de pesquisa bibliográfica e análise das melhores práticas da indústria internacional, as restrições espaciais que devem ser impostas à instalação de usinas solares flutuantes, visando garantir, além de sua viabilidade técnica, a manutenção do uso compartilhado e sustentável do reservatório, minimizando possíveis conflitos com outras atividades.

Com base nisso, a subatividade 2.2 prevê o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de áreas adequadas à instalação de plantas solares flutuantes em reservatórios de UHEs no Brasil, com definição dos respectivos critérios e limites a serem impostos. A atividade também inclui posterior validação da metodologia junto a órgãos e instituições nacionais de competência no tema.

O mapeamento em si é realizado na subatividade 2.3, que consiste em uma análise espacial em um Sistema

de Informações Geográficas (SIG), a partir da inserção de todas as informações coletadas. O processamento deve incluir o cruzamento das informações e a aplicação das restrições definidas, de forma a mapear os reservatórios disponíveis para a instalação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes.

Finalmente, a partir do mapeamento preliminar, a subatividade 2.4 contempla a seleção de cinco reservatórios promissores, para que seja realizado o aprofundamento da análise, ou seja, a aquisição de informações específicas e com maior resolução espacial, dado que não é viável fazê-lo para todos os reservatórios do país.

Indica-se que a seleção dos reservatórios promissores priorize reservatórios que possuam diferentes condições bioclimáticas no contexto brasileiro, visando caracterizar o potencial por região ou bioma. Contudo, os critérios a serem empregados na seleção não devem ser expressamente definidos, dado que, sob a hipótese de que o reservatório mais promissor de uma zona bioclimática seja pouco promissor em relação aos demais reservatórios do Brasil, não faria sentido aprofundar estudos no nível requerido nas etapas posteriores do projeto.

Quadro 3 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – MAPEAMENTO PRELIMINAR E IDENTIFICAÇÃO DE RESERVATÓRIOS PROMISSORES	
Subatividade 2.1	Definição de restrições espaciais a serem impostas à instalação de usinas solares flutuantes em reservatórios de UHE
Subatividade 2.2	Definição e validação de metodologia, critérios e limites
Subatividade 2.3	Inserção dos dados coletados em sistema de informações geográficas para mapeamento preliminar de reservatórios
Subatividade 2.4	Seleção de cinco reservatórios promissores para especificação do recurso solar

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

Uma vez selecionados os cinco reservatórios promissores, a análise pode ser aprofundada. Uma importante necessidade, em termos de aprimoramento de informação, é a especificação do recurso solar sobre as áreas alagadas dos reservatórios, dado que, devido à formação desigual de nuvens, por exemplo, pode haver diferenças entre o recurso estimado sobre a terra e áreas alagadas. Portanto, a Ação 3 está relacionada a esta necessidade em especial.

O Inpe já vem conduzindo, no Brasil, o esforço de realizar estimativas do recurso solar sobre áreas alagadas, por meio de um modelo de transferência radiativa por satélites. Para isso, é preciso, primeiramente, que o modelo seja calibrado, por meio da

comparação do recurso modelado ao real. Sendo assim, a primeira atividade desta ação diz respeito à instalação de boias solarimétricas para medição do recurso solar nos reservatórios selecionados. As medições devem ser realizadas ao longo de um ano, visando contemplar a eventual variabilidade temporal dos fatores climáticos.

A subatividade 3.2 compreende a realização de simulações com modelo de transferência radiativa por satélites para superfícies alagadas. Finalmente, após o período de medição e as rodadas do modelo, o potencial solar sobre a superfície dos cinco reservatórios selecionados pode, finalmente, ser estimado com grande precisão, o que equivale à subatividade 3.3.

Quadro 4 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO RECURSO SOLAR NOS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS	
Subatividade 3.1	Instalação de boias solarimétricas para medição do recurso solar nos reservatórios selecionados
Subatividade 3.2	Realização de simulações com modelo de transferência radiativa por satélites para áreas alagadas
Subatividade 3.3	Geração de dados de potencial solarimétrico sobre reservatórios calibrados a partir das observações em boias

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

O aprofundamento da análise para os cinco reservatórios selecionados vai além da estimativa do recurso solar sobre áreas alagadas, incluindo, na Ação 4, a coleta de dados primários de alta resolução espacial que ajudam a determinar as especificidades técnicas de projetos. É importante frisar que as Ações 3 e 4, bem como as atividades a seguir, são independentes e podem ser realizadas paralelamente umas às outras.

A primeira atividade envolve a realização do mapeamento mais apurado do perímetro e da área dos reservatórios e a análise da topografia do entorno para prever o sombreamento sobre a superfície alagada, o que pode comprometer a geração elétrica fotovoltaica sobre certas regiões da superfície do reservatório.

Em seguida, a subatividade 4.2 prevê a elaboração do perfil batimétrico dos reservatórios, ou seja, como o relevo do fundo varia ao longo de sua área e quais são as faixas de profundidade, incluindo a variação do nível de água consequente da operação de reservatórios de UHEs. Os dados do relatório batimétrico informam a escolha da localização da planta e do sistema de ancoramento a ser implementado.

A próxima atividade é a realização da análise do tipo de solo, da composição e das propriedades para o fundo e as margens dos reservatórios selecionados, visando estimar as necessidades técnicas de ancoramento e

de infraestrutura de apoio de projetos de usinas solares flutuantes.

Outra análise importante, que constitui a subatividade 4.4, diz respeito ao acesso à rede e à potência das subestações existentes. Como o aproveitamento da infraestrutura elétrica existente das UHEs é uma das principais vantagens de se instalar projetos de energia solar flutuante em seus reservatórios, faz-se necessário avaliar se a potência das subestações e da rede é compatível com a adição da geração solar.

Outra vantagem de instalar usinas solares flutuantes em reservatórios de UHEs é o aproveitamento de uma área já impactada e, portanto, já avaliada. Sendo assim, a subatividade 4.5 consiste na elaboração de um diagnóstico socioambiental preliminar, que visa descrever as principais características e peculiaridades ambientais e sociais da área do projeto. Ele é denominado preliminar pois pode ser simplificado por meio do aproveitamento do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das UHEs e da coleta *in situ* apenas de informações adicionais específicas. O ideal é que se identifique as principais relações ambientais que ocorrem no local, com o intuito de estimar possíveis impactos do projeto sobre a fauna e a flora ou sobre atividades antrópicas, e vice-versa. Esta etapa não substitui os estudos ambientais necessários à obtenção de licenças de eventuais projetos, os quais são estipulados pelo órgão ambiental responsável.

Quadro 5 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS PARA OS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS	
Subatividade 4.1	Mapeamento do reservatório e estudo topográfico do entorno
Subatividade 4.2	Elaboração do perfil batimétrico, incluindo a variação do nível de água dos reservatórios
Subatividade 4.3	Análise do perfil do solo no fundo e nas margens dos reservatórios
Subatividade 4.4	Análise do acesso à rede e da potência das subestações existentes
Subatividade 4.5	Diagnóstico socioambiental preliminar dos reservatórios

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

Após a coleta de informações específicas e de alta resolução espacial para os cinco reservatórios selecionados nas Ações 3 e 4, o mapeamento e o cálculo do potencial podem ser realizados com precisão na Ação 5.

Na subatividade 5.1, analogamente ao proposto na subatividade 2.3, as informações específicas e de alta resolução espacial coletadas para os reservatórios selecionados devem ser inseridas e processadas no SIG. As informações espaciais devem ser cruzadas para cada reservatório, seguindo os critérios e os limites estipulados previamente na Ação 2.

Em seguida, na subatividade 5.2, é possível definir e calcular a área disponível para a instalação de usinas solares flutuantes em cada um dos cinco reservatórios selecionados. Este zoneamento poderá guiar a escolha

das melhores áreas para a instalação de projetos, reduzindo riscos e conflitos.

A partir do mapeamento, na subatividade 5.3, deve-se desenvolver pré-projetos, definindo arranjos e disposição de painéis de acordo com as especificações identificadas nos reservatórios selecionados, e realizar a estimativa dos custos totais, de forma a produzir uma análise preliminar de viabilidade de projetos por reservatório.

Finalmente, a subatividade 5.4 traduz-se no cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica nos reservatórios selecionados. A partir dos pré-projetos desenvolvidos, é possível estimar a geração elétrica em cada um dos cinco reservatórios. Com isso, pode-se avaliar o potencial da energia solar fotovoltaica flutuante em termos de sua viabilidade técnica, ambiental, social e econômica nos reservatórios considerados mais promissores do país.

Quadro 6 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS PARA OS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS	
Subatividade 5.1	Cruzamento, por meio de geoprocessamento, dos dados coletados para os reservatórios selecionados com as restrições espaciais definidas na metodologia
Subatividade 5.2	Definição das áreas disponíveis para instalação das plantas solares flutuantes em cada reservatório selecionado
Subatividade 5.3	Desenvolvimento de pré-projeto de acordo com as especificações dos reservatórios selecionados e estimativa de custos de projeto
Subatividade 5.4	Cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica nos reservatórios selecionados

Elaboração do autor.

Ação 6 e atividades relacionadas

A última ação do PAT diz respeito à elaboração do inventário e à sua disponibilização digital. Sendo assim, a primeira atividade é a elaboração do produto final e consolidado do inventário, que consiste em documento textual, detalhando as etapas conduzidas e os resultados, incluindo os relatórios e os mapeamentos produzidos.

Posteriormente, na subatividade 6.2, é prevista a criação de plataforma digital para que o inventário seja disponibilizado e divulgado tanto em seu formato textual quanto em formato de mapa interativo, o qual deve agregar, para visualização e *download*, todas as informações georreferenciadas coletadas e produzidas durante o curso da elaboração do inventário. Cumpre enfatizar que a estratégia de elaboração da plataforma, definição do público-alvo e divulgação será

baseada em plano de comunicação elaborado no início desta atividade.

Por fim, é importante garantir a manutenção, de forma permanente, do inventário e dos dados produzidos em meio digital e acessível. Entretanto, manter uma plataforma digital pode traduzir-se em um desafio para qualquer instituição, e uma saída pode ser, então, apoiar-se, preferencialmente, em plataformas públicas já existentes, como o Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (Sigel), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), e o *WebMap*, da EPE. Diante disso, a subatividade 6.3 consiste na transferência da plataforma digital para uma instituição parceira, como o Instituto Federal de Pesquisa, a EPE ou a Aneel, para divulgação do inventário aos *stakeholders* do Plano.

Quadro 7 – Ação 6 e atividades relacionadas

AÇÃO 6 – COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS PARA OS RESERVATÓRIOS SELECIONADOS	
Subatividade 6.1	Elaboração textual, diagramação e tradução do inventário
Subatividade 6.2	Criação de plataforma digital para disponibilização interativa da base de dados e resultados finais do inventário
Subatividade 6.3	Transferência da plataforma para o Instituto Federal de Pesquisa, a EPE ou a Aneel

Elaboração do autor.

1.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

O PAT de energia solar fotovoltaica flutuante em reservatórios de UHEs diz respeito a uma tecnologia incipiente e sem arcabouço regulatório no país, e cuja implementação depende da estratégia de planejamento nacional. Sendo assim, o sucesso do projeto demanda participação e contribuição de múltiplos atores. Além disso, como várias ações englobam a coleta de dados, é essencial, para a sua execução, o engajamento de diversos atores, de forma a se garantir o acesso às informações. Portanto, os atores a serem mobilizados incluem agentes do setor público, agências reguladoras e fiscalizadoras, instituições de suporte técnico e científico, abrangendo universidades e centros de pesquisa, setor privado e instituições de apoio e fomento.

Trata-se de um projeto de execução altamente técnica e multidisciplinar, que engloba a coleta e a produção de dados e análises espaciais e energéticos, indica-se que sua coordenação e/ou Comitê de Validação dos Resultados ocorra em parceria entre uma instituição

pública do setor energético, como o MME e/ou a EPE, e um instituto ou grupo de pesquisa com *expertise* em estudos climáticos e energéticos, bem como que tenha competência para executar todas as ações, como é o caso do Inpe. Alternativamente, as Ações 4 e 5 do Plano poderiam ser executadas por concessionárias de UHEs com interesse em ampliar a capacidade de geração elétrica.

Para a Ação 3, em especial, que é a ação mais específica, custosa e longa do Plano, é imprescindível que o Inpe seja responsável pela coordenação técnica, dado que é o centro de pesquisa com maior *expertise* e melhor infraestrutura computacional para realizá-la, sendo que já vem liderando o esforço de mapeamento do recurso solar sobre áreas alagadas no Brasil. Já algumas atividades, como as da Ação 4, que envolvem estudos técnicos específicos, devem ser realizadas por empresas especializadas contratadas, mediante a coordenação e a supervisão da instituição coordenadora do PAT.

Quadro 8 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MME	Elaboração O MME estabelece as diretrizes para elaboração de políticas públicas para o setor energético e coordena a elaboração e a implementação dos instrumentos do planejamento energético brasileiro, tais como o Plano Decenal de Expansão de Energia, o Plano Nacional de Energia e o Balanço Energético Nacional, além da coordenação de sistemas de informações energéticas. Também avalia e promove as análises necessárias para a outorga de concessões, autorizações e permissões de uso de bem público para serviços de energia elétrica, assim como coordena ações e planos estratégicos para implementar políticas nacionais visando ao desenvolvimento de energias alternativas, à eficiência energética e à sustentabilidade ambiental. O MME poderia atuar na coordenação e/ou estrutura de governança a ser criada para a validação dos resultados do PAT. textual, diagramação e tradução do inventário
EPE	A EPE lançou, em 2020, a “Nota Técnica de Expansão da Geração de Solar Fotovoltaica Flutuante: aspectos tecnológicos e ambientais relevantes ao planejamento” (EPE, 2020). Pode auxiliar em todas as ações do PAT com informações técnicas, processos metodológicos e validação. A EPE poderia atuar na coordenação e/ou estrutura de governança a ser criada para a validação dos resultados do PAT. Mais do que isso, relativamente à subatividade 6.3, poderia abrigar e disseminar o conteúdo da plataforma digital.
Inpe	Instituto federal que visa produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil. Instituição de pesquisa responsável pela elaboração do Atlas Solar Brasileiro e pelo esforço de mapeamento do recurso solar sobre áreas alagadas no Brasil. Pode participar da execução e/ou coordenação técnica das Ações 1, 2, 3 e 5 do PAT, sendo o centro de pesquisa com maior <i>expertise</i> e infraestrutura computacional no Brasil para a realização da Ação 3.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
ONS	O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e pelo controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e a regulação da Aneel. Pode auxiliar com a coleta de informações na Ação 4 do PAT.
ANA	A Agência Nacional de Águas (ANA) regula o acesso e o uso dos recursos hídricos de domínio da União e os serviços públicos de irrigação (se em regime de concessão) e adução de água bruta. Além disso, emite e fiscaliza o cumprimento de normas, em especial as outorgas, e, também, é a responsável pela fiscalização da segurança de barragens outorgadas por ela. É responsável por acompanhar a situação dos recursos hídricos do Brasil. Além de, em colaboração com o ONS, definir as regras de operação dos reservatórios das UHEs, para garantir que todos os setores que dividem o reservatório tenham acesso à água represada. Pode auxiliar com a coleta de dados climáticos e informações sobre reservatórios de UHEs nas Ações 1, 2 e 4 do PAT, além de contribuições metodológicas e de validação relativas ao escopo regulatório e institucional.
Aneel	Regular a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica; fiscalizar as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; implementar as políticas e as diretrizes do Governo Federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos; estabelecer tarifas; dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores; promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal. Pode auxiliar com a coleta de dados nas Ações 1 e 4 do PAT, além de contribuições metodológicas e de validação das Ações 3 e 5. Eventualmente, pode abrigar a plataforma digital prevista na subatividade 6.3.
Capitanias dos Portos	As Capitanias dos Portos, Capitanias Fluviais, Delegacias e Agências têm o propósito de contribuir para a orientação, a coordenação e o controle das atividades relativas à Marinha Mercante e organizações correlatas, no que se refere à segurança da navegação, à defesa nacional, à salvaguarda da vida humana e à prevenção da poluição hídrica. Podem contribuir com informações sobre outros usos humanos em reservatórios de UHEs na Ação 4.
Ibama	O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) tem a missão de proteger o meio ambiente, garantir a qualidade ambiental e assegurar a sustentabilidade no uso dos recursos naturais, executando as ações de competência federal. Pode auxiliar com informações e/ou validação relativa ao diagnóstico socioambiental dos projetos previstas na Ação 4, bem como aspectos da metodologia relativos ao licenciamento de projetos.
Agências ambientais estaduais	Têm a função de executar as políticas estaduais do meio ambiente. Podem auxiliar com informações para o diagnóstico socioambiental dos projetos na Ação 4 e com aspectos da metodologia relativos ao licenciamento de projetos.
Cepel	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) com avançada infraestrutura para pesquisa aplicada em sistemas e equipamento elétricos, visando à concepção e ao fornecimento de soluções tecnológicas especialmente voltadas à geração, à transmissão, à distribuição e à comercialização de energia elétrica no Brasil, sendo referência no país e no exterior. É o executor central de suas linhas de pesquisa, programas e projetos, e provê consultoria e assessoramento na avaliação de resultados e na gestão do conhecimento tecnológico e sua aplicação. Pode oferecer apoio institucional e/ou ser acionado para validação de resultados das Ações 1, 3 e 5.
CPRM	O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) é uma empresa pública, vinculada ao MME, que tem as atribuições de serviço geológico do país. Sua missão é gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável do Brasil. Pode auxiliar no PAT com informações técnicas sobre solos e batimetria nas Ações 1 e 4 do PAT.
Institutos federais de pesquisa	Institutos federais responsáveis pela produção de conhecimento técnico e científico de excelência em benefício do Brasil. Podem auxiliar no PAT com informações técnicas, processos metodológicos e validação durante todo o projeto. Além disso, podem abrigar a plataforma digital oriunda da subatividade 6.3.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Universidades e centros de pesquisa	Responsáveis pela produção de conhecimento técnico e científico de excelência no Brasil. Podem auxiliar no PAT com informações técnicas, processos metodológicos e validação durante todo o projeto. Além disso, frente à comprovação de <i>expertise</i> , podem atuar na execução de atividades do Plano.
Concessionárias das UHEs	Gestão dos reservatórios das hidrelétricas, conhecimento de suas características e atividades em curso. Podem ser responsáveis, também, por programas de monitoramento ambiental, ações sociais e atividade de turismo no reservatório e na hidrelétrica. Podem contribuir com informações sobre reservatórios de UHEs nas Ações 1, 4 e 5 do PAT, bem como serem definidas como público-alvo do inventário (Ação 6).
Chesf	A Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) é uma empresa do setor elétrico, subsidiária da Eletrobras, que tem como atividade principal a geração, a transmissão e a comercialização de energia elétrica. Concessionária do reservatório da UHE de Sobradinho, na Bahia, onde está instalado um projeto de pesquisa e desenvolvimento de energia solar flutuante de 1 MWp. Pode contribuir, em especial, com informações sobre o projeto de pesquisa e desenvolvimento instalado na UHE de Sobradinho.
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte) é uma empresa do setor elétrico, subsidiária da Eletrobras, que tem como atividade principal a geração, a transmissão e a comercialização de energia elétrica. Concessionária do reservatório da UHE de Balbina, no Amazonas, onde está instalado um projeto de pesquisa e desenvolvimento de energia solar flutuante de 1 MWp. Pode contribuir, em especial, com informações sobre o projeto de pesquisa e desenvolvimento instalado na UHE de Balbina.
Empresas da cadeia de suprimento de usinas fotovoltaicas flutuantes	Empresas como F2B e Sunlution, entre outras, podem fornecer informações sobre a tecnologia de energia solar flutuante, visando ao desenvolvimento das subatividades 5.3 e 5.4.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar como agente de fomento do PAT.
Embrapii	Apoia instituições de pesquisa tecnológica, em selecionadas áreas de competência, para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar como agente de fomento.
Finep	Promove o desenvolvimento econômico e social do Brasil, por meio do fomento público à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Poderia atuar como agente de fomento à atividade do PAT.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de cinco anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do PAT de energia solar fotovoltaica flutuante.

A maioria das ações e das atividades é interdependente, ou seja, deve seguir a ordem de execução proposta. As exceções ocorrem, por exemplo, para atividades que envolvem a coleta de diferentes dados e que podem ser realizadas de maneira independente. É importante ressaltar que algumas atividades dentro da mesma ação possuem duração inferior a um semestre e, portanto, mesmo sendo sequenciais, são apresentadas no mesmo semestre de execução dentro do cronograma.

As Ações 3 e 4, em particular, podem ser realizadas em paralelo, uma vez definidos os cinco reservatórios mais promissores. Além disso, a Ação 4 engloba cinco

atividades de coleta de diferentes informações sobre os reservatórios selecionados, sendo, então, independentes. Já na Ação 3, a realização da subatividade 3.3 depende da conclusão das atividades precedentes. Essa é a ação de cronograma mais extenso, dado que é necessário o mínimo de um ano de medição de dados na subatividade 3.1. Sendo assim, a Ação 5 só se inicia diante da conclusão da Ação 3.

Outro detalhe sobre a Ação 3 é que seu início se dá no mesmo semestre de execução da Ação 2, mesmo sendo ações sequenciais. Isso ocorre porque foi sugerido um período, anterior à instalação de boias proposta pela subatividade 3.1, para preparação e estabelecimento de ACTs para monitoramento e manutenção dos instrumentos. Uma vez finalizada a Ação 2 e selecionados os reservatórios, os contratos de cooperação podem, então, ser firmados para que a instalação das boias seja iniciada no terceiro semestre do cronograma.

Quadro 9 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■																	
1.2	■																	
1.3	■																	
1.4	■																	
2.1		■																
2.2		■																
2.3		■																
2.4		■																
3.1		■	■	■	■													
3.2			■	■														
3.3						■												
4.1			■	■														
4.2			■	■														
4.3			■	■														
4.4			■	■														
4.5			■	■														
5.1							■											
5.2							■											
5.3							■	■										
5.4							■	■										
6.1									■									
6.2									■	■								
6.3										■								

Elaboração do autor.

1.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

A seguir, são apresentadas estimativas de custos por ação. O custo total do PAT foi estimado em cerca de R\$ 2,8 milhões. As Ações 3 e 4, que dizem respeito à produção, respectivamente, de dados de recurso solar sobre áreas alagadas e de dados específicos de alta resolução para os reservatórios, foram as mais significativas em termos de custos.

As estimativas de custos para todas as ações contemplam a contratação de equipe, materiais, eventuais serviços terceiros e viagens e diárias. Na Ação 3, por exemplo, já estão inclusos os custos de instalação e manutenção das boias solarimétricas da subatividade 3.1, bem como para o armazenamento e o processamento de dados *in loco* e em nuvem da subatividade 3.2.

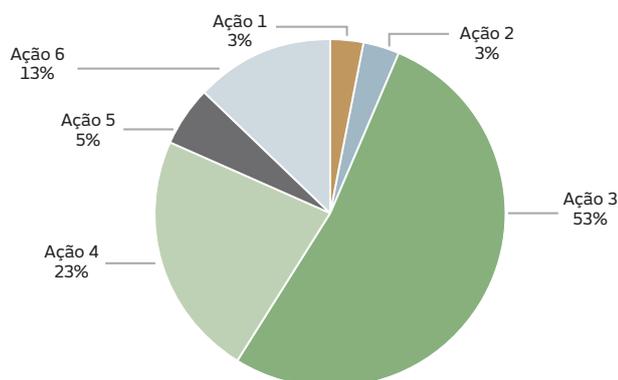
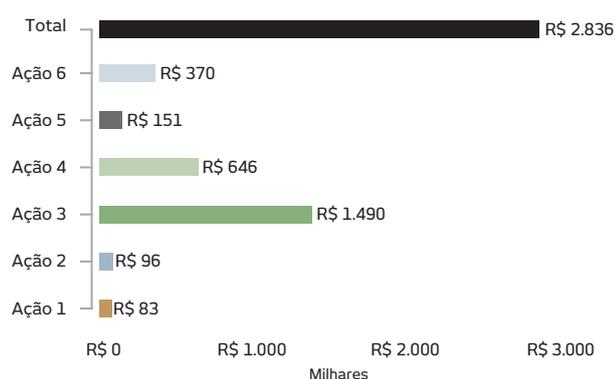


Figura 4 – Custo total e por ação, em milhares de reais e em porcentagem, do PAT da energia solar fotovoltaica flutuante
Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento visando à posterior difusão da tecnologia relativamente às Ações 1, 2 e 3, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Por sua vez, as Ações 4 e 5 podem captar recursos também junto a empréstimos reembolsáveis, pois podem resultar em receitas adicionais para as

concessionárias de UHEs a partir da geração de energia por painéis fotovoltaicos flutuantes.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação "Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL" e no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL" (BRASIL, 2021a; 2021b).

1.6. Plano de riscos e contingenciamento

Foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: "risco baixo" aqueles que possuem consequências pouco significativas; "risco médio" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e "risco alto" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos altos estão relacionados à Ação 3, a mais longa e custosa do Plano, e à subatividade 5.2. A subatividade 3.1 pode ser prejudicada por eventuais problemas técnicos ou acidentes com os instrumentos de medição, o que representa um risco alto, podendo implicar graves consequências ao andamento do restante do projeto. A primeira medida para lidar com esses riscos é instalar sensores redundantes nas boias solarimétricas. Além disso, é proposto um período de seis meses, previamente à instalação dos instrumentos, para que se estabeleçam ACTs com as concessionárias responsáveis pelos reservatórios e com ICTs locais para monitoramento e eventual manutenção dos instrumentos durante o período de medição.

Já a subatividade 3.2 pode ser inviabilizada por limitações computacionais do contratado, o que também representa um risco alto por trazer graves consequências ao andamento do restante do projeto. Para evitar este risco, deve-se garantir que haja capacidade técnica e infraestrutura computacional para suportar a modelagem, por meio de inserção de cláusula no contrato de consultoria para realização da modelagem. Mais do que isso, foi previsto orçamento visando à contratação de recurso computacional para modelagem *in loco* e remota em nuvem.

A subatividade 5.2 diz respeito à aplicação da metodologia previamente delineada para a definição das áreas disponíveis para a instalação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em reservatórios de UHEs, frente à imposição de restrições técnicas, ambientais e sociais. Contudo, diante da falta de arcabouço regulatório ambiental e de direitos de uso, é possível que a metodologia aplicada na subatividade 5.2 venha a diferir de futuras definições quanto às restrições que deverão ser consideradas e aos critérios relacionados à emissão de licenças e concessões para projetos. Sendo assim, é essencial a participação das agências reguladoras e ambientais na validação da metodologia de definição de áreas.

Quadro 10 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Coleta de dados de recurso solar preliminar	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade de obtenção de informações; inexistência de informações confiáveis; falta de coordenação dos estudos e falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Contratação de centro de excelência para execução e supervisão das análises, e estabelecimento de ACTs com instituições que possam fornecer dados confiáveis (Inpe, Cepel, EPE, ANA, CPRM, concessionárias de UHEs).
1.2 Coleta de dados climáticos em nível local				
1.3 Coleta de informações sobre reservatórios de UHEs existentes				
1.4 Tratamento estatístico e econométrico de dados, com eventual correção de lacunas em séries de dados	Risco técnico	Erro no tratamento dos dados.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista e validação do tratamento estatístico e econométrico por especialista externo.
2.1 Definição de restrições espaciais a serem impostas à instalação de usinas solares flutuantes em reservatórios de UHE	Risco técnico	Risco de não validar a metodologia.	Baixo	Estabelecer ACT com instituições que possam validar a metodologia no contexto nacional (EPE, ANA) ou contratar especialista para fazer a validação da metodologia.
2.2 Definição e validação de metodologia, critérios e limites				
2.3 Inserção dos dados coletados em sistema de informações geográficas para mapeamento preliminar de reservatórios de acordo com as premissas e as restrições básicas definidas	Risco técnico	Erro no geoprocessamento.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista.
2.4 Seleção de cinco reservatórios promissores para especificação do recurso solar	Risco técnico e risco institucional	Risco de escolha enviesada e de contestação quanto à escolha.	Baixo	Validar a escolha com técnicos de instituições com reconhecida <i>expertise</i> técnica na área, por meio da realização de <i>workshop</i> .

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.1 Instalação de boias solarimétricas para medição do recurso solar nos reservatórios selecionados	Risco técnico	Problemas técnicos ou acidentes com os instrumentos de medição.	Alto	Instalar sensores redundantes nas boias solarimétricas. Estabelecer, previamente à instalação das boias, ACTs com as concessionárias responsáveis pelos reservatórios e com ICTs locais para monitoramento e eventual manutenção dos instrumentos durante o período de medição, combinado com visitas rotineiras de especialista vinculado ao projeto. Foi previsto orçamento para disponibilização de equipe visando ao estabelecimento dos acordos.
3.2 Realização de simulações com modelo de transferência radiativa por satélites	Risco técnico	Limitações computacionais do contratado.	Alto	Garantir que haja capacidade técnica e infraestrutura computacional para suportar a modelagem, por meio de inserção de cláusula no contrato de consultoria para realização da modelagem. Mais do que isso, foi previsto orçamento visando à contratação de recurso computacional para modelagem <i>in loco</i> e em nuvem (remota).
3.3 Geração de dados de potencial solarimétrico sobre reservatórios calibrados a partir das observações em boias	Risco técnico	Riscos de resultados inconsistentes provenientes da medição e da modelagem, gerando risco de estimar erroneamente o potencial solarimétrico.	Médio	Analisar criticamente os resultados, garantindo que aspectos do recurso local (provenientes dos dados secundários coletados) sejam levados em consideração na análise (sujeira, sombreamento, interações com o meio). Essa atividade deve ser validada pelo especialista contratado.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.1 Mapeamento do reservatório e estudo topográfico do entorno	Risco técnico e risco organizacional	Erro ou inconsistência na coleta de informações. Dificuldade de obtenção de informações preexistentes.	Médio	Garantir que as empresas prestadoras dos serviços tenham conhecimento do projeto e de suas necessidades de informação, por meio de supervisão técnica especializada. Estabelecer ACTs com instituições para obtenção de informações preexistentes dos reservatórios e para validação das informações coletadas (ANA, concessionárias das UHEs, Ibama, agências ambientais estaduais, Aneel, CPRM). Finalmente, deve ser contratado profissional especialista para elaborar Termos de Referência para contratação e validar os resultados das atividades.
4.2 Elaboração do perfil batimétrico, incluindo a variação do nível de água dos reservatórios				
4.3 Análise do perfil do solo no fundo e nas margens dos reservatórios				
4.4 Análise do acesso à rede e da potência das subestações existentes				
4.5 Diagnóstico socioambiental preliminar dos reservatórios	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	Dificuldade de obtenção de informações socioambientais preexistentes. Atual falta de arcabouço regulatório ambiental e de direitos de uso, gerando o risco de contraposição futura da metodologia aplicada e das informações coletadas com o que se definirá em termos de fatores socioambientais a serem caracterizados.	Médio	Estabelecer ACTs com instituições para obtenção de informações socioambientais preexistentes dos reservatórios e para validação das informações coletadas. Alinhamento com as visões das instituições reguladoras e ambientais. Finalmente, deve ser contratado especialista, que deverá facilitar a obtenção de informações socioambientais e propor instrumentos para mitigar o risco regulatório e de direitos de uso.
5.1 Cruzamento, por meio de geoprocessamento, dos dados coletados para os reservatórios selecionados com as restrições espaciais definidas na metodologia	Risco técnico	Risco de erro no processamento.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades de processamento por especialista.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.2 Definição das áreas disponíveis para instalação das plantas solares flutuantes em cada reservatório selecionado	Risco institucional	Devido à atual falta de arcabouço regulatório ambiental e de direitos de uso, há o risco de contraposição futura da metodologia aplicada para a definição de áreas disponíveis com o que se definirá em termos de restrições, emissão de licenças, concessões, entre outros.	Alto	Validação e alinhamento da metodologia para definição de áreas disponíveis de acordo com as visões das agências reguladoras e ambientais. Deve ser contratado especialista, que deverá propor instrumentos para mitigar o risco regulatório e de direitos de uso.
5.3 Desenvolvimento de pré-projeto de acordo com as especificações dos reservatórios selecionados e estimativa de custos de projeto	Risco técnico e risco institucional	Dificuldade de obtenção de informações e evolução temporal dos parâmetros tecnológicos. Riscos de erro nas estimativas de custos de logística, custos estruturais (com relação à ancoragem) e dos benefícios (evaporação, complementaridade) da tecnologia. Risco de falta de apoio institucional à difusão da fonte.	Baixo	Estabelecer ACTs com instituições e com as empresas relacionadas aos projetos de energia solar flutuante para obtenção e validação de informações. Alinhar diretrizes do pré-projeto com parâmetros do setor elétrico e planejamento energético nacional. Finalmente, garantir a coordenação técnica das atividades.
5.4 Cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica nos reservatórios selecionados	Risco técnico	Riscos de estimativa errada do potencial.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista.
6.1 Elaboração textual, diagramação e tradução do inventário	Risco técnico e risco organizacional	Risco de falta de acessibilidade ao usuário da plataforma. Risco de não alcançar o público-alvo. Risco de atraso na elaboração do inventário.	Baixo	Supervisão técnica para garantir cumprimento de prazos para a elaboração e a tradução do inventário. Validar o uso da plataforma com possíveis usuários. Aplicar mecanismos de divulgação de resultados que alcancem agentes públicos, indústria e sociedade. Elaborar, implementar e monitorar plano de comunicação para alcançar o público-alvo do inventário.
6.2 Criação de plataforma digital para disponibilização interativa da base de dados e resultados finais do inventário				
6.3 Transferência da plataforma para instituto federal de pesquisa, EPE ou Aneel	Risco organizacional	Falta de interesse por meio de possíveis agentes parceiros para hospedagem da plataforma.	Baixo	Estabelecer contrato de transferência da plataforma e ACT com o Ministério responsável pela instituição, visando à disponibilização e à manutenção da plataforma após a conclusão do projeto.

Elaboração do autor.

2.

Plano de Ação Tecnológica **para Veículos Híbridos Flex**



2. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS FLEX

2.1. Definição da tecnologia

Veículos híbridos são compostos de um motor a combustão interna e um elétrico, podendo ser carros, ônibus ou caminhões. Fazem uso destes motores em série, utilizando o motor a combustão de forma a gerar eletricidade para o motor elétrico, ou em paralelo, usados em conjunto quando necessário ou em baixas rotações, como ocorre em congestionamentos (DENTON, 2016). São, também, diferenciados em níveis de eletrificação, podendo ser equipados com um simplificado sistema *start-stop*, que permite o desligamento do motor quando o veículo fica ocioso, até o uso exclusivo de um motor elétrico para a movimentação das rodas.

No Brasil, a venda de veículos híbridos e elétricos aumentou cerca de 21% entre os anos de 2017 e 2018 (ANFAVEA, 2019). No ano de 2019, novos modelos surgiram no mercado brasileiro, como o XC60, da Volvo, o RAV4 e o Corolla híbrido flex, da Toyota, que é considerado o primeiro modelo híbrido flex a ser vendido por uma grande montadora no mundo (MUNOZ, 2018; IZO, 2019).

Veículos híbridos flex baseiam-se no mesmo conceito dos híbridos convencionais, porém, contam com a

utilização de um motor flex como motor a combustão interna, ou seja, podem utilizar diferentes proporções de gasolina e etanol, ou até mesmo utilizar estes combustíveis de maneira independente. Além da vantagem atribuída ao uso combinado do motor a combustão interna e do elétrico com a redução no consumo de combustível, há, também, a redução das emissões de GEE em relação ao uso de gasolina, etanol ou diesel (SAMARAS; MEISTERLING, 2008; HELMS *et al.*, 2010; LAJUNEN; LIPMAN, 2016). Por outro lado, é importante citar que veículos híbridos contam com componentes elétricos que fazem uso de tensão elétrica superior à encontrada em veículos convencionais, indicando um maior risco na sua manutenção e no seu manuseio.

No caso particular dos ônibus híbridos flex, podem ser citadas algumas vantagens adicionais: i) redução no consumo de combustível por quilômetro rodado; ii) abastecimento por mais de um tipo de combustível; iii) menos poluente que os ônibus convencionais a diesel utilizados na frota brasileira; iv) alto poder de penetração em centros urbanos (LAJUNEN; LIPMAN, 2016).

2.2. Escopo e ambição

O PAT de veículos híbridos flex tem como escopo o desenvolvimento de ônibus híbridos flex, com o objetivo de desenvolver os equipamentos utilizados por esta tecnologia em âmbito nacional e endereçar proble-

mas como o alto custo para a entrada neste mercado. Como ambição, tem-se o desenvolvimento de uma aplicação-piloto de frota de ônibus híbridos flex em uma linha de ônibus municipal até 2030.

Quadro 11 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolver a tecnologia de ônibus híbrido flex.	Desenvolver uma aplicação-piloto de frota de ônibus híbrido flex para uma linha municipal até 2030.

Elaboração do autor.

2.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

O PAT visa expandir o uso da tecnologia de ônibus híbridos flex no Brasil, ambição que foi definida a partir da identificação de nós críticos e barreiras associados à cadeia desta tecnologia. Com o apoio de pesquisadores e analistas do setor, foi escolhido um nó crítico prioritário para a proposição de um plano de ação, representado pela integração veicular dos componentes, a qual consiste no principal desafio tecnológico relativo à montagem de veículos híbridos flex.

O atingimento da ambição do plano de ação permitiria a transição de um nível de prontidão tecnológica de validação da integração dos componentes veiculares em ambiente de laboratório (TRL 4) para teste de protótipo do sistema em ambiente operacional, o que habilitaria a produção dos componentes em escala comercial (TRL 7). Mais do que isso, permitiria superar gargalos, tais como a falta de conteúdo tecnológico nacional; o elevado custo de investimento em montadoras para a produção dos componentes do kit de hibridização; e a inexistência de padrões tecnológicos.

Nós críticos priorizados

INTEGRAÇÃO VEICULAR DOS COMPONENTES

Barreiras priorizadas



Baixo conteúdo local dos componentes veiculares.



Alto custo de investimento para a produção dos componentes veiculares.



Inexistência de padrões tecnológicos.



Validação da integração veicular de componentes apenas em ambiente de laboratório ou de arranjos experimentais básicos (TRL 4).

Ambição



Desenvolver uma aplicação piloto de frota de ônibus híbrido flex para uma linha municipal até 2030.

Figura 5 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Assim, o Plano tem seu foco na implementação da linha-piloto de ônibus híbridos flex, como medida para endereçar as barreiras priorizadas. A próxima subseção

apresenta as ações e as atividades necessárias para o atingimento desta ambição.

Ações e atividades

O PAT proposto está dividido em sete ações, com suas respectivas atividades, que compreendem: a avaliação e a seleção de um município para a implementação-piloto da frota de ônibus híbridos flex; a seleção e o teste em simulação das características e dos equipamentos que formam os ônibus híbridos flex desta frota; a constitui-

ção de uma *startup* para a criação e a instalação de *kits* de *retrofitting* em ônibus visando à sua transformação em ônibus híbridos flex; uma aplicação-piloto desta frota com sua demonstração, coleta de dados e disseminação de resultados; e a capacitação de mão de obra qualificada para a operação e a manutenção destes veículos.

Ação 1 e atividades relacionadas

A Ação 1 tem como objetivo avaliar e selecionar município para a implementação de uma aplicação-piloto de ônibus híbridos flex. Para tanto, foram propostas oito atividades listadas a seguir.

De modo a auxiliar na implementação e no acompanhamento da frota de ônibus híbridos flex, há a necessidade de se contratar equipe do projeto, conforme apresentado na subatividade 1.1. Esta equipe será responsável pelo mapeamento e pela escolha do município em que a frota-piloto será implementada, bem como definir a tipologia de hibridização dos ônibus e suas características básicas, além de simular o seu funcionamento. Sua outra função será auxiliar na constituição de uma *startup* para a criação e a instalação dos *kits* de *retrofitting* em ônibus usados, bem como na instalação e na aplicação desta frota-piloto, participando, também, da demonstração, da coleta de dados e da disseminação dos resultados encontrados, além de participar na capacitação para a manutenção e a operação desta frota.

Como primeira atividade realizada pela equipe contratada, deverá ser feito um mapeamento sobre possíveis municípios brasileiros em que é possível implementar a linha-piloto de ônibus híbridos flex, considerando critérios como a proximidade de centros de pesquisa automotiva; a existência de incentivos para implementação de uma linha-piloto; a disponibilidade de etanol e possíveis entidades para parcerias no que tange à implementação e ao funcionamento desta linha.

A partir da lista de municípios elencada na subatividade 1.2, deve ser avaliada a proximidade com centros de pesquisa automotiva que auxiliem na futura realização de testes e no monitoramento da frota. Há,

também, a possibilidade de avaliar a existência de incentivos para a implementação da linha-piloto, como redução de impostos ou subsídios. É necessário verificar a existência de infraestrutura local para o abastecimento dos ônibus híbridos flex. Por fim, é preciso avaliar a existência de entidades locais para parcerias no que tange à implementação e ao funcionamento da linha-piloto de ônibus híbridos flex. Tais atividades descritas compõem as subatividades 1.3, 1.4 e 1.5.

A subatividade 1.6 representa a análise a ser realizada a partir dos critérios anteriormente avaliados, fazendo uso de uma análise multicritério para esta seleção. Deste modo, será possível selecionar um município para a implementação da linha-piloto de ônibus híbridos flex.

De forma transversal ao PAT, deve-se criar um grupo de governança com a participação de atores-chave, como proposto na subatividade 1.7. Estes atores deverão acompanhar e planejar as atividades do projeto como um todo, de maneira a antecipar e preparar ações visando ao enfrentamento de possíveis entraves, buscando estabelecer responsabilidades entre os atores e reduzir os riscos das atividades.

Como atividade final desta ação, a subatividade 1.8 visa estabelecer parcerias no município definido para a aplicação-piloto, as quais podem ser feitas com centros de pesquisa, poder público e concessionárias de ônibus, buscando auxiliar na implementação da frota de ônibus híbridos flex. Tal parceria deve ser formalizada por meio de ACT entre as partes, que visa garantir sustentabilidade ao PAT. Neste sentido, assessoria jurídica será contratada para elaboração e monitoramento do cumprimento do acordo.

Quadro 12 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE UM MUNICÍPIO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO-PILOTO DE ÔNIBUS HÍBRIDO FLEX	
Subatividade 1.1	Elaborar Termos de Referência e contratar equipe para avaliar, auxiliar e acompanhar o processo de implementação de uma frota-piloto de ônibus híbridos flex em um município brasileiro
Subatividade 1.2	Mapear possíveis municípios brasileiros para a implementação da linha-piloto de ônibus híbridos flex, considerando critérios a serem analisados por uma análise multicritério, como a proximidade de indústrias e empresas do setor automotivo e a existência de incentivos para a implementação desta linha-piloto
Subatividade 1.3	Avaliar, a partir da lista de municípios mapeados, a proximidade com centros de pesquisa automotiva para a futura realização de testes e monitoramento
Subatividade 1.4	Tratamento estatístico e econométrico de dados, com eventual correção de lacunas em séries de dados
Subatividade 1.5	Avaliar, a partir da lista de municípios mapeados, a existência de incentivos para implementação da linha-piloto e a disponibilidade de combustível (etanol e gasolina) necessário para o abastecimento desta frota
Subatividade 1.6	Estabelecer o local para a implementação da linha-piloto a partir dos critérios avaliados anteriormente
Subatividade 1.7	Criação de um grupo de governança com a participação de atores-chave
Subatividade 1.8	Estabelecer parceria com centros de pesquisa, poder público e concessionária de ônibus do local selecionado para a futura implementação da frota de ônibus híbrido flex

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 conta com cinco atividades que se relacionam com a seleção de características, equipamentos e a simulação de funcionamento da aplicação-piloto de ônibus híbridos flex.

Inicialmente, tem-se, na subatividade 2.1, a definição do método de hibridização dos ônibus híbridos flex a serem reformados, considerando o nível e a tipologia de hibridização, analisando a diferença da micro à total hibridização e da hibridização em série, em paralelo ou série-paralelo. Nesta atividade, também deverão ser considerados, para a definição da tipologia de hibridização, critérios de segurança, ambientais, de autonomia e operacionais. A importância de se considerar estes critérios na seleção objetiva maximizar os cobenefícios da aplicação-piloto de ônibus híbridos flex.

Posteriormente, devem ser definidas as características básicas dos ônibus híbridos flex, como número de assentos, altura da porta do ônibus, peso do veículo e configuração de acessibilidade, de acordo com a legislação local. Deve, também, ser estimada a capacidade de armazenamento de combustível, considerando os possíveis trajetos que esta frota pode realizar.

Na subatividade 2.3 ocorre a especificação, a partir das características selecionadas na subatividade 2.1, do chassi, do motor/gerador, das baterias e de outros equipamentos necessários para a adaptação da frota-piloto de ônibus híbridos flex, como cabos e conectores.

A subatividade 2.4 dá-se como uma etapa prévia à simulação da operação da tipologia de ônibus híbrido flex selecionada. Para realizar a simulação, é necessário conhecer o ciclo de condução dos ônibus no município selecionado, bem como saber o consumo de combustível destes ônibus para eventual comparação com a operação simulada.

A partir das características selecionadas nas subatividades 2.1, 2.2 e 2.3, somadas aos dados coletados na subatividade 2.4, é possível realizar a simulação da operação do ônibus híbrido flex. Com isso, tem-se, na subatividade 2.5, a utilização de ferramentas de simulação, que possibilitará eventuais ajustes nas configurações predefinidas, bem como a simulação do funcionamento dos ônibus híbridos flex propriamente dita.

Quadro 13 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – SELEÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS, DOS EQUIPAMENTOS E SIMULAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DA APLICAÇÃO-PILOTO DE ÔNIBUS HÍBRIDO FLEX	
Subatividade 2.1	Definir a tipologia de hibridização dos ônibus híbridos flex
Subatividade 2.2	Definir características básicas do ônibus a ser montado, como número de assentos, acessibilidade, estimativa de capacidade de armazenamento de combustível, que estejam adequadas à legislação do local estabelecido
Subatividade 2.3	Especificar, a partir das características selecionadas, o chassi, o motor/gerador elétrico, as baterias e os equipamentos necessários para a adaptação da frota-piloto de ônibus híbrido flex
Subatividade 2.4	Levantar dados sobre a frota, o consumo de combustível e os ciclos de condução na localidade a ser implementada a frota-piloto
Subatividade 2.5	Simular, a partir dos dados e dos equipamentos selecionados, a operação do ônibus híbrido flex utilizando um ciclo de condução adequado para a linha de ônibus a ser usada

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

Após escolhido o município para a implementação da frota e a simulação de seu funcionamento, a Ação 3 engloba as atividades necessárias visando à constituição de uma *startup* para a criação e a instalação de *kits de retrofitting* em ônibus usados para sua conversão em ônibus híbridos flex. Deste modo, esta ação contém quatro atividades relacionadas ao SIT.

Assim, a subatividade 3.1 envolve a definição da missão e dos objetivos para esta *startup* de montagem de *kits de retrofitting* para ônibus usados, reformando-os em ônibus híbridos flex. Com estas definições, devem ser identificados atores, instituições e empresas para potenciais parcerias com o SIT, considerando possíveis contribuições pontuais ao longo do projeto e auxiliando

nas ações requeridas por este PAT, sendo esta a subatividade 3.2.

Por sua vez, a subatividade 3.3 trata da elaboração de um edital para a seleção de proposta visando à constituição do SIT, no qual devem constar os requisitos da incubadora em que o sistema será instalado. A partir do edital proposto, na subatividade 3.4 deve ser realizada a formalização de acordos de parceria, com direitos e obrigações das partes para o estabelecimento do SIT. Por fim, a subatividade 3.5 consiste no estabelecimento propriamente dito do SIT em uma incubadora de empresas, que visa tanto à produção do *kit* de hibridização necessário para a adaptação dos ônibus híbridos flex, quanto à instalação destes *kits* na frota-piloto.

Quadro 14 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – CONSTITUIÇÃO DE UMA STARTUP PARA CRIAÇÃO E INSTALAÇÃO DE KITS DE RETROFITTING EM ÔNIBUS USADOS PARA CONVERSÃO EM ÔNIBUS HÍBRIDOS FLEX	
Subatividade 3.1	Definir missão e objetivos para uma <i>startup</i> a ser criada e considerada como o SIT, com foco na criação de <i>kits</i> para o <i>retrofitting</i> de ônibus usados e sua reforma em ônibus híbridos flex
Subatividade 3.2	Identificar os atores, as instituições e as empresas para potenciais parceria visando à implantação do SIT
Subatividade 3.3	Estabelecer um edital de seleção de proposta para o SIT, de acordo com os requisitos de uma incubadora de empresas
Subatividade 3.4	Selecionar e formalizar acordo com o parceiro para estabelecimento do SIT
Subatividade 3.5	Estabelecer o SIT em uma incubadora de empresas para projetar, construir e instalar o <i>kit</i> de hibridização

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

A Ação 4 relaciona-se à elaboração do projeto de equipamentos e do *kit* de hibridização para a conversão de uma frota de ônibus a diesel em ônibus híbridos. As seis atividades relacionadas englobam desde o planejamento e o projeto dos equipamentos do *kit* de *retrofitting* até a sua produção. Esta é a ação mais custo-intensiva, pois requer a aquisição dos equipamentos necessários para a produção do *kit* de hibridização.

Inicialmente, é necessário o planejamento da criação do *kit* de hibridização a partir das características selecionadas pela equipe técnica do projeto nas Ações 1 e 2, em conjunto com o SIT. A partir deste planejamento, deve-se projetar e esquematizar os equipamentos

necessários para a produção dos *kits* e selecionar os equipamentos a serem adquiridos, considerando possíveis adaptações para a sua futura instalação nos ônibus, sendo estas as subatividades 4.1, 4.2 e 4.3.

A subatividade 4.4 abrange a encomenda e a compra dos itens necessários para a produção de dez *kits* de hibridização, com a análise prévia de possíveis incompatibilidades entre estes equipamentos. A partir dos itens adquiridos, devem ser construídos e adaptados os equipamentos para o *kit* de hibridização, considerando as etapas e a esquematização do projeto. Por fim, na subatividade 4.6 dá-se a produção dos *kits* de hibridização a partir das definições estabelecidas anteriormente.

Quadro 15 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EQUIPAMENTOS E DO KIT DE HIBRIDIZAÇÃO PARA A CONVERSÃO DE UMA FROTA DE ÔNIBUS A DIESEL EM ÔNIBUS HÍBRIDOS FLEX	
Subatividade 4.1	Planejar a criação do <i>kit</i> de hibridização a partir das características e dos equipamentos elencados nas Ações 1 e 2
Subatividade 4.2	Esquematizar os equipamentos necessários para a produção do <i>kit</i> de hibridização
Subatividade 4.3	Selecionar equipamentos disponíveis no mercado para sua utilização direta ou adaptada no <i>kit</i> de hibridização
Subatividade 4.4	Aquisição dos equipamentos selecionados para a elaboração de dez <i>kits</i> de hibridização
Subatividade 4.5	Construção e adaptação dos equipamentos para a montagem do <i>kit</i> de hibridização a partir das definições preestabelecidas no projeto
Subatividade 4.6	Produzir, a partir dos equipamentos adquiridos, o <i>kit</i> de hibridização

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

Na Ação 5 ocorre a aplicação-piloto da frota de ônibus híbridos flex. Esta ação conta com duas atividades que estão relacionadas à instalação do *kit* de hibridização e ao início da operação desta frota.

Inicialmente, na subatividade 5.1, deve-se instalar o *kit* de hibridização na frota de ônibus híbridos flex, considerando, também, a instalação dos sensores necessários para eventuais coletas de dados que propiciam a divul-

gação e a disseminação destes dados, em conjunto com os grupos parceiros estabelecidos na subatividade 1.7.

Após a instalação dos *kits* de hibridização, pode-se iniciar a operação de dez ônibus híbridos flex em uma linha de ônibus do município estabelecido anteriormente, de maneira conjunta entre o SIT, a equipe técnica e de governança do projeto e da concessionária de ônibus parceira.

Quadro 16 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – APLICAÇÃO-PILOTO DE ÔNIBUS HÍBRIDOS FLEX EM UMA LOCALIDADE NO BRASIL	
Subatividade 5.1	Instalação do <i>kit</i> de hibridização na frota de ônibus híbridos flex em conjunto com os sensores necessários para coleta de dados (conforme acordo de parceria estabelecido na subatividade 1.8)
Subatividade 5.2	Iniciar a operação da aplicação-piloto de dez ônibus híbridos flex

Elaboração do autor.

Ação 6 e atividades relacionadas

Com o início da operação da frota de ônibus híbridos flex, deve haver o monitoramento da utilização desta frota, com eventual divulgação e disseminação dos resultados, como constam nas atividades da Ação 6.

Na subatividade 6.1 ocorre o acompanhamento da frota de ônibus híbridos flex pela equipe técnica e de governança do projeto em conjunto com a concessionária de ônibus parceira para eventual coleta de dados, visando à divulgação destes dados e ao aprimoramento dos equipamentos que compõem o *kit* de hibridização. Além disso, devem ser disponibilizados os dados legais

necessários para homologar a tecnologia de ônibus híbridos flex, como certificação Inmetro, Instrução Normativa para Inspeção Técnica Veicular de Segurança e Meio Ambiente, entre outros instrumentos.

Posteriormente, na subatividade 6.2, deve haver a divulgação, a partir de *website* e materiais informativos, tais como cartilhas e livro, dos dados relevantes adquiridos na demonstração da frota-piloto. Esta atividade objetiva uma ampla divulgação dos benefícios visando ao desenvolvimento e à difusão da tecnologia em âmbito nacional.

Quadro 17 – Ação 6 e atividades relacionadas

AÇÃO 6 – DEMONSTRAÇÃO E COLETA DE DADOS DA FROTA DE ÔNIBUS HÍBRIDOS FLEX, COM DIVULGAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE RESULTADOS	
Subatividade 6.1	Monitorar a utilização da frota de ônibus híbridos flex, com coleta contínua de dados visando ao possível aprimoramento do <i>kit</i> de hibridização, além de um relatório com as informações legais necessárias para homologar essa tecnologia e permitir o seu uso em âmbito nacional
Subatividade 6.2	Divulgar, a partir de <i>sites</i> e materiais informativos, resultados da implementação da frota-piloto de ônibus híbridos flex

Elaboração do autor.

Ação 7 e atividades relacionadas

Há, por fim, a Ação 7, que se relaciona às atividades anteriores, sendo esta ação responsável pela capacitação para manutenção e operação da frota de ônibus híbridos flex.

As subatividades 7.1 e 7.2 constam com a criação e a aplicação de cursos de capacitação para a manutenção e a operação da frota-piloto de ônibus híbridos flex. Tais atividades fazem-se necessárias a partir de especificidades da tecnologia híbrida, que demandam a criação de mão de obra especializada nas concessionárias de ônibus.

Quadro 18 – Ação 7 e atividades relacionadas

AÇÃO 7 – CAPACITAÇÃO PARA MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE FROTA DE ÔNIBUS HÍBRIDOS FLEX	
Subatividade 7.1	Criação e aplicação de cursos de capacitação para manutenção da frota-piloto de ônibus híbridos flex
Subatividade 7.2	Criação e aplicação de cursos de capacitação para operação da frota-piloto de ônibus híbridos flex

Elaboração do autor.

2.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A mobilização de múltiplos atores de diferentes segmentos possibilita uma maior integração entre os agentes e os poderes para o sucesso deste Plano. Desse modo, foram destacados diversos atores dos setores público e privado, além de associações e entidades representativas para colaborar com a implementação deste PAT.

Para coordenar o Plano, podem ser destacadas algumas instituições com a *expertise* necessária para a condução das ações anteriormente descritas. Desse modo, Itaipu Binacional, que conta com um amplo portfólio de projetos em veículos elétricos, aviões elétricos e com ônibus híbrido a etanol, mostra-se como um parceiro com os requisitos necessários para coordenar este PAT. Cumpre enfatizar que a instituição responsável pela coordenação deverá constituir uma equipe

técnica permanente responsável pela condução das ações e atividades, auxiliando desde a criação do SIT até a implementação, a disseminação e a capacitação relativas à aplicação-piloto.

Em termos da governança, podem ser discriminados atores-chave, tais como a CNT, a ANP, a Anfavea, a NTU, as concessionárias de ônibus e o SIT. Em termos de mobilização de recursos e potenciais atores para o financiamento do PAT, podem ser citados o ME, a Finep, o BNDES, o CNPq e a Embrapii. Outros potenciais parceiros técnicos e público-alvo das atividades de disseminação e capacitação podem ser destacados: instituições de ensino e pesquisa com *expertise* na área; Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes); incubadoras de empresas; concessionárias de ônibus.

Quadro 19 – Principais *stakeholders* a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Itaipu Binacional	A Itaipu atua na produção e na difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos no Brasil e no Paraguai, em parceria com o Parque Tecnológico Itaipu (PTI). Em colaboração com instituições de ensino e pesquisa públicas e privadas, vem desenvolvendo diversas iniciativas, contribuindo com o empreendedorismo e a geração de emprego e renda na região. Conta com a experiência adquirida a partir de diversos projetos, como veículos elétricos, aviões elétricos e ônibus híbridos. Poderia atuar na coordenação do PAT.
CNT	A CNT tem como missão apoiar o desenvolvimento e representar o setor de transporte e logística. Poderia atuar como parceira de governança institucional para a celebração de acordos de parceria e para o acompanhamento das ações de capacitação.
ANP	A ANP é o órgão federal responsável pela regulação das indústrias de petróleo e gás natural e de biocombustíveis no Brasil. Seria responsável por conceder a licença e monitorar a operação da frota.
Anfavea	A Anfavea é a entidade que reúne as empresas fabricantes de autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus), máquinas agrícolas e rodoviárias autopropulsadas (tratores de rodas e de esteiras, colheitadeiras e retroescavadeiras) com instalações industriais e produção no Brasil. Poderia compor a estrutura de governança do PAT.
NTU	A NTU é uma entidade de classe nacional, com o objetivo principal de representar as operadoras de ônibus urbanos e metropolitanos frente ao poder público e à sociedade civil. Poderia compor a estrutura de governança do PAT.
Concessionárias de ônibus	Parceiras técnicas das atividades do PAT, bem como público-alvo das atividades de disseminação e capacitação. Adicionalmente, poderiam compor a estrutura de governança do Plano.
SIT	O SIT é uma empresa a ser formada ou em estágio inicial de formação que, idealmente, será incubada em uma incubadora de empresas com proximidade do local a ser instalada a frota de ônibus híbridos flex. Esta empresa tem como objetivo a criação e a instalação de kits de <i>retrofitting</i> em ônibus usados para sua reforma em ônibus híbridos flex.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Responsável pela elaboração do edital para o subprojeto de implementação da frota-piloto de ônibus híbridos flex.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica, para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
Cenpes	O Cenpes é a unidade da Petrobras responsável pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento e conta com um dos maiores complexos de pesquisa aplicada à indústria da energia do mundo. Trabalha com escolhas estratégicas com foco tecnológico na área de uso eficiente de energia e transição para uma matriz de baixo carbono. Poderia atuar parceiro técnico e público-alvo das atividades de capacitação e disseminação.
Instituições de ensino e pesquisa	Poderiam atuar como parceiras técnicas, em face de <i>expertises</i> no escopo do PAT. Particularmente, poderiam conduzir as atividades de capacitação da Ação 7, bem como fornecer mão de obra qualificada para compor a equipe permanente do Plano.
Incubadora de empresas	Poderia ser responsável pela incubação da <i>startup</i> SIT.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do PAT.

Algumas atividades podem ocorrer de forma concomitante, como parte das atividades das Ações 1 e 2, que são voltadas para a escolha do município e para a definição das características do ônibus. A subatividade 1.7 deve ocorrer durante quase todo período de

implementação do Plano, por possibilitar uma redução no risco do projeto. Parte das atividades das Ações 6 e 7 ocorrem em conjunto, e isso se dá pela necessidade de cursos de capacitação para o manuseio e a manutenção da frota de ônibus híbridos flex.

As subatividades 5.1 e 5.2 devem ocorrer de forma independente, pois são atividades críticas para a conclusão deste Plano, com altos riscos atrelados à montagem e ao início da operação da aplicação-piloto.

Quadro 20 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■																	
1.2		■																
1.3		■																
1.4		■																
1.5		■																
1.6		■	■															
1.7			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.8			■	■														
2.1					■													
2.2					■													
2.3					■													
2.4					■													
2.5					■	■												
3.1						■												
3.2						■												
3.3							■											
3.4							■											
3.5								■										
4.1								■										
4.2									■									
4.3									■									
4.4									■									
4.5										■								
4.6										■								
5.1											■							
5.2												■						
6.1													■	■	■	■		
6.2															■	■		
7.1													■	■	■	■		
7.2												■	■	■	■			

Elaboração do autor.

2.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

Descritas as ações, as atividades e os potenciais atores a serem mobilizados, a figura 6 apresenta a participação de cada ação no total estimado dos custos. O custo total foi estimado em cerca de R\$ 8,3 milhões.

A Ação 4, que compreende o projeto e a montagem dos kits de hibridização, bem como a aquisição dos equipamentos necessários para sua montagem, compreende cerca de 54% do custo total deste projeto.

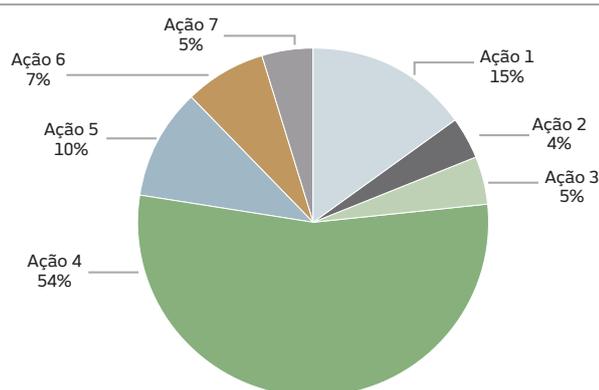
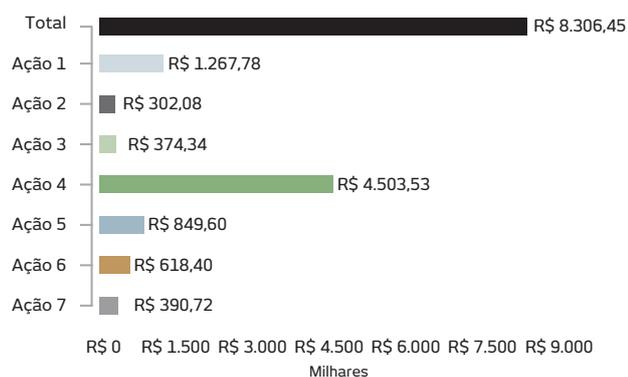


Figura 6 – Custo total e por ação, em milhares de reais e em porcentagem, do PAT de veículos híbridos flex
Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do escopo das Ações 1, 2 e 7, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Por sua vez, a ação de constituição da *startup*, além de empréstimo não reembolsável e assistência, pode acessar a modalidade de participação societária. Investimentos em participação societária de empresas são conhecidos por *private equity* e *venture capital*. Nesta modalidade, investidores obtêm participação acionária

direta nas organizações e, com esse aporte financeiro, estas organizações podem expandir e modernizar suas operações. São acessíveis por pequenas, médias e grandes empresas, sendo mapeada a possibilidade de acessar cinco mecanismos. Finalmente, as Ações 4 a 6 podem acessar a modalidade de empréstimo reembolsável.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

2.6. Plano de riscos e contingenciamento

Ao nível das atividades propostas, foram analisados os potenciais riscos e medidas de contingenciamento. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 4.4, 4.5, 4.6 e 5.1. Estes riscos estão associados à possível incompatibilidade entre os equipamentos adquiridos para a criação do *kit* de hibridização e ao risco de variação cambial, que pode impossibilitar a aquisição

destes itens. Há, ainda, risco de incompatibilidade entre o *kit* de hibridização e o ônibus a ser reformado; risco de descumprimento do acordo de parceria firmado na subatividade 1.8; atraso na entrega da montagem dos *kits*; e falta de coordenação técnica da subatividade 5.1.

De maneira a contingenciar tais altos riscos, pode-se averiguar possíveis incompatibilidades entre os equipamentos selecionados utilizando *softwares* de desenho assistido por computador 3D, além de serem estabelecidos mecanismos na contratação do projeto que garantam recurso para contingenciamento em caso de variação no custo dos equipamentos. No caso particular da subatividade 5.1, também se deve estabelecer direitos e obrigações no acordo de parceria, como contrapartida de custos de instalação pela concessionária de ônibus e manutenção da frota após o final do projeto.

Quadro 21 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Elaborar Termos de Referência e contratar equipe para avaliar, auxiliar e acompanhar o processo de implementação de uma frota-piloto de ônibus híbridos flex em um município brasileiro	Risco técnico e risco organizacional	A escolha do grupo de pesquisa, perante a inexistência de projetos semelhantes implementados no país, é desafiadora e pode dificultar a realização e a coordenação das atividades do projeto.	Baixo	Inicialmente, deve ser contratado um coordenador técnico para o projeto, que deve elaborar Termos de Referência e contratar um grupo de pesquisa multidisciplinar e com experiência na área de pesquisa da tecnologia de ônibus híbridos flex. Essa mão de obra deve ser oriunda de universidades e centros de pesquisa de excelência na área.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.2 Mapear possíveis municípios brasileiros para a implementação da linha-piloto de ônibus híbridos flex, considerando critérios a serem analisados por uma análise multicritério, como a proximidade de indústrias e empresas do setor automotivo e a existência de incentivos para a implementação desta linha-piloto	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Risco de falha humana na coleta e no tratamento dos dados. Falta de interesse dos atores em participar da análise multicritério. Atraso na conclusão das atividades.	Baixo	A contratação de gerenciadores de projeto para a revisão e a coordenação dos documentos a serem gerados possibilita uma maior confiabilidade nos dados coletados. Além disso, devem ser mobilizados atores, por meio de envio de convites, para participação de <i>workshop</i> para aplicação da metodologia multicritério. Finalmente, devem ser monitorados prazos visando mitigar eventuais atrasos na conclusão das atividades.
1.3 Avaliar, a partir da lista de municípios mapeados, a proximidade com centros de pesquisa automotiva para a futura realização de testes e monitoramento				
1.4 Avaliar, a partir da lista de municípios mapeados, a existência de incentivos para implementação da linha-piloto e a disponibilidade de combustível (etanol e gasolina) necessário para o abastecimento desta frota				
1.5 Avaliar, a partir da lista de municípios mapeados, possíveis entidades para parcerias no que tange à implementação e ao funcionamento de uma linha-piloto de ônibus híbrido flex				
1.6 Estabelecer o local para a implementação da linha-piloto a partir dos critérios avaliados anteriormente				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.7 Criação de um grupo de governança com a participação de atores-chave	Risco técnico e risco organizacional	Risco da falta de acompanhamento e da capacidade de antecipar possíveis ações futuras.	Baixo	Contratação de um especialista na análise de riscos e com experiência em projetos de longa duração.
1.8 Estabelecer parceria com centros de pesquisa, poder público e concessionária de ônibus do local selecionado para a futura implementação da frota de ônibus híbrido flex	Risco organizacional e risco político	Risco de atraso no procedimento necessário para a concretização das parcerias. Risco de falta de interesse dos <i>stakeholders</i> e envolvimento institucional.	Médio	Averiguar, paralelamente às fases anteriores, a predisposição dos agentes locais em aceitar as parcerias necessárias para o decorrer do projeto e trabalhar, de forma paralela, com o procedimento de estabelecimento de parcerias com mais de um grupo ao mesmo tempo. Ademais, devem ser elaborados ACTs que estabeleçam benefícios e obrigações entre as partes.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Definir a tipologia de hibridização dos ônibus híbridos flex	Risco técnico e risco organizacional	Risco de incompatibilidade na adaptação dos equipamentos e no uso dos veículos. Ausência de mão de obra qualificada para a execução das atividades. Falta de coordenação e atraso na entrega das atividades.	Médio	A definição de tipologia de hibridização, bem como a escolha das características básicas do ônibus e seus equipamentos em conjunto com a simulação, em paralelo, permite uma melhor análise dos dados para evitar possíveis incompatibilidades. Contratação de mão de obra em centros de excelência, com supervisão e planejamento minucioso das atividades pela coordenação técnica do projeto.
2.2 Definir características básicas do ônibus a ser montado, como número de assentos, acessibilidade, estimativa de capacidade de armazenamento de combustível, que estejam adequadas à legislação do local estabelecido				
2.3 Especificar, a partir das características selecionadas, o chassi, o motor/gerador elétrico, as baterias e os equipamentos necessários para a montagem da frota-piloto de ônibus híbrido flex				
2.4 Levantar dados sobre frota, consumo combustível e ciclos de condução na localidade a ser implementada a frota-piloto	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade de obtenção dos dados. Falta de coordenação e atraso na entrega das atividades.	Baixo	Ao se averiguar, de forma paralela às atividades anteriores, a existência dos dados necessários para a realização desta análise, reduz-se a possibilidade da não obtenção destes dados. Supervisão e planejamento minucioso das atividades pela coordenação técnica do projeto.
2.5 Simular, a partir dos dados e dos equipamentos selecionados, a operação do ônibus híbrido flex utilizando um ciclo de condução adequado para a linha de ônibus a ser usada		Ausência de mão de obra qualificada para a execução da atividade. Atraso na entrega das atividades anteriores. Desajustes no ciclo de condução.		Supervisão e planejamento minucioso das atividades pela coordenação técnica do projeto. Acompanhamento <i>in loco</i> da simulação e ciclo de condução por membros da equipe.
3.1 Definir missão e objetivos para uma <i>startup</i> a ser criada, com foco na criação de <i>kits</i> para o <i>retrofitting</i> de ônibus usados e sua reforma em ônibus híbridos flex	Risco técnico	Falha na definição da missão e dos objetivos do SIT.	Baixo	Utilizar diferentes metodologias de gerenciamento de projetos para validar a ideia do SIT.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.2 Identificar os atores, as instituições e as empresas para potenciais parceria visando à implantação do SIT	Risco organizacional	Há o risco de não se identificar atores, instituições e empresas capazes de colaborar na implementação do SIT.	Baixo	Buscar atores, instituições e empresas que possam contribuir de maneira pontual com as ações a serem realizadas pelo SIT e a elaboração de acordos para parcerias. Realizar <i>workshop</i> para mapeamento de atores.
3.3 Estabelecer um edital de seleção de proposta para o SIT, de acordo com os requisitos de uma incubadora de empresas	Risco técnico e risco político	Risco associado à criação de uma <i>startup</i> com experiência insuficiente para a criação de um <i>kit</i> de hibridização. Viés de escolha visando atender ao interesse de grupos específicos.	Médio	Participação de diversos atores na elaboração e na revisão do edital de proposta buscando atender aos requisitos mínimos necessários para a criação do SIT. Evitar possíveis vieses de escolha por meio de critério de seleção com pesos maiores para <i>expertise</i> técnica comprovada. Formalização de acordo de parceria com direitos e obrigações das partes.
3.4 Selecionar e formalizar acordo com o parceiro para estabelecimento do SIT				
3.5 Estabelecer o SIT em uma incubadora de empresas para projetar, construir e instalar o <i>kit</i> de hibridização	Risco organizacional e risco institucional	Falta de suporte e compromisso dos atores e da incubadora envolvida para o estabelecimento do SIT.	Baixo	Elaborar acordos que estabeleçam diretrizes para os atores e instituições envolvidos com o SIT.
4.1 Planejar a criação do <i>kit</i> de hibridização a partir das características e dos equipamentos elencados nas Ações 1 e 2	Risco organizacional e risco técnico	Falhas no planejamento do projeto de montagem do <i>kit</i> de hibridização e falta de mão de obra capacitada para a realização do projeto. Atraso na entrega dos resultados das Ações 1 e 2.	Baixo	Utilizar uma equipe capacitada e experiente, capaz de lidar com os diferentes desafios necessários para a criação de uma aplicação-piloto. Garantir a manutenção da equipe técnica envolvida nas Ações 1 e 2, com supervisão e rigor no cumprimento de prazos.
4.2 Esquematizar os equipamentos necessários para a produção do <i>kit</i> de hibridização				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.3 Selecionar equipamentos disponíveis no mercado para sua utilização direta ou adaptada no <i>kit</i> de hibridização	Risco técnico	Inexistência de alguns equipamentos necessários para a montagem do <i>kit</i> de hibridização no mercado nacional.	Baixo	Buscar parcerias internacionais para a aquisição dos equipamentos necessários para a montagem do <i>kit</i> de hibridização. Deve ser realizada missão para estabelecimento de parceria em caso de inexistência de equipamentos no mercado nacional.
4.4 Aquisição dos equipamentos selecionados para a elaboração de dez <i>kits</i> de hibridização	Risco técnico e risco de custo	Risco na incompatibilidade entre os equipamentos adquiridos para a criação do <i>kit</i> de hibridização. Risco de variação cambial, em face da possibilidade de aquisição de componentes importados.	Alto	Averiguar possíveis incompatibilidades entre os equipamentos selecionados utilizando <i>softwares</i> de desenho assistido por computador 3D. Além disso, devem ser estabelecidos mecanismos na contratação do projeto que garantam recurso para contingenciamento em caso de variação no custo dos equipamentos.
4.5 Construção e adaptação dos equipamentos para a montagem do <i>kit</i> de hibridização a partir das definições preestabelecidas no projeto				
4.6 Produzir, a partir dos equipamentos adquiridos, o <i>kit</i> de hibridização				
5.1 Instalação do <i>kit</i> de hibridização na frota de ônibus híbridos flex em conjunto com os sensores necessários para coleta de dados (conforme acordo de parceria estabelecido na subatividade 1.8)	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Risco na incompatibilidade entre o <i>kit</i> de hibridização e o ônibus a ser reformado. Risco de descumprimento do acordo de parceria firmado na subatividade 1.8. Atraso na entrega da montagem dos <i>kits</i> . Falta de coordenação técnica da atividade.	Alto	Averiguar possíveis incompatibilidades do <i>kit</i> de hibridização e dos ônibus a serem reformados por meio de <i>softwares</i> de desenho assistido por computador 3D. Estabelecer direitos e obrigações no acordo de parceria, como contrapartida de custos de instalação pela concessionária de ônibus e manutenção da frota após o final do projeto. Coordenação técnica centralizada na equipe do projeto.
5.2 Iniciar a operação da aplicação-piloto de dez ônibus híbridos flex	Risco técnico	Risco de problemas na entrada em operação da frota.	Médio	Avaliar as habilidades dos contratados a priori (subatividade 1.7). Utilizar recurso de contingenciamento para lidar com problemas operacionais.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.1 Monitorar a utilização da frota de ônibus híbridos flex, com coleta contínua de dados visando ao possível aprimoramento do <i>kit</i> de hibridização	Risco técnico e risco institucional	Risco de problemas na operação da frota. Descumprimento das atividades estabelecidas no acordo de parceria.	Médio	Avaliar as habilidades dos contratados a priori (subatividade 1.7). Utilizar recurso de contingenciamento para lidar com problemas operacionais. Acompanhamento de assessoria jurídica acerca do cumprimento das cláusulas contratuais.
6.2 Divulgar, a partir de <i>sites</i> e materiais informativos, resultados da implementação da frota-piloto de ônibus híbridos flex, além de um relatório com as informações legais necessárias para homologar essa tecnologia e permitir o seu uso em âmbito nacional	Risco técnico e risco institucional	Falta de recursos humanos para dar continuidade na coleta de dados e sequência na alimentação dos <i>sites</i> e materiais informativos sobre a frota de ônibus híbridos flex.	Baixo	Conscientizar os funcionários sobre os benefícios do projeto e a necessidade da divulgação destes dados para a sociedade. Contratar equipe técnica e divulgar material em <i>site</i> do projeto com resultados da aplicação-piloto.
7.1 Criação e aplicação de cursos de capacitação para manutenção da frota-piloto de ônibus híbridos flex	Risco organizacional e risco técnico	Falta de engajamento dos técnicos da concessionária e dos especialistas envolvidos em preparar e ministrar os cursos. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Conscientizar os funcionários sobre os benefícios do projeto. Contratar técnicos especializados na manutenção e na operação de frota de ônibus híbrido flex. Estabelecer salário-prêmio para profissionais que apresentem índices satisfatórios de operação e tempo de manutenção da frota.
7.2 Criação e aplicação de cursos de capacitação para operação da frota-piloto de ônibus híbridos flex				

Elaboração do autor.

3.

Plano de Ação Tecnológica **para Veículos Elétricos a Pilha a Combustível a Etanol**



3. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS A PILHA A COMBUSTÍVEL A ETANOL

3.1. Definição da tecnologia

Na maioria dos casos, células a combustível e seus respectivos empilhamentos, que nada mais são que as chamadas pilhas a combustível, possuem eficiências de conversão superiores a tecnologias convencionais de combustão ou geração elétrica, emitindo níveis bem inferiores de poluentes atmosféricos como ozônio, NO_x e particulados (CARRETTE; FRIEDRICH; STIMMING, 2001; GIDDEY *et al.*, 2012; HELLMAN; VAN DEN HOED, 2007).

Esses ganhos energéticos podem chegar em valores até 60% superiores à combustão interna (UNITED STATES, 2020). Considerando que o ciclo de vida do etanol, principalmente provindo da cana de açúcar no Brasil, é neutro em carbono, ficam evidentes os possíveis benefícios ambientais da implementação de veículos a pilha a combustível a etanol. Casas *et al.* (2011) corrobora para essa conclusão com seu trabalho de integração de uma pilha a combustível para cogeração elétrica em uma usina de etanol, com resultados de redução de emissões de GEE por volta de 50% quando comparados a uma usina tradicional.

Existem diversos tipos de pilhas a combustível, que variam tanto devido à configuração de seus eletrodos e eletrólitos quanto ao tipo de combustível a ser oxidado eletroquimicamente. Entende-se por pilha a combustível a etanol direto aquela em que a alimentação no anodo é de etanol líquido ou gasoso, anidro ou diluído em água (BADWAL *et al.*, 2015), e a alimentação do catodo é de ar ou oxigênio. Utiliza-se desse termo principalmente para diferenciação de pilhas em que o combustível alimentado é hidrogênio resultado de uma reforma externa, porém por unidade acoplada, de etanol.

A tecnologia, em geral, possui diversas vantagens, sejam técnico-ambientais, como a facilidade de transporte, distribuição, riscos reduzidos e baixa pegada de carbono, que se destacam, principalmente, quando se compara o etanol ao hidrogênio e ao metanol (BADWAL *et al.*, 2015), sejam

socioeconômicas, como a garantia de um mercado cativo para o etanol, principalmente no Brasil, uma vez que ocorra a troca de motores a combustão interna por motores elétricos. Utilizando do mesmo arcabouço social das destilarias e de toda a cadeia produtiva e de distribuição, a tecnologia poderia ajudar com a manutenção de empregos no setor.

Todavia, há diversos fatores que dificultam a aplicação prática de pilhas a combustível a etanol direto. Utilizando como literatura-base trabalhos de An, Zhao e Li (2015), Badwal *et al.* (2015), Kamarudin *et al.* (2013) e Ong, Kamarudin e Basri (2017), podem ser listados os principais desafios a serem superados:

- Densidades de energia e tempo de operação abaixo do necessário para comercialização, devido, em parte, à cinética lenta de oxidação do etanol nos anodos;
- Envenenamento do catalisador dos catodos por espécies menores, resultado da oxidação parcial do etanol;
- *Crossover*² de combustível pela membrana (exclusiva para pilhas com membrana de troca de prótons);
- Depósito de carbono nos catalisadores do anodo.

A mais promissora tecnologia, entre as pilhas a combustível a etanol direto, é a de óxido sólido e, mais precisamente, a suportada por metais, que apresenta maiores densidades de energia, resistência à variação de temperatura e maiores tempos de operação (DOG-DIBEGOVIC; FUKUYAMA; TUCKER, 2020). A organização desse tipo de pilha, que usa de interconectores metálicos entre as células unitárias, reduz muito a espessura do eletrólito, uma vez que ela é suportada pelo próprio anodo. Não há problema de *crossover* de combustível nem envenenamento do catodo por definição, devido à impermeabilidade do eletrólito.

² Fenômeno na operação de pilhas a combustível com membrana, em que o combustível e/ou os produtos migram de um eletrodo para outro, resultando em reações de oxirredução não desejadas no *design* da pilha.

ento e de planta	Produção semi-industrial, por aumento de escala dos processos da FASE 1 em parceria com empresas; e Testes em condições reais de utilização	TRL 7: Protótipo -piloto demonstrado em condições reais de operação de veículos, com sistemas auxiliares completamente integrados
---------------------	--	---

3.2. Escopo e ambição

Compreende-se que o presente Plano deve ocorrer em duas fases, com o desenvolvimento de um protótipo em cada. Em um primeiro momento, há a elevação da

tecnologia para um TRL 5, com validação laboratorial em ambiente relevante, e, por fim, para um TRL 7, tendo um protótipo de sistema completo operacional.



Figura 7 – Fases de desenvolvimento do PAT para veículos a pilha a combustível a etanol

Elaboração do autor.

Entende-se, também, que a aplicação da tecnologia da pilha a combustível a etanol direto é mais interessante em veículos que possuam dificuldade de eletrificação, como já discutido, mas, também, utilizando todo o aparato nacional existente de produção, distribuição e comercialização de etanol para veículos.

Dessa forma, define-se como escopo do Plano o desenvolvimento da tecnologia, com as especificidades do setor de transportes, em que há temperaturas de operação mais elevadas e demanda elétrica variada, com focos em veículos de difícil eletrificação. Sua ambição final é elevar a tecnologia para um TRL 7, demonstrando um protótipo operacional validado em ambiente relevante para a indústria no Brasil até o ano de 2030.

Quadro 22 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolver tecnologia de pilha a combustível a etanol direta para o setor de transportes.	Transição do nível de prontidão tecnológica de TRL 3 (validação conceitual) para TRL 7 (demonstração em veículos), por meio de engenharia e produção de pilha a combustível a etanol direto de óxido sólido.

Elaboração do autor.

3.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Partindo da escolha de PaCOS como tipo de pilha a combustível a etanol direto a ser utilizada, entende-se que seu maior desafio é o desenvolvimento de um catalisador de anodo capaz de, simultaneamente, oxidar o etanol e espécies menores – que são resultado de sua decomposição térmica – e resistir à deposição de carbono devido à atividade da pilha. Há, também, desafios de menor destaque, como a razão vapor d'água por combustível, que reduz a deposição de carbono, mas pode causar diversos outros problemas de funcionamento e sensibilidade do anodo a traços de enxofre presentes no etanol (BADWAL *et al.*, 2015). Diversas são as proposições de catalisador, que podem se dividir, basicamente, em: baseados em níquel; sem níquel; e ligas metálicas.

Fez parte da confecção deste plano de ação entrevistas com *stakeholders* relevantes, procurando validar resultados reportados na literatura científica. Deve-se ressaltar entrevista conduzida com o professor Paulo Emílio de Miranda, coordenador do Laboratório de Hidrogênio do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ) e presidente da Associação Brasileira do Hidrogênio, por meio da qual constatou-se posição de vanguarda tecnológica do Brasil acerca do desenvolvimento de PaCOS, em que desafios presentes na literatura encontram-se em parte superados, aproximando a tecnologia em questão a um nível de maturidade tecnológica (*technology readiness level*, na sigla inglesa) entre 3 e 4.³

Esse nível de maturidade pode ser observado pelas patentes presentes em Miranda, (2007), Miranda, Venancio e Miranda (2016) e Miranda e Icardi (2017), que demonstram, respectivamente: i) processos de confecção de eletrodos para PaCOS resistentes à deposição de carbono, como também descrito em Sarruf *et al.* (2020) e Venâncio e Miranda (2017); ii) sistema de testes de pilhas permitindo a utilização de combustíveis carbonosos, como o etanol, sem deposição de carbono no

eletrodo; e iii) métodos de oxidação do etanol e de compostos resultantes de reforma térmica do álcool em presença ou não de água. Há, também, a existência de patentes que podem eliminar possível desafio de aplicação da tecnologia em veículos elétricos referentes ao armazenamento de energia e ao funcionamento de um gerador de maneira inteligente (MIRANDA; CARREIRA, 2016; MIRANDA; TORRES, 2011).

O atingimento da ambição desse Plano resultará na remoção das principais barreiras de cunho tecnológico, que impendem a maturidade e a difusão da tecnologia em escala comercial, podendo-se citar:

- Falta de consenso sobre qual é a tecnologia dominante de pilha a combustível a etanol direto, com dificuldade de operação em altas capacidade, por longo período e com estabilidade térmica;
- Baixo nível de prontidão tecnológica, podendo caminhar para mais altos TRL ou não. Denota a necessidade de suporte à pesquisa para desenvolvimento e teste a fim de provar a viabilidade da tecnologia;
- A produção da tecnologia ocorre apenas a nível de pesquisa e precisa de avanços para futura difusão no mercado, além de depender diretamente do desenvolvimento no mercado internacional, em uma tecnologia que não considera vantagens competitivas do país (hidrogênio).

Este PAT, como dito anteriormente, priorizou a remoção de entraves de cunho científico-tecnológico, pois, sem a remoção destes, não será possível lidar com questões relacionadas à difusão da tecnologia. Barreiras de mercado e financeiras, como possível custo elevado ao consumidor final, são, ainda, muito importantes, mas nunca viriam a ser realidade caso as primeiras não sejam vencidas.

³ Segundo as definições atuais de TRL da União Europeia, um nível entre 3 e 4 representa uma tecnologia que está em transição de um *proof of concept* experimental para validação de componentes em laboratório.



Figura 8 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Como previamente citado, o presente Plano é dividido em duas fases. Para desenvolvimento da primeira, são listadas atividades visando construir um protótipo de sistema completo, de aplicações variadas, desde a manufatura das peças constituintes dos empilhamentos até a elaboração de um balanço de planta, que foca a organização de todos os sistemas auxiliares necessários para o funcionamento da pilha. A segunda fase é constituída por projetos maiores, visando ao aumento de escala de bancada para semi-industrial, que culmina no acoplamento de um protótipo-piloto e todo seu balanço de planta em um veículo para testes e operação em condições reais.

A confecção do PAT foi guiada, em primeiro momento, e, principalmente, nas ações referentes à manufatura de peças e balanço de planta, por um projeto da Marinha norte-americana de desenvolvimento de protótipos de PaCOS com reformadores de etanol acoplados com aplicações diversas (ACI TECHNOLOGIES, 2011). Partindo dessa base, propõe-se expansão e especificação para a tecnologia em questão. O estudo foi considerado como base válida levando em conta a natureza modular da PaCOS e tendo em vista que as atividades de prototipação não diferenciaram tanto.

Ação 1 e atividades relacionadas

A Ação 1 refere-se a um conjunto de medidas para preparação das atividades do Plano, com desenho geral de projeto e criação de protocolos para obtenção de matéria-prima.

A primeira atividade da referida ação consiste em elaborar um projeto executivo com o objetivo de dimensionar a equipe, selecionar responsáveis e contratar mão de obra especializada capaz de coordenar a execução das diferentes etapas do Plano. Mais do que isso, deve ser elaborado e implantado um plano de comunicação visando à identificação do público-alvo do PAT, bem como à divulga-

ção e à disseminação de resultados das diferentes ações e atividades com vistas a atrair potenciais parceiros. A segunda atividade refere-se à síntese em pequena escala de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito. Utiliza-se de matéria-prima majoritariamente cerâmica, e é necessário certo controle de qualidade do produto adquirido para a manufatura envolvida na atividade. A terceira e última atividade objetiva garantir a qualidade do produto sintetizado na bancada, sugerindo-se o desenvolvimento de um protocolo de qualidade a ser aplicado tanto na matéria-prima cerâmica adquirida quanto nas suspensões cerâmicas produzidas.

Quadro 23 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – ARRANJOS DE IMPLEMENTAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO PROJETO, E ETAPA DE SÍNTESE, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE CONTROLE DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA CERÂMICA PARA PRODUÇÃO DO CATODO, DO ANODO E DO ELETRÓLITO	
Subatividade 1.1	Elaboração do projeto executivo e do plano de comunicação, seleção e contratação das equipes responsáveis pela implantação do projeto
Subatividade 1.2	Síntese em pequena escala de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito
Subatividade 1.3	Desenvolvimento e aplicação de protocolo de controle de qualidade da matéria-prima cerâmica, composto por métodos analíticos, dimensionamento de amostras e controle de qualidade após a produção

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 consiste na produção e na caracterização das PaCOS unitárias. Tem como primeira atividade a seleção do tipo de PaCOS – planar, tubular, entre outros – e da organização espacial de seus componentes, assim como seleção dos processos de produção dos catodos, dos anodos e dos eletrólitos a partir das suspensões confeccionadas na Ação 1,

utilizando como base, também, as patentes referenciadas e a literatura. A segunda atividade desta ação refere-se à manufatura em escala de bancada do projeto definido na subatividade 2.1. A última atividade desta ação dá-se pela caracterização por métodos analíticos para controle de qualidade das células unitárias.

Quadro 24 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PILHAS A COMBUSTÍVEL DE ÓXIDO SÓLIDO (PACOS) UNITÁRIAS	
Subatividade 2.1	Elaboração de projeto das PaCOS unitárias com seleção da estrutura delas e das tecnologias para formação de eletrólito e eletrodos
Subatividade 2.2	Produção em pequena escala das PaCOS unitárias em colaboração com empresa parceira
Subatividade 2.3	Caracterização das PaCOS unitárias para determinação de conformidade

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

A Ação 3 consiste na manufatura e na aplicação de ciclos de testes dos dispositivos interconectores e das placas de base e de topo para os empilhamentos.

A primeira atividade desta ação refere-se ao *design* dos interconectores e das placas de base e topo pela equipe permanente do projeto, com envolvimento de uma ou mais empresas que sejam altamente qualificadas para corte de metal, de forma a antecipar possíveis limitações, como a falta de precisão necessária dispo-

nível no mercado ou a falta de padrão de corte para esse tipo de aplicação. A segunda atividade da ação consiste na fabricação de fato, em pequena escala, dos interconectores e das placas de base e de topo por manipulação e corte do metal dentro dos padrões de *design* dos empilhamentos. A última atividade refere-se ao desenvolvimento e à aplicação de um ciclo de testes em cima dos produtos fabricados, visando à determinação de conformidade e à otimização do componente para redução de custos.

Quadro 25 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE CICLOS DE TESTES DOS DISPOSITIVOS INTERCONECTORES E DAS PLACAS DE BASE E DE TOPO	
Subatividade 3.1	Elaboração de projeto dos interconectores e das placas de base e de topo
Subatividade 3.2	Fabricação em pequena escala dos interconectores e das placas de base e de topo por empresa de manipulação de metal
Subatividade 3.3	Desenvolvimento e aplicação de ciclo de testes visando à determinação de conformidade e à otimização do componente para redução de custos

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

A Ação 4 consiste na manufatura e na caracterização de revestimentos e selantes para os empilhamentos.

A primeira atividade objetiva o desenvolvimento de processos em escala laboratorial para produção e aplicação de revestimentos para componentes do empilhamento e selantes, visando à máxima estabilidade física e térmica e à melhor *performance* possível dos

empilhamentos. Em seguida, deve ser realizada consulta de mercado por matérias-primas para revestimentos e selantes, sendo esses materiais selecionados por critérios de disponibilidade e requerimentos de *performance*. Por fim, deve ser realizada a caracterização por métodos analíticos para controle de qualidade da aplicação dos selantes e revestimentos.

Quadro 26 – Ação 4 e atividades relacionadas

Quadro 26 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS E SELANTES	
Subatividade 4.1	Desenvolvimento de processos em escala laboratorial para produção e aplicação de revestimentos para componentes do empilhamento e selantes
Subatividade 4.2	Consulta de vendedores das matérias-primas para revestimentos e selantes e seleção dos materiais por disponibilidade e requerimentos
Subatividade 4.3	Experimentos para caracterização (desempenho elétrico e térmico, densidade, uniformidade e espessura dos revestimentos e dos selantes)

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

A Ação 5 consiste na manufatura e na caracterização do sistema de alojamento em que os empilhamentos serão suportados.

A primeira atividade refere-se à escolha de materiais e estruturas com base nos parâmetros de operação e no projeto das PaCOS unitárias e dos interconectores e das placas de base e de topo, para escolha de melhores materiais e estruturas para fabricação dos sistemas que irão alojar os empilhamentos dos módulos unitários das pilhas a combustível. Na segunda

atividade, por sua vez, devem ser conduzidas consultas a vendedores dos materiais e de empresas especializadas na fabricação dos sistemas, para escolha da opção de melhor custo-benefício. A terceira atividade consiste na aquisição dos materiais, após a pesquisa de mercado, para, então, fabricar os sistemas de alojamento. Por fim, tem-se a caracterização de sistemas e componentes por métodos analíticos, visando à determinação de conformidade estrutural, de forma que os sistemas tenham qualidade apropriada para alojar os empilhamentos.

Quadro 27 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ALOJAMENTO DOS EMPILHAMENTOS	
Subatividade 5.1	Escolha de materiais e estruturas com base nos parâmetros de operação e no projeto das PaCOS unitárias e dos interconectores e das placas de base e de topo
Subatividade 5.2	Consulta a vendedores dos materiais e de empresas especializadas na fabricação dos sistemas
Subatividade 5.3	Aquisição dos materiais e fabricação dos sistemas
Subatividade 5.4	Caracterização de sistemas e componentes visando à determinação de conformidade

Elaboração do autor.

Ação 6 e atividades relacionadas

A Ação 6 tem como foco a produção dos sistemas que compõem o balanço de planta, sendo eles os subsistemas de condicionamento de reagentes e produtos, manejo térmico, condicionamento da potência elétrica produzida, controle e monitoramento.

A primeira atividade consiste na elaboração do projeto do conjunto do balanço de planta e escolha de tecnologia, estrutura e materiais dos componentes, para satisfação das condições de operação especificadas. O balanço de planta é responsável pela integração dos componentes de um sistema de engenharia, fazendo-o funcionar de fato. Sugere-se que, durante o projeto, ocorra levantamento prévio e até antecipação de contato com empresas fabricantes ou montadoras de trocadores de calor, fornecedores de sistemas de bombeamento, empresas altamente qualificadas para solda de metal, fornecedores de sistemas de controle e monitoramento e empresas especializadas em eletrônica de po-

tência, que serão responsáveis pela confecção ou venda dos sistemas a serem utilizados no balanço de planta.

A segunda atividade refere-se à seleção, no mercado, de sistemas disponíveis, de forma que, ao adquiri-los, haja maior certeza de que são aqueles com melhor custo-benefício. Em seguida, é elaborado o projeto de componentes especiais em caso de indisponibilidade de equipamentos comerciais, identificando os materiais e os métodos de produção e montagem mais adequados para a aplicação, evitando que o balanço de planta fique incompleto. Na quarta atividade, tem-se a aquisição dos sistemas selecionados e a produção daqueles componentes especiais identificados, completando o *design* do balanço de planta. Por fim, são conduzidos em testes de todos os sistemas e componentes, adquiridos ou fabricados, garantindo que esses possuem o desempenho, a durabilidade e a eficiência necessários para operação ótima do balanço de planta.

Quadro 28 – Ação 6 e atividades relacionadas

AÇÃO 6 – PRODUÇÃO E TESTES DE SISTEMAS E COMPONENTES DO BALANÇO DE PLANTA (SUBSISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE REAGENTES E PRODUTOS, MANEJO TÉRMICO, CONDICIONAMENTO DA POTÊNCIA ELÉTRICA PRODUZIDA, CONTROLE E MONITORAMENTO)	
Subatividade 6.1	Projeto do conjunto do balanço de planta e escolha de tecnologia, estrutura e materiais dos componentes, com foco na satisfação das condições de operação especificadas
Subatividade 6.2	Seleção de sistemas disponíveis comercialmente, com foco em redução de custos
Subatividade 6.3	Projeto de componentes especiais em caso de indisponibilidade de equipamentos comerciais, identificando os materiais e os métodos de produção e montagem mais adequados para a aplicação
Subatividade 6.4	Aquisição dos sistemas comerciais selecionados e produção dos componentes especiais por empresas especializadas
Subatividade 6.5	Testes de sistemas e componentes (desempenho, durabilidade e eficiência) visando à determinação de conformidade

Elaboração do autor.

Ação 7 e atividades relacionadas

A Ação 7 consiste na montagem dos empilhamentos, com todos os elementos das outras ações.

Na primeira atividade são mapeados, junto à literatura, métodos que sejam escaláveis para o empilhamento em questão, para, em seguida, ser criada a infraestr-

tura laboratorial para montagem de empilhamentos. Por sua vez, a segunda atividade consiste na montagem dos empilhamentos de fato, utilizando os métodos e as infraestruturas da atividade anterior, incluindo aplicação de selantes e revestimentos.

Quadro 29 – Ação 7 e atividades relacionadas

AÇÃO 7 – MONTAGEM DOS EMPILHAMENTOS	
Subatividade 7.1	Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura laboratorial de montagem de empilhamentos
Subatividade 7.2	Montagem dos empilhamentos, incluindo aplicação de selantes e revestimentos

Elaboração do autor.

Ação 8 e atividades relacionadas

A Ação 8 consiste na ativação, que é necessária para o funcionamento das pilhas em conjunto, e no teste dos empilhamentos previamente montados.

A primeira atividade objetiva a elaboração do projeto e a construção de equipamento laboratorial capaz de condicionar os empilhamentos, para realizar selagem, aumento do contato entre as partes e elevação da temperatura das pilhas. Na segunda atividade, tem-se o desenvolvimento e a aplicação de rotinas de teste

para checagem de vazamentos após condicionamento, para garantir impermeabilização e reduzir riscos de quebra de equipamento. Em seguida, é elaborado o projeto e realizada a construção de equipamento laboratorial capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos, similar à primeira atividade. A quarta atividade consiste no desenvolvimento e na aplicação de rotinas de testes de desempenho eletroquímico após ativação, similar à segunda atividade, mas com foco em desempenho eletroquímico.

Quadro 30 – Ação 8 e atividades relacionadas

AÇÃO 8 – ATIVAÇÃO E TESTE DOS EMPILHAMENTOS	
Subatividade 8.1	Projeto e construção de equipamento laboratorial capaz de condicionar os empilhamentos (selagem, aumento do contato entre as partes e elevação da temperatura das pilhas)
Subatividade 8.2	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de teste para checagem de vazamentos após condicionamento
Subatividade 8.3	Projeto e construção de equipamento laboratorial capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos
Subatividade 8.4	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho eletroquímico após ativação

Elaboração do autor.

Ação 9 e atividades relacionadas

A Ação 9 refere-se à montagem e ao teste do balanço de planta para garantia de integração de todos os subsistemas junto aos empilhamentos.

A primeira atividade consiste em identificar métodos e criar infraestrutura laboratorial de montagem do balanço de planta. A identificação dos métodos pode utilizar como base outras pilhas a combustível com características de balanço de planta similares, de maneira a garantir um processo robusto. Em seguida, tem-se a

montagem do balanço de planta, integrando os subsistemas manufaturados ou adquiridos ao empilhamento completo. A última atividade refere-se, como de praxe, ao desenvolvimento e à aplicação de rotinas de testes de desempenho dos componentes do balanço de planta e do conjunto, para garantir a *performance* adequada. Tem suma importância para a futura montagem do protótipo laboratorial e deve levar em consideração testes já realizados na subatividade 6.5, que foram realizados individualmente nos subsistemas do balanço de planta.

Quadro 31 – Ação 9 e atividades relacionadas

AÇÃO 9 – MONTAGEM E TESTE DO BALANÇO DE PLANTA	
Subatividade 9.1	Identificação de métodos e criação de infraestrutura laboratorial de montagem do balanço de planta
Subatividade 9.2	Montagem do balanço de planta
Subatividade 9.3	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho dos componentes do balanço de planta e do conjunto

Elaboração do autor.

Ação 10 e atividades relacionadas

Nesta ação é realizada a montagem, a caracterização e os testes em laboratório do protótipo-sistema completo, demarcando o objetivo da Fase 1 do PAT. Trata-se da etapa que culmina no primeiro protótipo em nível de prontidão tecnológica TRL 5.

A primeira atividade consiste na identificação de métodos escaláveis e na criação de infraestrutura laborato-

rial de acoplamento do empilhamento com o sistema de alojamento e com o balanço de planta, de forma a simular um sistema completo. Na atividade seguinte, tem-se a execução dos métodos da atividade anterior, para, de fato, criar o sistema completo. Por fim, é desenvolvida e aplicada a rotinas de testes de desempenho do sistema completo e feita a comparação de resultados com outros protótipos existentes.

Quadro 32 – Ação 10 e atividades relacionadas

AÇÃO 10 – MONTAGEM, CARACTERIZAÇÃO E TESTES EM LABORATÓRIO DO PROTÓTIPO-SISTEMA COMPLETO	
Subatividade 10.1	Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura laboratorial de acoplamento do empilhamento com o sistema de alojamento e com o balanço de planta
Subatividade 10.2	Acoplamento do empilhamento com o sistema de alojamento e com o balanço de planta
Subatividade 10.3	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho do sistema completo em nível de prontidão tecnológica 5 (TRL 5)

Elaboração do autor.

Ação 11 e atividades relacionadas

A Ação 11 consiste na redação e no depósito de patentes de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos.

Sua primeira atividade refere-se à discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer divulgação científica. Sua segunda atividade consiste em extensa revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes sobre materiais, dispositivos, sistemas,

programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, para auxiliar na próxima atividade. A última atividade, por fim, é referente à redação e ao depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa, para proteção da propriedade intelectual de vanguarda desenvolvida ao elevar o TRL da tecnologia. Cumpre ressaltar que foram estimados custo e cronograma de implementação compatíveis com a redação e o depósito das patentes, quais sejam, de dois anos e R\$ 150 mil, respectivamente.

Quadro 33 – Ação 11 e atividades relacionadas

AÇÃO 11 – REDAÇÃO E DEPÓSITO DE PATENTES DE MATERIAIS, DISPOSITIVOS, SISTEMAS, PROGRAMAS OU PROCESSOS	
Subatividade 11.1	Discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer divulgação científica
Subatividade 11.2	Revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes
Subatividade 11.3	Redação e depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa

Elaboração do autor.

Ação 12 e atividades relacionadas

A Ação 12 consiste em avaliar a viabilidade do protótipo, com uma única atividade, que elabora e dissemina um estudo que apontará elementos para avaliação técnica-econômica da aplicação do protótipo em veículos e/ou geração estacionária. Essa ação demarca o fim da Fase 1 do Plano.

nico-econômica da aplicação do protótipo em veículos e/ou geração estacionária. Essa ação demarca o fim da Fase 1 do Plano.

Quadro 34 – Ação 12 e atividades relacionadas

AÇÃO 12 – VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO PROTÓTIPO-SISTEMA COMPLETO EM APLICAÇÕES VARIADAS, EM ÂMBITO VEICULAR OU ESTACIONÁRIO, COMO ELEMENTO ISOLADO OU EM REDE	
Subatividade 12.1	Elaboração e disseminação de estudo acerca das possibilidades de utilização do protótipo-sistema completo em aplicações variadas, em âmbito veicular ou estacionário, como elemento isolado ou em rede
FIM DA FASE 1	

Elaboração do autor.

Ação 13 e atividades relacionadas

A Ação 13 consiste no aumento de escala e na adaptação laboratorial e de processos de produção dos componentes do empilhamento desenvolvidos.

A primeira atividade é referente ao aumento de escala da síntese de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito, abrangendo a adaptação dos processos, a criação de infraestrutura, a produção e o controle de qualidade. Em seguida, tem-se a elaboração do projeto e a aplicação de processos pré-industriais contínuos de formação e deposição de eletrólito e ele-

trodos, bem como a criação de infraestrutura adequada. A subatividade 13.3 objetiva o desenvolvimento de novo procedimento de controle de qualidade para as pilhas unitárias, com caráter semi-industrial, utilizando os processos de bancada como base. A atividade seguinte consiste no aumento de escala da produção de interconectores e placas de base e de topo. Por fim, tem-se as validações finais e os testes de conformidade dos revestimentos e dos selantes produzidos. Trata-se de uma atividade análoga à desenvolvida na Ação 4, com caráter de aumento de escala e produtização.

Quadro 35 – Ação 13 e atividades relacionadas

AÇÃO 13 – AUMENTO DE ESCALA E ADAPTAÇÃO LABORATORIAL E DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DOS COMPONENTES DO EMPILHAMENTO	
Subatividade 13.1	Aumento de escala da síntese de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito: adaptação dos processos, criação de infraestrutura, produção e controle de qualidade
Subatividade 13.2	Projeto e aplicação de processos pré-industriais contínuos de formação e deposição de eletrólito e eletrodos e criação de infraestrutura adequada
Subatividade 13.3	Desenvolvimento e uso de procedimento de controle de qualidade das PaCOS unitárias, com foco em espessura, topografia e homogeneidade dos materiais, e testes de desempenho eletroquímico
Subatividade 13.4	Aumento de escala da produção de interconectores e placas de base e de topo: adaptação dos processos, criação de infraestrutura, produção e controle de qualidade
Subatividade 13.5	Adaptação dos processos de produção de revestimentos e selantes para escala-piloto e criação da infraestrutura necessária. Validações finais e testes de conformidade dos revestimentos e selantes dos produzidos

Elaboração do autor.

Ação 14 e atividades relacionadas

A Ação 14 refere-se ao aumento de escala da produção dos sistemas de alojamento dos empilhamentos desenvolvidos na Fase 1.

A primeira atividade consiste em pesquisa de melhores práticas industriais para corte e montagem de isola-

mento elétrico e térmico e para fabricação da estrutura de suporte mecânico. A atividade seguinte trata da aplicação das técnicas requisitadas para o aumento de escala da produção dos sistemas de alojamento dos empilhamentos, bem como controle de qualidade e desenvolvimento de processos de inspeção.

Quadro 36 – Ação 14 e atividades relacionadas

AÇÃO 14 – AUMENTO DE ESCALA DA PRODUÇÃO DOS SISTEMAS DE ALOJAMENTO DOS EMPILHAMENTOS	
Subatividade 14.1	Pesquisa de melhores práticas industriais para corte e montagem de isolamento elétrico e térmico e para fabricação da estrutura de suporte mecânico. Construção da infraestrutura necessária
Subatividade 14.2	Aplicação das técnicas requisitadas para o aumento de escala da produção dos sistemas de alojamento dos empilhamentos. Controle de qualidade e desenvolvimento de processos de inspeção

Elaboração do autor.

Ação 15 e atividades relacionadas

A Ação 15 consiste na montagem dos balanços de planta em escala-piloto e controle de qualidade para garantia de funcionamento ótimo.

A primeira atividade refere-se à aplicação de possíveis modificações e substituições de componentes comerciais e especiais do balanço de planta, visando ao aumento da eficiência e à diminuição do custo. Adicionalmente, abrange o teste dos componentes

substituídos. A atividade seguinte objetiva o desenvolvimento de processos pré-industriais e de infraestrutura de fabricação e montagem de sistemas e componentes, baseando-se, sempre que possível, em melhores práticas para PaCOS. Por fim, é realizada a montagem dos balanços de planta-piloto e controle de qualidade por inspeção pós-montagem, com evolução dos processos de controle de qualidade anteriormente criados (Ação 6).

Quadro 37 – Ação 15 e atividades relacionadas

AÇÃO 15 – MONTAGEM DOS BALANÇOS DE PLANTA EM ESCALA-PILOTO E CONTROLE DE QUALIDADE	
Subatividade 15.1	Aplicação de possíveis modificações e substituições de componentes comerciais e especiais do balanço de planta, visando ao aumento da eficiência e à diminuição do custo. Teste dos componentes substituídos
Subatividade 15.2	Desenvolvimento de processos pré-industriais e de infraestrutura de fabricação e montagem de sistemas e componentes
Subatividade 15.3	Montagem dos balanços de planta-piloto e controle de qualidade por inspeção pós-montagem

Elaboração do autor.

Ação 16 e atividades relacionadas

A Ação 16 consiste na montagem dos empilhamentos-piloto tipo cabeça de série e na inspeção dos processos automatizados, garantindo qualidade pré-industrial.

A primeira atividade refere-se à identificação de métodos de montagem escaláveis do empilhamento, de laboratorial para piloto tipo cabeça de série, tendo como base os métodos elencados na Ação 8. Na atividade seguinte, são construídos os equipamentos para montagem de empilhamentos em escala-piloto tipo cabeça de série,

utilizando como base o que existe na indústria. A próxima etapa trata da montagem dos empilhamentos-piloto tipo cabeça de série empregando métodos automatizáveis, para reduzir riscos e garantir maior uniformidade. Por fim, são desenvolvidas e aplicadas sistemáticas e ferramentas capazes de inspecionar os processos automatizados, visando à determinação de conformidade. Ressalta-se que a atividade demanda ampla revisão não só na indústria de pilhas a combustível, mas de qualquer processo de montagem de alta precisão industrial.

Quadro 38 – Ação 16 e atividades relacionadas

AÇÃO 16 – MONTAGEM DOS EMPILHAMENTOS-PILOTO TIPO CABEÇA DE SÉRIE E INSPEÇÃO DOS PROCESSOS AUTOMATIZADOS	
Subatividade 16.1	Identificação de métodos de montagem escaláveis do empilhamento, de laboratorial para piloto tipo cabeça de série
Subatividade 16.2	Construção de equipamentos em parceria para montagem de empilhamentos em escala-piloto tipo cabeça de série
Subatividade 16.3	Montagem dos empilhamentos-piloto tipo cabeça de série empregando métodos automatizáveis
Subatividade 16.4	Desenvolvimento e aplicação de sistemáticas e ferramentas capazes de inspecionar os processos automatizados, visando à determinação de conformidade

Elaboração do autor.

Ação 17 e atividades relacionadas

A Ação 17 consiste na ativação e no teste dos empilhamentos-piloto tipo cabeça de série.

Inicialmente, tem-se o projeto e a construção de equipamento-piloto capaz de condicionar os empilhamentos tipo cabeça de série. Trata-se de uma atividade análoga à executada na Ação 8, abrangendo as modificações necessárias em função da maior escala do protótipo. Em seguida, são desenvolvidas e aplicadas rotinas de teste de nível pi-

loto para checagem de vazamentos após condicionamento. Consiste em uma evolução dos testes realizadas na Ação 8 para atual nível pré-industrial. A terceira atividade refere-se ao projeto e à construção de equipamento-piloto capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos tipo cabeça de série. Por fim, tem-se o desenvolvimento e a aplicação de rotinas de testes do desempenho eletroquímico dos empilhamentos de nível piloto após ativação, que seguem a mesma metodologia da subatividade 17.2.

Quadro 39 – Ação 17 e atividades relacionadas

AÇÃO 17 – ATIVAÇÃO E TESTE DOS EMPILHAMENTOS-PILOTO TIPO CABEÇA DE SÉRIE	
Subatividade 17.1	Projeto e construção de equipamento-piloto capaz de condicionar os empilhamentos tipo cabeça de série
Subatividade 17.2	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de teste de nível piloto para checagem de vazamentos após condicionamento
Subatividade 17.3	Projeto e construção de equipamento-piloto capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos tipo cabeça de série
Subatividade 17.4	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes do desempenho eletroquímico dos empilhamentos de nível piloto após ativação

Elaboração do autor.

Ação 18 e atividades relacionadas

A Ação 18 consiste na montagem, na caracterização e no teste do sistema-piloto completo tipo cabeça de série, garantindo qualidade compatível com o novo protótipo.

A primeira etapa trata da identificação de métodos escaláveis e da criação de infraestrutura-piloto de acoplamento dos empilhamentos com os sistemas de alojamentos e com os balanços de planta. É uma etapa análoga à executada na Ação 10, e igualmente crucial para o sucesso do

protótipo-piloto da Fase 2, porém com foco em aplicação veicular. A subatividade 18.2 abrange o acoplamento dos empilhamentos tipo cabeça de série, levando em consideração o tipo de veículo e as prováveis condições de uso do sistema completo na operação-piloto. Nessa etapa, é crucial o envolvimento de empresas automobilísticas visando à validação dos resultados. A última etapa objetiva o desenvolvimento de testes levando em consideração o perfil de utilização do veículo em que a tecnologia será aplicada.

Quadro 40 – Ação 18 e atividades relacionadas

AÇÃO 18 – MONTAGEM, CARACTERIZAÇÃO E TESTE DO SISTEMA-PILOTO COMPLETO TIPO CABEÇA DE SÉRIE	
Subatividade 18.1	Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura-piloto de acoplamento dos empilhamentos com os sistemas de alojamentos e com os balanços de planta
Subatividade 18.2	Acoplamento dos empilhamentos tipo cabeça de série com os sistemas de alojamento e com os balanços de planta empregando equipamento-piloto
Subatividade 18.3	Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho dos sistemas completos tipo cabeça de série montados, empregando equipamento-piloto, visando à determinação de conformidade

Elaboração do autor.

Ação 19 e atividades relacionadas

A Ação 19 consiste na instalação e no teste do sistema-piloto em condições reais de utilização embarcado em veículo elétrico a pilha a combustível.

A primeira atividade é referente à identificação do tipo de veículo para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto em condições reais de utilização e sua aquisição. Em seguida, são projetados a instalação e o

modo de funcionamento para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto tipo cabeça de série em condições reais de utilização. Por fim, tem-se o teste do sistema em condições reais de utilização embarcado em veículo para atingir TRL 7. Etapa crucial desta etapa é a comparação com outros sistemas-piloto embarcados em veículos, ainda que considerando tecnologias de pilha a combustível diferentes.

Quadro 41 – Ação 19 e atividades relacionadas

AÇÃO 19 – INSTALAÇÃO E TESTE DO SISTEMA-PILOTO EM CONDIÇÕES REAIS DE UTILIZAÇÃO EMBARCADO EM VEÍCULO ELÉTRICO A PILHA A COMBUSTÍVEL	
Subatividade 19.1	Identificação do tipo de veículo para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto em condições reais de utilização e sua aquisição
Subatividade 19.2	Projeto da instalação e do modo de funcionamento para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto tipo cabeça de série em condições reais de utilização
Subatividade 19.3	Teste do sistema-piloto tipo cabeça de série em condições reais de utilização embarcado em veículo para atingir nível de maturidade tecnológica 7 (TRL 7)

Elaboração do autor.

Ação 20 e atividades relacionadas

A Ação 20 consiste na redação e no depósito de patentes de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos. Trata-se de uma atividade análoga à realizada na Ação 11, contudo, abrangendo um volume de trabalho e, conseqüentemente, de custos, significativamente maior.

A primeira atividade refere-se à discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer

divulgação científica. Em seguida, deve-se realizar revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes sobre materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto. Por fim, tem-se a redação e o depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa. O prazo de implementação desta atividade é compatível com a complexidade (24 meses) e o custo de depósito das patentes (R\$ 450 mil).

Quadro 42 – Ação 20 e atividades relacionadas

AÇÃO 20 – REDAÇÃO E DEPÓSITO DE PATENTES DE MATERIAIS, DISPOSITIVOS, SISTEMAS, PROGRAMAS OU PROCESSOS	
Subatividade 20.1	Discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer divulgação científica
Subatividade 20.2	Revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes sobre materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto
Subatividade 20.3	Redação e depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa

Elaboração do autor.

Ação 21 e atividades relacionadas

A última ação do PAT consiste na disseminação dos resultados do projeto e no encaminhamento de próximos passos para desenvolvimento da tecnologia.

A primeira atividade trata da elaboração dos relatórios finais do projeto, junto a ações de comunicação dos resultados, em que produtos seriam *policy briefs*, *fact sheets*, além de evento de divulgação dos resultados

do projeto. A última atividade consiste na montagem de uma cartilha e proposta de projeto para difusão da tecnologia no país, com presença de uma minuta de projeto para desenvolvimento da tecnologia para TRLs 8 e 9, preparando o terreno para além do escopo do Plano. Nesta etapa, é crucial o monitoramento do profissional responsável pela implementação do plano de comunicação do PAT.

Quadro 43 – Ação 21 e atividades relacionadas

AÇÃO 21 – DISSEMINAÇÃO DOS RESULTADOS FINAIS DO PROJETO E PRÓXIMOS PASSOS DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA	
Subatividade 21.1	Elaboração dos relatórios finais do projeto e ações de comunicação dos resultados
Subatividade 21.2	Cartilha e proposta de projeto para difusão da tecnologia no país
FIM DA FASE 2	

Elaboração do autor.

3.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

Para implementação do plano de ação, diversos *stakeholders*, sejam da academia, sejam da indústria, do setor público ou privado, são necessários. A heterogeneidade de atores envolvidos é fundamental para a robustez das decisões tomadas durante a execução das atividades, implicando maior qualidade dos produtos entregues ao final de cada etapa.

Como trata-se de um Plano com grande caráter tecnológico de vanguarda, que pode produzir tecnologia inexistente em âmbito nacional e internacional, e de caráter estratégico para o setor de transportes e de etanol no país, entende-se que o MCTI deveria estar envolvido na coordenação. O MCTI também poderia propor arranjos de implementação do Plano que contemplem um Comitê Técnico Consultivo. Este Comitê poderia ser composto pelo MME, pelo MDR e pela ANP.

Para a execução das atividades do Plano, entende-se que deve ser montada uma equipe técnica por ação, sendo esta sempre formada, pelo menos em parte, por

membros de um ou mais institutos e centros de pesquisa de referência, que deverão atuar sob a coordenação do MCTI.

Algumas atividades envolvem construção de infraestrutura. Entende-se que seria necessária a fundação de uma *startup*, de maneira a industrializar e profissionalizar os processos desde a Fase 1, de forma que esta atuaria como uma empresa satélite para a equipe técnica.

Outros atores que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia, ou cujas missões podem contribuir aos propósitos do PAT, devem ser destacados: i) potenciais agentes financiadores de atividades do Plano (ME, Finep, BNDES, CNPq, Embrapii); ii) empresas especializadas em PaCOS (Adelan Ltd., Aisin Seiki Co., Bloom Energy, Ceres Power Plc., Convion Ltd., Elcogen AS, Energiah Ltda., Hexis AG, entre outras); iii) empresas prestadoras de serviços variados; e iv) certificadoras de qualidade (Inmetro).

Quadro 44 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Poderia atuar na coordenação de implementação do PAT.
MME	O MME estabelece as diretrizes para a elaboração de políticas públicas para o setor energético e coordena a elaboração e a implementação dos instrumentos do planejamento energético brasileiro, tais como o Plano Decenal de Expansão de Energia, o Plano Nacional de Energia e o Balanço Energético Nacional, além da coordenação de sistemas de informações energéticas. O MME poderia ser responsável pelo Comitê Técnico Consultivo do PAT.
MDR	O MDR foi criado em janeiro de 2019 com o desafio de integrar, em uma única Pasta, as diversas políticas públicas de infraestrutura urbana e de promoção do desenvolvimento regional e produtivo. Em virtude do alinhamento de ações do PAT com a missão do MDR, este Ministério poderia compor o Comitê Técnico Consultivo.
ANP	A ANP é o órgão federal responsável pela regulação das indústrias de petróleo e gás natural e de biocombustíveis no Brasil. Poderia compor o Comitê Técnico Consultivo do PAT.
Institutos e centros de pesquisa de referência na área	Poderiam atuar no <i>design</i> das células e no empilhamento, na execução de atividades nos processos e no controle de qualidade. Seriam os principais parceiros técnicos e responsáveis pela prototipagem.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar na mobilização de atores visando ao financiamento das ações do PAT.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica, para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
Empresas especializadas em PaCOS	Empresas internacionais especializadas em pilhas a combustível de óxido sólido. Atuam pela prestação de serviços por execução de atividades, acompanhamento ou ações consultivas a nível de projeto.
Empresas variadas	Prestação dos seguintes serviços (participação em diversas ações): i) corte de metal altamente qualificado; ii) venda ou fabricação de trocadores de calor; iii) venda ou fabricação de bombas e/ou sistemas de bombeamento; iv) venda de revestimentos e/ou selantes; v) solda de metal altamente qualificada; vi) venda de sistemas de controle e monitoramento; vii) venda de sistemas eletrônicos de potência; viii) confecção e depósito de patentes.
Inmetro	Autarquia federal, provedor de infraestrutura facilitadora de soluções para gerar confiança, qualidade e competitividade aos produtos e serviços de organizações brasileiras. Ator auxiliar, principalmente nos processos de controle de qualidade, com ações consultivas para desenvolvimento de técnicas adequadas de gestão da qualidade. Poderia atuar nas Ações 1, 4 e 6.
Cetem	O Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) é a instituição de pesquisa que atua em projetos para atender a empresas dos setores minerometalúrgico, de petróleo, químico e de materiais. Ator auxiliar, seja com ações consultivas, seja com execução de atividades, na caracterização tecnológica de materiais de alta performance. Poderia atuar nas Ações 1 e 4.
Inpi	O Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (Inpi) é uma autarquia federal executora de normas para regulamentação de propriedades intelectuais em território brasileiro. Ator auxiliar que realiza o processo de deposição de patentes no Brasil. Poderia atuar nas Ações 11 e 20.
Empresas automobilísticas	Poderiam ser envolvidas como público-alvo nas Ações 12 e 21.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de seis anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do PAT de veículos elétricos a pilha a combustível a etanol.

O Plano é dividido em duas fases, com a primeira finalizando ao final do terceiro ano, e a segunda ao final do sexto ano. São planejadas de maneira sequencial, de forma que não faz sentido o início da Fase 2 sem conclusão da primeira, inclusive esta depende do sucesso da anterior.

As Ações de 1 a 6 podem ser executadas concomitantemente, visto que produzem partes de um todo. Nas

Ações 7 a 10, as partes do protótipo são conectadas e testadas, de forma que cada ação depende, pelo menos em parte, da que a precede. As Ações 11 e 12 não possuem caráter de manufatura e engenharia, como as anteriores, de forma que a Ação 11 percorre toda a Fase 1, e a Ação 12 necessita dos resultados das outras ações para elaboração de um estudo.

As Ações da Fase 2 do projeto, com exceção da 13 e da 14, possuem interdependência com as anteriores. As Ações 20 e 21 possuem caráter similar às Ações 11 e 12, com a primeira ocorrendo durante toda a extensão da Fase 2 e a segunda dependendo de resultados das outras.

Quadro 45 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■																	
1.2	■	■																
1.3	■	■																
2.1	■	■																
2.2		■	■															
2.3			■	■														
3.1	■	■																
3.2		■	■															
3.3			■	■														
4.1	■	■																
4.2		■	■															
4.3			■	■														
5.1		■	■															
5.2		■	■															
5.3			■	■														
5.4				■	■													

continua

continuação

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
6.1	■	■																
6.2	■	■	■															
6.3		■	■															
6.4		■	■	■														
6.5			■	■	■													
7.1		■	■															
7.2			■	■	■													
8.1		■	■															
8.2			■	■	■													
8.3		■	■															
8.4			■	■	■													
9.1			■	■														
9.2				■	■													
9.3					■	■												
10.1			■	■														
10.2				■	■													
10.3					■	■												
11.1	■	■	■	■	■													
11.2		■	■	■	■													
11.3			■	■	■	■												
12.1				■	■	■												
13.1							■											
13.2							■	■										
13.3								■	■									
13.4							■	■	■									
13.5							■	■	■									
14.1							■	■										
14.2								■	■									

continua

continuação

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
15.1							■	■	■									
15.2								■	■									
15.3									■	■								
16.1							■	■										
16.2								■	■									
16.3									■	■								
16.4									■	■	■							
17.1								■	■									
17.2									■	■								
17.3								■	■									
17.4									■	■	■							
18.1									■	■								
18.2										■	■							
18.3										■	■	■						
19.1							■	■	■									
19.2								■	■	■								
19.3									■	■	■	■						
20.1							■	■	■	■								
20.2								■	■	■	■							
20.3									■	■	■	■						
21.1								■		■		■						
21.2												■						

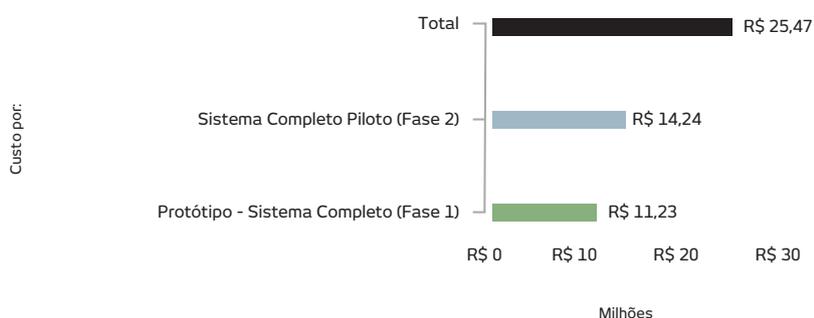
Elaboração do autor.

3.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do PAT foi estimado em cerca de R\$ 25,5 milhões. Ambas as fases se assemelham em custos totais, com a Fase 2 sobressaindo. Os custos da Fase 2 não são muito superiores aos da Fase 1 pelo fato de que, ao aumentar a escala, não se perderão todos os processos, métodos, rotinas de testes e infraestruturas referentes à Fase 1. Verifica-se, como esperado, que algumas ações têm custos relativos inferiores às outras,

mas não há nenhum grande responsável pelo custo total, muito devido à grande quantidade de ações.

As estimativas de custos foram validadas em ordem de grandeza, com projetos similares presentes em ACI Technologies (2011), com as devidas restrições, entendendo que o projeto norte-americano por natureza teria custos superiores, tendo em vista a maior gama de aplicações.



% bloco de trabalho

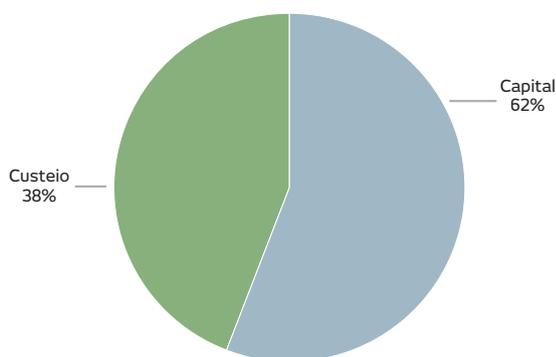


Figura 9 – Custos totais por fase, em milhões de reais, do PAT de veículos elétricos a pilha a combustível a etanol
Elaboração do autor.

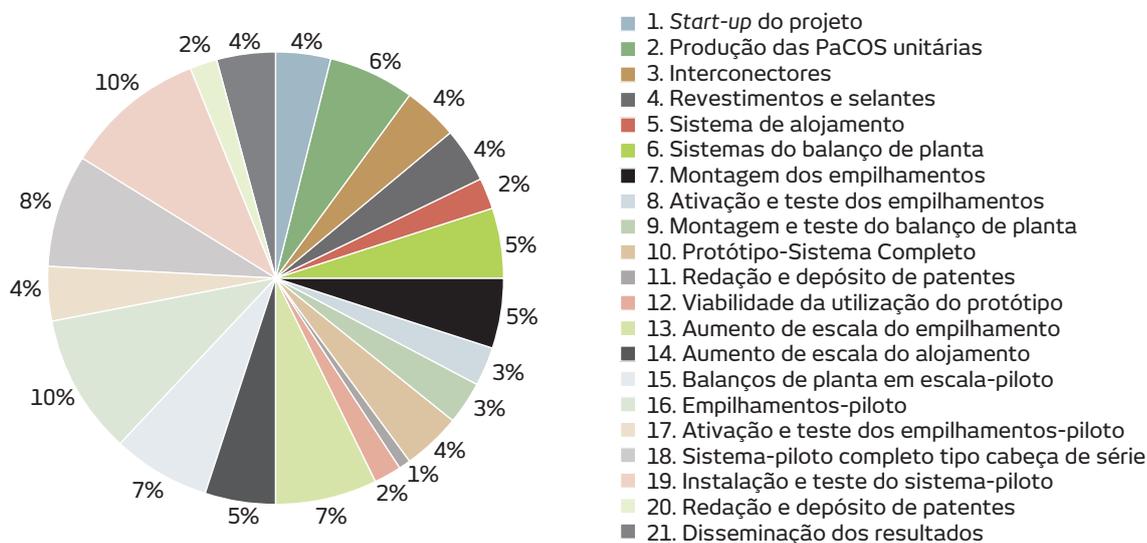


Figura 10 – Custos por ação, em percentagem, do PAT de veículos elétricos a pilha a combustível a etanol
Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do foco em pesquisa e em desenvolvimento para atingir os estágios TRL 5 (Fase 1) e TRL 7 (Fase 2), identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação "Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL" e no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL" (BRASIL, 2021a; 2021b).

3.6. Plano de riscos e contingenciamento

Para cada grupo de atividades em cada ação, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: "risco baixo" aqueles que possuem consequências pouco significativas; "risco médio" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e "risco alto" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 5.3 e 6.2, nas quais há a necessidade de compra de equipamentos, materiais ou sistemas de tecnologia de ponta que podem ou não possuir fornecedores de fácil acesso, necessitando de demandas muito específicas; e às subatividades 13.1, 13.2, 13.5 e 19.2, nas quais está planejado aumento de escala de processos e/ou realização de novos projetos semi-industriais, muitas vezes de vanguarda e sem precedentes.

A subatividade 5.3 corre riscos de acidente de execução, falta de manutenção e possíveis quebra de equipamentos. É contingenciada por um controle de qualidade satisfatório e parceria com empresa capaz de auxiliar ou supervisionar atividades.

A subatividade 6.2 tem risco alto de indisponibilidade de componentes e sistemas tanto no mercado nacional

quanto internacional, que é contingenciado pela elaboração de projetos específicos ou adequação de aparelhos existentes.

Os riscos da subatividade 13.1 estão associados à possível natureza não escalável de processos, infraestrutura inadequada, acidentes de execução decorrentes de falta de manutenção e/ou quebra de equipamentos. As ações de contingenciamento são extensa revisão bibliográfica e realização de testes comparativos para processos alternativos; projetos satélites para adequação de infraestrutura; identificação de empresa parceira para execução e/ou consultoria nas atividades, além de previsão de recursos de contingenciamento para gastos não previstos. Já na subatividade 13.2, podem ocorrer erros genéricos de projeto, além de, também, infraestrutura inadequada e acidentes de execução. As ações de contingenciamento são as mesmas descritas anteriormente. Na subatividade 13.5, além dos mesmos riscos e contingenciamentos da subatividade 13.2, também se adicionam possíveis falsos positivos de conformidade, que são contingenciados pela definição de parâmetros ótimos de teste.

A subatividade 19.2 possui risco alto devido à possível falta de coordenação, a erros metodológicos, a ambiente fora de condições reais de utilização e à falta de mão de obra qualificada. Uma parceria com empresas automobilísticas e empresas especializadas em PaCOS pode vir a reduzir esses riscos, também aliados a uma estratégia de gestão centralizada e à certeza de contratação de mão de obra suficiente.

Quadro 46 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1. Elaboração do projeto executivo e do plano de comunicação, seleção e contratação das equipes responsáveis pela implantação do projeto	Risco organizacional, risco institucional e risco técnico	Falta de mão de obra qualificada para supervisionar e contratar as equipes para executar as atividades. Falta de apoio institucional. Erros na elaboração do projeto executivo. Dificuldade em identificar o público-alvo do projeto.	Baixo	Contratar supervisor com grande <i>expertise</i> no desenvolvimento de tecnologias de célula a combustível. Utilizar metodologia robusta de elaboração de projetos executivos. Validação do projeto executivo com institutos de pesquisas desenvolvimento e inovação. Elaborar e implementar plano de comunicação.
1.2. Síntese em pequena escala de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito	Risco técnico	Falta de mão de obra qualificada para as atividades de bancada.		Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência e com ampla <i>expertise</i> na área.
1.3. Desenvolvimento e aplicação de protocolo de controle de qualidade da matéria-prima cerâmica, composto por métodos analíticos, dimensionamento de amostras e controle de qualidade após a produção	Risco organizacional	Falta de priorização por redução de custos e falta de interesse de gerenciadores.		Envolver <i>stakeholders</i> e convencer do nível de importância da ação.
2.1. Elaboração de projeto das PaCOS unitárias com seleção da estrutura delas e das tecnologias para formação de eletrólito e eletrodos	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto das estruturas e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Inspeções e testes em parceria com centros de pesquisa de excelência.
2.2. Produção em pequena escala das PaCOS unitárias em colaboração com empresa parceira		Falta de coordenação entre laboratório e empresa parceira. Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Consulta ao mercado para escolha de empresa mais adequada à tecnologia em questão. Controle de qualidade (pelo laboratório ou pela própria empresa).
2.3. Caracterização das PaCOS unitárias para determinação de conformidade	Risco técnico	Falsos positivos para conformidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.1. Elaboração de projeto dos interconectores e placas de base e de topo	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Inspeções e testes em parceria com centros de pesquisa de excelência.
3.2. Fabricação em pequena escala dos interconectores e placas de base e de topo por empresa de manipulação de metal		Falta de coordenação entre laboratório e empresa parceira. Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Consulta ao mercado para escolha de empresa mais adequada à tecnologia em questão. Controle de qualidade (pelo laboratório ou pela própria empresa).
3.3. Desenvolvimento e aplicação de ciclo de testes visando à determinação de conformidade e à otimização do componente para redução de custos	Risco técnico	Falsos positivos para conformidade. Erro humano na otimização.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para otimização dos testes.
4.1. Desenvolvimento de processos em escala laboratorial para produção e aplicação de revestimentos para componentes do empilhamento e selantes	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Médio	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
4.2. Consulta de vendedores das matérias-primas para revestimentos e selantes e seleção dos materiais por disponibilidade e requerimentos	Risco técnico	Inexistência de fornecedores qualificados.	Baixo	Importação de materiais adequados.
4.3. Experimentos para caracterização (desempenho elétrico e térmico, densidade, uniformidade e espessura dos revestimentos e dos selantes)		Falsos positivos na caracterização.	Médio	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.1. Escolha de materiais e estruturas com base nos parâmetros de operação e no projeto das PaCOS unitárias e dos interconectores e das placas de base e de topo	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos na escolha dos materiais. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
5.2. Consulta de vendedores dos materiais e de empresas especializadas na fabricação disponíveis	Risco técnico	Inexistência de fornecedores qualificados.		Importação de materiais adequados.
5.3. Aquisição dos materiais e fabricação dos sistemas	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erro humano na execução de passos do processo.	Alto	Identificar existência de empresa parceira capaz de auxiliar ou supervisionar atividades. Controle de qualidade.
5.4. Caracterização de sistemas e componentes visando à determinação de conformidade	Risco técnico	Falsos positivos para conformidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.1. Projeto do conjunto do balanço de planta e escolha de tecnologia, estrutura e materiais dos componentes, com foco na satisfação das condições de operação especificadas	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
6.2. Seleção de sistemas disponíveis comercialmente, com foco em redução de custos	Risco técnico	Indisponibilidade de componentes no mercado nacional e internacional	Alto	Elaborar projetos <i>tailor-made</i> de componentes especiais ou modificação de equipamentos existentes (vide subatividades 6.3 e 6.4).
6.3. Projeto de componentes especiais em caso de indisponibilidade de equipamentos comerciais, identificando os materiais e os métodos de produção e montagem mais adequados para a aplicação	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
6.4. Aquisição dos sistemas comerciais selecionados e produção dos componentes especiais por empresas especializadas		Falta de coordenação entre laboratório e empresa parceira. Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Consulta ao mercado para escolha de empresa mais adequada à tecnologia em questão. Controle de qualidade (pelo laboratório ou pela própria empresa).
6.5. Testes de sistemas e componentes (desempenho, durabilidade e eficiência) visando à determinação de conformidade	Risco técnico	Falsos positivos para conformidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização e testes.
7.1. Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura laboratorial de montagem de empilhamentos	Risco técnico e risco organizacional	Erros metodológicos. Natureza não escalável dos métodos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
7.2. Montagem dos empilhamentos, incluindo aplicação de selantes e revestimentos	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Identificar existência de empresa parceira capaz de auxiliar ou supervisionar nas atividades. Controle de qualidade. Reservar recursos para contingenciamento.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
8.1. Projeto e construção de equipamento laboratorial capaz de condicionar os empilhamentos (selagem, aumento do contato entre as partes e elevação da temperatura das pilhas)	Risco técnico e risco organizacional	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Falta de mão de obra qualificada.	Médio	Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Reservar recursos de contingenciamento.
8.2. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de teste para checagem de vazamentos após condicionamento	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.
8.3. Projeto e construção de equipamento laboratorial capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erros de projeto.	Médio	Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Extensa revisão bibliográfica, realização de testes comparativos. Reservar recursos de contingenciamento.
8.4. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho eletroquímico após ativação	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.
9.1. Identificação de métodos e criação de infraestrutura laboratorial de montagem do balanço de planta	Risco técnico e risco organizacional	Erros metodológicos, natureza não escalável dos métodos. Infraestrutura inadequada. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Elaborar projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório.
9.2. Montagem do balanço de planta	Risco técnico	Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Inspeções e rotinas de teste (subatividade 9.3).
9.3. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho dos componentes do balanço de planta e do conjunto		Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
10.1. Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura laboratorial de acoplamento do empilhamento com o sistema de alojamento e com o balanço de planta	Risco técnico e risco organizacional	Erros metodológicos, natureza não escalável dos métodos. Falta de mão de obra qualificada. Infraestrutura inadequada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório.
10.2. Acoplamento do empilhamento com o sistema de alojamento e com o balanço de planta	Risco técnico	Erro humano na execução de passos do processo.	Médio	Controle de qualidade.
10.3. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho do sistema completo em nível de maturidade tecnológica 5 (TRL 5)		Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.
11.1. Discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer divulgação científica	Risco técnico	Erro humano na confecção da documentação, falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Revisões constantes por diferentes profissionais (<i>peer-review</i>). Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
11.2. Revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes sobre materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto		Revisão bibliográfica pouco abrangente. Desconhecimento de novas patentes.		Parceria com escritório de patentes capaz de auxiliar ou supervisionar a atividade.
11.3. Redação e depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa	Risco organizacional	Atrasos devido à natureza burocrática do processo.	Médio	Antecipação dos processos para melhor conformidade com os prazos.
12.1. Elaboração e disseminação de estudo acerca das possibilidades de utilização do protótipo-sistema completo em aplicações variadas, em âmbito veicular ou estacionário, como elemento isolado ou em rede	Risco técnico	Erro humano na confecção do estudo; falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Revisões constantes por diferentes profissionais (<i>peer-review</i>). Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
13.1. Aumento de escala da síntese de materiais e suspensões cerâmicas para eletrodos e eletrólito: adaptação dos processos, criação de infraestrutura, produção e controle de qualidade	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade no aumento de escala devido à natureza não escalável de alguns processos. Infraestrutura inadequada. Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.	Alto	Extensa revisão bibliográfica, realização de testes comparativos para processos alternativos. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório e/ou empresa parceira. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Reservar recursos de contingenciamento.
13.2. Projeto e aplicação de processos pré-industriais contínuos de formação e deposição de eletrólito e eletrodos e criação de infraestrutura adequada		Erros de projeto. Infraestrutura inadequada. Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.		Extensa revisão bibliográfica, realização de testes comparativos. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório e/ou empresa parceira. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Reservar recursos de contingenciamento.
13.3. Desenvolvimento e uso de procedimento de controle de qualidade das PaCOS unitárias, com foco em espessura, topografia e homogeneidade dos materiais, e testes de desempenho eletroquímico	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
13.4. Aumento de escala da produção de interconectores e placas de base e de topo: adaptação dos processos, criação de infraestrutura, produção e controle de qualidade		Dificuldade no aumento de escala devido à natureza não escalável de alguns processos. Infraestrutura inadequada. Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.	Médio	Extensa revisão bibliográfica, realização de testes comparativos para processos alternativos. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório e/ou empresa parceira. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Reservar recursos de contingenciamento.
13.5. Adaptação dos processos de produção de revestimentos e selantes para escala-piloto e criação da infraestrutura necessária. Validações finais e testes de conformidade dos revestimentos e dos selantes produzidos	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade no aumento de escala devido à natureza não escalável de alguns processos. Infraestrutura inadequada. Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Falsos positivos para conformidade.	Alto	Extensa revisão bibliográfica, realização de testes comparativos para processos alternativos. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório e/ou empresa parceira. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar. Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização e testes. Reservar recursos de contingenciamento.
14.1. Pesquisa de melhores práticas industriais para corte e montagem de isolamento elétrico e térmico e para fabricação da estrutura de suporte mecânico. Construção da infraestrutura necessária	Risco técnico e risco organizacional	Resistência da indústria de compartilhar <i>know-how</i> . Dificuldade de obtenção de informações. Infraestrutura inadequada.	Médio	Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Projetos satélites para adequação e expansão da infraestrutura do laboratório e/ou empresa parceira. Elaborar ACT.
14.2. Aplicação das técnicas requisitadas para o aumento de escala da produção dos sistemas de alojamento dos empilhamentos. Controle de qualidade e desenvolvimento de processos de inspeção		Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erro humano no controle de qualidade.		Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas. Reservar recursos de contingenciamento.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
15.1. Aplicação de possíveis modificações e substituições de componentes comerciais e especiais do balanço de planta, visando ao aumento da eficiência e à diminuição do custo. Teste dos componentes substituídos	Risco técnico	Erro humano nos ajustes do balanço de planta para nível pré-industrial	Médio	Extensa revisão bibliográfica. Consulta de melhores práticas com empresas parceiras. Reservar recursos de contingenciamento.
15.2. Desenvolvimento de processos pré-industriais e de infraestrutura de fabricação e montagem de sistemas e componentes	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erro humano na execução de passos do processo.		Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Controle de qualidade. Reservar recursos de contingenciamento.
15.3. Montagem dos balanços de planta-piloto e controle de qualidade por inspeção pós-montagem		Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Erro humano no controle de qualidade.		Identificar existência de empresa parceira capaz de realizar atividades. Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos parâmetros ótimos de inspeção. Reservar recursos de contingenciamento.
16.1. Identificação de métodos de montagem escaláveis do empilhamento, de laboratorial para piloto tipo cabeça de série	Risco técnico e risco organizacional	Erros metodológicos. Natureza não escalável dos métodos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
16.2. Construção de equipamentos em parceria para montagem de empilhamentos em escala-piloto tipo cabeça de série	Risco organizacional	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.	Médio	Inspeções e testes em parceria com a empresa executora. Reservar recursos de contingenciamento.
16.3. Montagem dos empilhamentos-piloto tipo cabeça de série empregando métodos automatizáveis		Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.		Inspeções e testes em parceria com a empresa executora. Reservar recursos de contingenciamento.
16.4. Desenvolvimento e aplicação de sistemáticas e ferramentas capazes de inspecionar os processos automatizados, visando à determinação de conformidade	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Determinação de parâmetros ótimos de inspeção.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
17.1. Projeto e construção de equipamento-piloto capaz de condicionar os empilhamentos tipo cabeça de série	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Falta de mão de obra qualificada.	Médio	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência. Inspeções e testes em parceria com a empresa executora. Reservar recursos de contingenciamento.
17.2. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de teste de nível piloto para checagem de vazamentos após condicionamento	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.
17.3. Projeto e construção de equipamento-piloto capaz de ativar eletroquimicamente os empilhamentos tipo cabeça de série	Risco organizacional	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento	Médio	Inspeções e testes em parceria com a empresa executora. Reservar recursos de contingenciamento.
17.4. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes do desempenho eletroquímico dos empilhamentos de nível piloto após ativação.	Risco técnico	Erro humano no controle de qualidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas.
18.1. Identificação de métodos escaláveis e criação de infraestrutura-piloto de acoplamento dos empilhamentos com os sistemas de alojamentos e com os balanços de planta	Risco técnico e risco organizacional	Erros metodológicos, natureza não escalável dos métodos. Falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
18.2. Acoplamento dos empilhamentos tipo cabeça de série com os sistemas de alojamento e com os balanços de planta empregando equipamento-piloto	Risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento.	Médio	Inspeções e testes em parceria com a empresa executora. Reservar recursos de contingenciamento.
18.3. Desenvolvimento e aplicação de rotinas de testes de desempenho dos sistemas completos tipo cabeça de série montados, empregando equipamento-piloto, visando à determinação de conformidade		Falsos positivos para conformidade.	Baixo	Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de parâmetros ótimos de caracterização e testes.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
19.1. Identificação do tipo de veículo para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto em condições reais de utilização e sua aquisição	Risco técnico	Erro na escolha do veículo mais promissor para a aplicação.	Baixo	Extensa revisão bibliográfica conjunta a empresas automobilísticas. Elaboração de ACT com empresa automobilística.
19.2. Projeto da instalação e do modo de funcionamento para realizar a demonstração embarcada do sistema-piloto tipo cabeça de série em condições reais de utilização	Risco técnico e risco organizacional	Falta de coordenação no projeto e erros metodológicos. Dificuldades em criar ambiente de teste embarcado que viabilize o funcionamento do protótipo. Falta de mão de obra qualificada.	Alto	Implementação do teste em conjunto com a empresa veicular parceira. Consulta de melhores práticas com empresas especializadas em PaCOS. Validação por especialista externo à equipe ou via <i>workshop</i> com especialistas. Garantir a figura de coordenação técnica da atividade na equipe orçada e contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
19.3. Teste do sistema-piloto tipo cabeça de série em condições reais de utilização embarcado em veículo para atingir nível de maturidade tecnológica 7 (TRL 7)	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes de execução, falta de manutenção, quebra de equipamento. Coleta de dados experimentais realizada de maneira ineficiente.	Médio	Constante manutenção na fase de testes do veículo em parceria com a empresa automobilística. Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação dos principais problemas. Reservar recursos de contingenciamento.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
20.1. Discriminação de materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto, antes da realização de qualquer divulgação científica	Risco técnico	Erro humano na confecção da documentação, falta de mão de obra qualificada.	Baixo	Revisões constantes por diferentes profissionais (peer-review). Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de excelência.
20.2. Revisão bibliográfica de suporte e busca em bancos de patentes sobre materiais, dispositivos, sistemas, programas ou processos passíveis de patenteamento, motivos de desenvolvimento no projeto		Revisão bibliográfica pouco abrangente. Desconhecimento de novas patentes.		Parceria com escritório de patentes capaz de auxiliar ou supervisionar.
20.3. Redação e depósito de patentes em diferentes bancos de patente, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa	Risco organizacional	Atrasos devido à natureza burocrática do processo.	Médio	Antecipação dos processos para melhor conformidade com os prazos.
21.1. Elaboração dos relatórios finais do projeto	Risco técnico	Erro humano na confecção dos relatórios.	Baixo	Revisões constantes por diferentes profissionais (peer-review).
21.2. Realização de evento de lançamento e disseminação dos resultados do projeto	Risco organizacional e risco institucional	Falta de interesse no estudo. Atraso na implementação das atividades.		Utilizar mídias digitais para mobilizar atores interessados em conhecer os resultados do projeto. Realizar evento de lançamento do relatório de resultados do projeto. Garantir, com penalidades previstas em contrato, o cumprimento dos prazos das atividades.

Elaboração do autor.

4.

Plano de Ação Tecnológica **para o Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais**



4. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS

4.1. Definição da tecnologia

O aproveitamento de resíduos agrícolas tem grande potencial de geração elétrica e de combustíveis a partir de fontes renováveis no Brasil. Ademais, promove diversos benefícios, como a redução das emissões de GEE, a mitigação da poluição e a promoção de desenvolvimento local.

Estudos recentes indicam um potencial de produção de biogás de 23 a 40 milhões de m³ por dia, considerando o aproveitamento de resíduos nos setores agrícola, da pecuária, industrial e dos resíduos urbanos (OLIVEIRA; NEGRO, 2019; EPE, 2016). Atualmente, a participação do biogás na matriz energética brasileira é inferior a 1% (EPE, 2019). Entretanto, a capacidade instalada para geração de eletricidade a partir do biogás vem crescendo significativamente nos últimos anos, totalizando 153 MW em 2018, 117% superior a 2013 (FERNANDES; MARIANI, 2019).

Este PAT alinha-se a programas de incentivo a fontes renováveis de energia implantados no Brasil, como a *RenovaBio*, instituída pela Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017). Ao entender as contribuições dos biocombustíveis, entre eles o biometano gerado a partir do biogás, no que se refere à segurança energética, à previsibilidade do mercado e a mitigações de emissões, o programa estabelece-se por meio de três eixos estratégicos: metas de descarbonização, certificação de produção e créditos de descarbonização (BRASIL, 2018b).

Os objetivos da *RenovaBio* são contribuir para o cumprimento dos compromissos determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris, promover a expansão

dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase no abastecimento, e assegurar previsibilidade para o mercado, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis. Além disso, também existem iniciativas nos âmbitos estaduais que favorecem a expansão do biogás e do biometano no país (SEBRAE, 2020).

Nesse contexto, projetos de codigestão podem contribuir ainda mais para a participação da energia renovável na matriz energética do Brasil. A tecnologia possibilita o aproveitamento de diferentes tipos de substratos (resíduos), garantindo, assim, o funcionamento contínuo das plantas e viabilizando investimentos no setor. Isso porque o uso de diferentes resíduos ajuda a lidar com a sazonalidade das culturas agrícolas, ao permitir que estas se complementem no biodigestor ao longo do ano, além de propiciar o aproveitamento de maior volume de resíduos. Neste contexto, sistemas ILPF e/ou caracterizados pela rotação de culturas, por exemplo, são nichos potenciais para a implementação de sistemas de codigestão no país, visto que, nestes sistemas, há a geração de potenciais substratos para a digestão anaeróbia e melhor aproveitamento do uso da terra.

Análise georreferenciada preliminar do potencial de produção de biogás⁴ a partir da codigestão de esterco animal, vinhaça e resíduos de soja, milho, trigo e arroz, realizada com o objetivo de identificar localidades com maior potencial de produção de biogás (*hotspots*) no Brasil, indicou os resultantes constantes na tabela 1.

⁴ A partir do total de resíduos disponíveis por *hotspot* e dos respectivos conteúdos de carbono (C) e nitrogênio (N) por substrato, adotou-se uma metodologia para balanceamento dos diferentes resíduos, de forma que a relação C/N se mantivesse em uma faixa ideal. Diversos autores discorrem sobre os limites desta razão para diferentes substratos (DANDIKAS *et al.* 2014; HAGOS *et al.* 2017; WANG *et al.* 2014; FNR 2010). Nesta avaliação, adotou-se uma razão entre 25%-30%.

Tabela 1 – Potencial de produção de biogás em cada *hotspot* e principais substratos

HOTSPOT	BIOGÁS (mm ³ /ANO)	PRINCIPAIS SUBSTRATOS
1	2.781,5	Esterco animal, palha de soja, palha de milho, vinhaça, palha de trigo
2	1.778,3	Vinhaça, palha de soja, palha de milho, esterco animal
3	1.802,5	Vinhaça, palha de soja, esterco animal, palha de milho
4	1.767,8	Vinhaça, palha de soja, palha de milho, esterco animal

Elaboração do autor.

Para a escolha da região, também é importante considerar a sazonalidade das culturas produtoras dos resíduos, a fim de garantir que haverá biomassa disponível durante todo o ano. Isso permite que a produção de biogás ocorra de forma constante. Os qua-

ros a seguir apresentam a sazonalidade das culturas selecionadas de acordo com as regiões dos *hotspots* identificados, indicando a complementariedade das culturas de acordo com a época de colheita ao longo do ano.

Quadro 47 – Época de colheita das principais culturas analisadas na região Centro-Oeste

CENTRO-OESTE												
MÊS												
CULTURA	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Soja												
Milho 1 ^a safra												
Milho 2 ^a safra												
Trigo												
Arroz												
Cana/vinhaça												

Elaboração do autor.

Quadro 48 – Época de colheita das principais culturas analisadas na região Sul

SUL												
MÊS												
CULTURA	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Soja												
Milho 1 ^a safra												
Milho 2 ^a safra												
Trigo												
Arroz												
Cana/vinhaça												

Elaboração do autor.

Tendo em vista isso, a codigestão permite o aproveitamento do elevado potencial energético dos resíduos agropecuários para produção de biogás, resolvendo os desafios associados à sazonalidade de produção. Entre os principais benefícios da tecnologia, listam-se: aumento da produção de biogás e rendimentos em biometano, melhor estabilização do

processo, diluição de substâncias inibidoras, balanço de nutrientes, entre outros (HAGOS *et al.*, 2017). Todavia, a natureza heterogênea dos substratos requer condições operacionais significativamente diferentes. Desta forma, o domínio tecnológico do processo é fundamental para garantir a produção contínua e eficiente dos produtos energéticos.

4.2. Escopo e ambição

Nesse contexto, o PAT tem como escopo de aplicação o desenvolvimento da codigestão de resíduos agrícolas em áreas com potencial expansão de sistemas ILPF e de rotação de culturas no Brasil, considerados nichos promissores de aplicação da tecnologia.⁵

Por sua vez, apresenta como ambição desenvolver uma aplicação-piloto de uma planta de codigestão em sistema ILPF e uma planta em sistemas de rotação de culturas considerando culturas de grande importância no Brasil, como a cana-de-açúcar, a soja, o milho, o arroz e o trigo para produção de energia elétrica, biometano e biofertilizante até o ano de 2030.

Quadro 49 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolver um projeto de biodigestão de resíduos agrícolas a ser aplicado em áreas com potencial expansão de sistema ILPF e de rotação de culturas no Brasil.	Aplicar piloto de uma planta de codigestão em sistema ILPF e uma planta em sistemas de rotação de culturas, considerando culturas de grande importância no Brasil para produção de energia elétrica, biometano e biofertilizante.

Elaboração do autor.

4.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Devido ao elevado potencial de produção de resíduos, as principais necessidades tecnológicas associadas ao aproveitamento energético destes recursos estão relacionadas ao domínio do processo tecnológico para desenvolvimento de projetos de grande escala e à caracterização e à definição de pré-tratamentos adequados dos substratos de diferentes fontes que podem ser utilizados de forma complementar de acordo com a sazonalidade.

No que se refere à caracterização de substratos, tem-se desafios associados à natureza heterogênea dos resíduos agrícolas e definição de tecnologias de pré-tratamento. Ademais, a escassa ou descontinuada disponibilidade de dados gravimétricos de resíduos em diferentes regiões do país dificulta o mapeamento e o dimensionamento do mercado e a elaboração de estudos de viabilidade.

⁵ A vinhaça não foi considerada dentro do escopo do PAT, tendo em vista que seu processo de biodigestão está consolidado, muito embora possua o desafio da produção sazonal.

Ao nível dos biodigestores, tem-se a necessidade de ampliação da tecnologia para grandes escalas e de otimização do processo, sobretudo para projetos de codigestão de resíduos, que devem lidar com diferentes tipos de substratos e que, portanto, requerem diferentes condições de processo, operação e manutenção.

Por sua vez, a sazonalidade dos resíduos desincentiva a abertura de linhas de financiamento para as alternativas de aproveitamento e dificulta o estabelecimento de um mercado para produtos da biodigestão. Isto porque necessita-se de um suprimento constante e previsível dos produtos gerados que viabilizem os projetos e garantam o estabelecimento de contratos de comercialização.

A principal barreira econômica está associada aos elevados custos de capital (Capex) e de operação e manutenção (Opex). Tais custos, associados tanto a biodigestores quanto a tecnologias de pré-tratamento de resíduos, reduzem a atratividade de investimentos e dificultam a transferência de conhecimento estrangeiro sobre a tecnologia para a capacitação de mão de obra local.

Finalmente, a existência de diversos projetos de biodigestão malsucedidos no passado é a principal barreira de cunho cultural identificada.

Nós críticos priorizados

Barreiras priorizadas

Ambição



Figura 11 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

A implantação do PAT visando ao desenvolvimento e à difusão da codigestão de resíduos agrícolas compreende três ações, as quais são interdependentes. A Ação 1 trata de identificar e caracterizar o potencial de oferta de matéria-prima para o processo, com o objetivo de mapear localidades potenciais para a aplicação da tecnologia, assim definindo a localização das plantas-piloto e os resíduos disponíveis para a codigestão. Em

seguida, deve-se aprofundar o conhecimento acerca do processo de codigestão, por meio de pesquisa para definição do pré-tratamento adequado dos substratos e identificação das condições ótimas do processo de codigestão (Ação 2). E, por fim, deve-se implementar as plantas-piloto em sistemas ILPF e de rotação de culturas, assim como divulgar os resultados obtidos para disseminação dos conhecimentos adquiridos (Ação 3).

Ação 1 e atividades relacionadas

A Ação 1 compreende a identificação e a caracterização do potencial de oferta de matéria-prima para o processo de codigestão, com o objetivo de mapear localidades potenciais para a aplicação da tecnologia e definir a localização das plantas-piloto e os resíduos disponíveis para a codigestão.

Para atingir esse propósito, inicialmente, a subatividade 1.1 consiste em realizar estudo detalhado com base em informações georreferenciada sobre a disponibilidade de substratos no território nacional. A partir dos resultados obtidos, a subatividade 1.2 visa identificar os substratos adequados, caracterizando o potencial de oferta de resíduos agrícolas para a codigestão,

enquanto a subatividade 1.3 deverá mapear as localidades potenciais para a aplicação de projetos de codigestão identificando áreas de maior concentração destes recursos. A partir disso, a subatividade 1.4 deverá aplicar uma análise multicritério, de acordo com diferentes critérios que favorecem a implementação das plantas-piloto, como disponibilidade e sazonalidade dos substratos, proximidade de centros de pesquisa, condições logísticas favoráveis, suporte institucional, entre outros, para, então, na subatividade 1.5, ser possível definir a escala das plantas que serão implementadas e determinar a capacidade teórica de produção de biogás nas localidades selecionadas a partir da análise multicritério.

Quadro 50 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DE OFERTA DE MATÉRIA-PRIMA PARA O PROCESSO DE CODIGESTÃO VISANDO À IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTAS-PILOTO	
Subatividade 1.1	Levantar dados de disponibilidade de matéria-prima com base em informações georreferenciadas
Subatividade 1.2	Selecionar os resíduos potenciais para a codigestão anaeróbia
Subatividade 1.3	Identificar localidades com elevado potencial de matéria-prima (resíduos agrícolas) para o processo
Subatividade 1.4	Seleção multicritério de localidades para aplicações de plantas-piloto
Subatividade 1.5	Definição da escala das plantas nas localidades com maior potencial técnico de aproveitamento de resíduos agrícolas

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 decorre da necessidade de se obter melhor conhecimento acerca do processo de codigestão antes da aplicação em plantas-piloto. Para isso, ensaios laboratoriais deverão investigar os substratos, os pré-tratamentos e os diferentes parâmetros de processo que influenciam a produção de biogás e o rendimento de biometano. A subatividade 2.1 tem o objetivo de realizar diferentes pré-tratamentos promissores, variando alguns parâmetros importantes de cada tipo. Assim, diversos substratos selecionados na ação anterior serão pré-tratados, a fim de selecionar o pré-tratamento que aumenta a digestibilidade da biomassa lignocelulósica.

Para conhecer melhor a ação dos pré-tratamentos e suas influências no rendimento da biodigestão, deverão ser caracterizados os substratos antes e depois

dos pré-tratamentos. Serão obtidas informações como composição de fibra, razão carbono/nitrogênio (C/N), sólidos totais, fixos e voláteis, demanda química de oxigênio, entre outras características que permitam avaliar a atuação dos pré-tratamentos e fornecer informações para a subatividade 2.3.

Já a subatividade 2.3 deverá realizar ensaios de biodigestão anaeróbica das diferentes biomassas pré-tratadas na subatividade 2.1, não tratadas e do esterco bovino, individualmente e combinados em diferentes proporções em diversas condições de temperatura, pH e razão C/N para obter os dados de produção de biogás e rendimento de biometano ao longo de vários dias. Estes dados auxiliarão as escolhas dos melhores parâmetros de operação das plantas a serem propostas na Ação 3, visando ao melhor rendimento de metano.

Quadro 51 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE PRÉ-TRATAMENTO DAS BIOMASSAS E DOS PARÂMETROS DA DIGESTÃO ANAERÓBICA	
Subatividade 2.1	Realizar pesquisa experimental para determinação do tipo e das condições de pré-tratamento da biomassa
Subatividade 2.2	Caracterizar os resíduos para o conhecimento do potencial de biogás
Subatividade 2.3	Realizar pesquisa experimental para estabelecer as composições adequadas dos substratos

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

A Ação 3 envolve, principalmente, o projeto, a construção e a operação das plantas-piloto, além da disseminação da experiência adquirida e dos resultados obtidos.

Para isso, a subatividade 3.1 definirá o sistema de biodigestão aplicado, considerando os resultados obtidos previamente. Assim, serão definidos o tipo de pré-tratamento, o tipo de biodigestor e as condições da biodigestão. Em seguida, a subatividade 3.2 deverá estruturar a cadeia de suprimentos das unidades-piloto definindo a coleta e o transporte das matérias-primas.

Na subatividade 3.3 deve-se elaborar o projeto executivo das plantas a partir da elaboração do projeto executivo estrutural, arquitetônico, mecânico, elétrico e de instrumentação e processo biológico, para, então, as plantas serem construídas nas subatividades 3.4 e 3.5, de acordo com as definições anteriores. A subatividade 3.4 refere-se à construção em sistema integrado, e a subatividade 3.5 à implementação da planta em sistema de rotação de culturas. As plantas deverão ter unidades para a recepção de substratos, digestores com volume de cerca de 9 m³, além de contar com unidades para armazenamento do biogás, motor gerador, tanque de material digerido, laboratório e sala de administração.

As subatividades 3.6 e 3.7 serão as de maior duração e responsáveis pelo teste, pela operação e pelo monitoramento das plantas-piloto nos tipos de sistemas integrado e rotação de cultura, respectivamente. Cada atividade abrangerá a fase de operação da planta em que serão realizados testes de acordo com a disponibilidade de substrato de cada sistema. Estas atividades envolverão pré-tratamento, controle das condições dos biodigestores, análises laboratoriais para controle biológico, pH, CH₄, CO₂, entre outras características que são importantes durante o processo. Haverá, também, administração e manutenção da planta, contratação de equipe especializada para monitorar a implementação das unidades e tratamento do digestato, para que possa ser utilizado como fertilizante.

Cumprir enfatizar que a tecnologia de codigestão encontra-se em nível de prontidão tecnológica de validação em escala laboratorial no país (TRL 4). A implementação das duas unidades-piloto permitiria a aplicação da codigestão em ambiente operacional (TRL 7).

A subatividade 3.8 contempla a divulgação e disseminação dos resultados das aplicações-piloto. Para isso, implementado um plano de comunicação e um site para divulgação dos resultados, envolvendo a produção de conteúdos digitais e a publicação de livros com resultados do projeto.

Quadro 52 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE RESULTADOS DAS PLANTAS-PILOTO	
Subatividade 3.1	Definir o sistema de biodigestão aplicado
Subatividade 3.2	Estruturar a cadeia de suprimentos das unidades-piloto
Subatividade 3.3	Elaborar o projeto executivo das plantas-piloto
Subatividade 3.4	Construção da planta-piloto em sistema integrado
Subatividade 3.5	Construção da planta-piloto em rotação de cultura
Subatividade 3.6	Teste, operação e monitoramento da planta-piloto em sistema integrado
Subatividade 3.7	Teste, operação e monitoramento da planta-piloto em sistema de rotação de cultura
Subatividade 3.8	Divulgação e disseminação dos resultados das plantas-piloto

Elaboração do autor.

4.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

Para que o Plano possa ter êxito em sua implementação, é importante que some *expertises* por meio de diversos *stakeholders* dos setores público e privado, associações e entidades representativas.

O MCTI e o Mapa poderiam exercer a coordenação do Plano, uma vez que, juntos, têm competências acerca de pesquisa científica e tecnológica e envolvimento com o setor agrícola. Alternativamente, as ações podem ser conduzidas por entidades privadas, que seriam responsáveis pela execução do PAT.

Para todas as ações, são necessárias coordenação técnica e contratação de parceiros que tenham experiência nas atividades elencadas. A coordenação técnica pode contar com instituições como CIBiogás, Embrapa, além de universidades e centros de pesquisa que podem contribuir principalmente para a implementação

das Ações 1 e 2. Também para a Ação 2, que necessita de pesquisas laboratoriais, a participação de laboratórios de físico-química é de extrema relevância. Para a coordenação técnica das atividades listadas na Ação 3, é necessário o envolvimento de empresas de consultoria e de engenharia do setor de energias renováveis.

O ME poderia exercer o papel de mobilização de atores do setor financeiro. Já a Finep, o CNPq, a Embrapii e o BNDES são potenciais agentes financiadores do PAT.

Por sua vez, a EPE e a Abiogás, em face da extensa experiência com estudos acerca do aproveitamento energético de resíduos, poderiam ser mobilizadas para auxiliar as instituições coordenadoras na validação dos resultados do Plano. Finalmente, seria importante envolver prefeituras na mobilização de atores locais para implementação das unidades-piloto.

Quadro 53 – Principais *stakeholders* a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Em função dessa <i>expertise</i> e considerando o objetivo de difusão tecnológica do PAT, poderia atuar na coordenação da implantação das ações.
Mapa	Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e normatização de serviços vinculados ao setor. Em virtude da atuação com o setor agrícola, poderia coordenar, em conjunto com o MCTI, a implantação das ações do PAT.
Embrapa	A Embrapa viabiliza soluções de P&D+I para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Poderia atuar como responsável pela coordenação ou parceira técnica para a execução das atividades da Ação 2 do PAT.
CIBiogás	O CIBiogás é uma instituição científica, tecnológica e de inovação, que promove a gestão de resíduos orgânicos como fonte de energia renovável. Poderia atuar na coordenação técnica e/ou na execução das subatividades 1.1 a 1.5 e 3.8. Finalmente, poderia, também, constituir o público-alvo da subatividade 3.8.
Universidades, centros de pesquisa e laboratórios de análises físico-químicas	Desenvolvimento de pesquisas e ensaios laboratoriais acerca dos resíduos e dos processos realizados na implementação das ações do PAT. Poderiam atuar na coordenação ou como parceiros técnicos nas Ações 1 e 2. Ademais, poderiam fornecer mão de obra para a composição da equipe permanente do projeto.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar na mobilização de atores de financiamento visando ao fomento do PAT.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica, para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
EPE	A diretoria destinada ao estudo de biocombustíveis tem a função de coordenar, orientar e acompanhar as atividades de estudos sobre infraestrutura, oferta, produção, transformação, comercialização e abastecimento de biocombustíveis, bem como estudos sobre as indústrias nacional e internacional de biocombustíveis. Poderia auxiliar as instituições coordenadoras na validação dos resultados do Plano.
Abiogás	Atuando como um canal de interlocução com a sociedade civil, os Governos Federal e estaduais, as autarquias e os órgãos responsáveis pelo planejamento energético brasileiro, a Abiogás tem como objetivo transformar as energias elétrica, combustível e térmica em <i>commodities</i> energéticas amplamente utilizadas, com uma participação de 10% na matriz brasileira. Pode auxiliar as instituições coordenadoras na validação dos resultados do Plano, e, principalmente, constituir-se em público-alvo da subatividade 3.8.
Empresas de projeto e execução de obras de engenharia com experiência no setor	Empresas de engenharia que operem no setor de energias renováveis, desenvolvendo projetos na área de biodigestão anaeróbia. Devem atuar na coordenação técnica do PAT, sendo responsáveis pela implementação das subatividades 3.1 a 3.7 do Plano.
Prefeituras	Poderiam ser envolvidas na mobilização de atores locais para implantação das unidades-piloto, assim como serem público-alvo da subatividade 3.8.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos, tempo percebido como adequado para o desenvolvimento das atividades. A Ação 1 terá duração de um ano para mapeamento e gerar informações sobre o potencial de substratos disponíveis, enquanto a Ação 2 terá duração de dois anos e meio, devido aos ensaios em laboratório que permitirão compreender melhor o processo de codigestão e fornecer informações para a definição dos parâmetros de operação das plantas-piloto.

Por último, a Ação 3 será a ação mais longa, com duração de cinco anos e seis meses, para que seja realizado o projeto, a construção e a operação das duas plantas-piloto. Essa é a etapa mais importante e que

conterá com testes e monitoramento durante a operação da planta, assim como divulgação e disseminação dos resultados, gerando mais informações sobre a codigestão, com o objetivo de incentivar novos e maiores projetos de aproveitamento energético de resíduos agrícolas.

Vale destacar que as duas plantas terão suas atividades acontecendo em paralelo, visto que uma não depende da outra. Ademais, a atividade de divulgação dos resultados iniciará concomitantemente ao início da operação das plantas, com vistas a facilitar e ampliar a disseminação das informações geradas pela planta. As atividades das ações anteriores são interdependentes e ocorrerão consecutivamente.

Quadro 54 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	█																	
1.2	█																	
1.3		█																
1.4		█																
1.5		█																
2.1			█															
2.2			█	█														
2.3					█	█	█											
3.1								█										
3.2								█										
3.3									█									
3.4										█	█	█						
3.5										█	█	█						
3.6													█	█	█	█	█	█
3.7													█	█	█	█	█	█
3.8													█	█	█	█	█	█

Elaboração do autor.

4.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total para a implementação foi estimado em R\$ 4,2 milhões. A Ação 3, de implementação das plantas-piloto e disseminação dos resultados, corresponde à maior parte dos custos (cerca de 75%). Em segui-

da, a Ação 2, que visa ao conhecimento do processo, equivale a 17%. Finalmente, a ação de identificação do potencial de oferta de resíduos representa 8% do custo total.

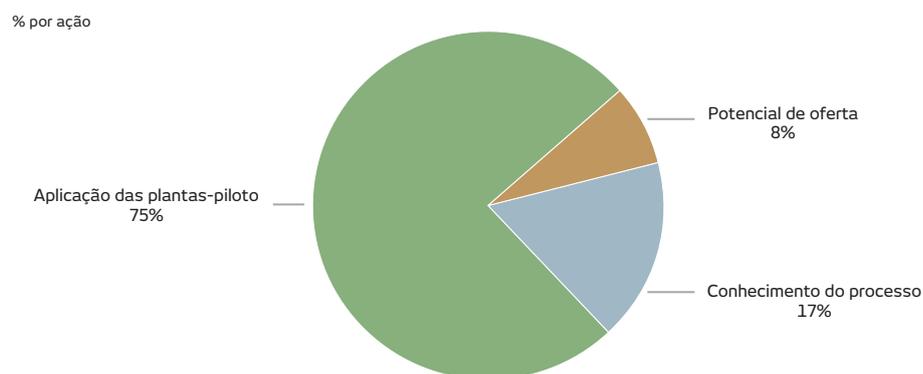
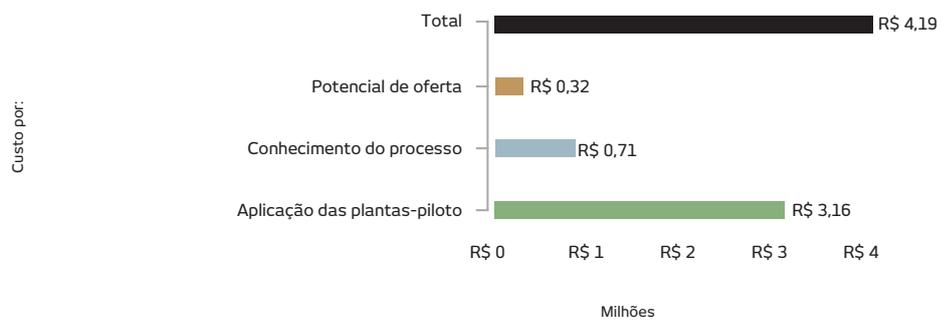


Figura 12 – Custo total e por ação do PAT de aproveitamento de resíduos agrícolas, em milhares de reais e em porcentagem

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento das Ações 1 e 2, identificou-se que as modalidades típicas de suporte seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. No caso da execução das ações por entidades privadas, as referidas ações poderiam ser executadas com recursos próprios.

Por sua vez, a Ação 3 poderia ser financiada por dois mecanismos: empréstimos reembolsáveis e participação societária. Para tanto, cumpre enfatizar que o projeto executivo da planta (subatividade 3.3) deve contemplar estudo de viabilidade técnico-econômica. A primeira modali-

dade está disponível a todos grupos de atores. Por sua vez, investimentos em participação societária de empresas são conhecidos por *private equity* e *venture capital*. Nestas modalidades, investidores obtêm participação acionária direta nas organizações e, com esse aporte financeiro, estas organizações podem expandir e modernizar suas operações. Por essas características, é uma opção de crédito restrita a empresas de pequeno, médio e grande porte.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação "Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL" e no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL" (BRASIL, 2021a; 2021b).

4.6. Plano de riscos e contingenciamento

Um resumo dos potenciais riscos à implementação das atividades do PAT de codigestão para aproveitamento energético de resíduos agrícolas e suas respectivas medidas de contingenciamento constam no quadro a seguir. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 3.4 e 3.5, que se referem à fase de construção das plantas-piloto, uma vez que existem dificuldades

que podem atrasar e/ou inviabilizar a continuidade do projeto, como, por exemplo, a possibilidade de falta de financiamento, erros de projeto, falha no planejamento econômico e demandas não planejadas. Como medidas de mitigação, deve-se desenvolver orçamento realista, aumentar o compromisso de garantir recursos financeiros e reservar capital para contingenciamento de projeto. Para riscos associados à falta ou ao atraso na entrega de material e equipamentos, é importante estabelecer acordo com instituições competentes e fornecedores. Ademais, deve-se estabelecer acordos com instituições para evitar entraves regulatórios ou problemas com legislação. Para reduzir os erros técnicos na execução do projeto, recomenda-se a contratação de corpo técnico qualificado, a supervisão da construção das plantas por especialistas e a criação de mecanismos de fiscalização da execução da obra em relação aos prazos e à consistência com o projeto.

Quadro 55 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Levantar dados de disponibilidade de matéria-prima com base em informações georreferenciadas	Risco técnico e risco organizacional	Indisponibilidade de informações. Dificuldade de contratação de mão de qualificada.	Baixo	Buscar dados com instituições competentes e produtores. Estabelecer ACTs com instituições competentes para obtenção de dados. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência na área.
1.2 Selecionar os resíduos potenciais para a codigestão anaeróbia				
1.3 Identificar localidades com elevado potencial de matéria-prima (resíduos agrícolas) para o processo	Risco técnico e risco organizacional	Erro no tratamento dos dados ocasionando a seleção de localidades inapropriadas. Dificuldade de contratação de mão de qualificada.	Baixo	Validar os resultados obtidos. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência na área.

continua

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.4 Seleção multicritério de localidades para aplicações de plantas-piloto	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Escolha de critérios inadequados para a seleção das localidades. Dificuldade de acesso às localidades potenciais. Dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Dificuldade de comunicação e envolvimento de agentes governamentais.	Médio	Considerar as atividades logísticas de coleta e transporte dos resíduos. Planejamento prévio da pesquisa de campo. Contato com agentes e instituições locais. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência na área. Estabelecimento de ACTs com prefeituras. Realização de reunião para aplicação da metodologia multicritério.
1.5 Definição da escala das plantas nas localidades com maior potencial técnico de aproveitamento de resíduos agrícolas	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Erros de cálculo/dimensionamento. Dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Dificuldade de comunicação e envolvimento de agentes governamentais.	Médio	Consultar casos bem-sucedidos de plantas de biogás. Buscar referências na literatura científica. Estabelecer contato com indústria e produtores nacionais. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência na área. Estabelecimento de ACTs com prefeituras.
2.1 Realizar pesquisa experimental para determinação do tipo e das condições de pré-tratamento das biomassas	Risco técnico e risco organizacional	Acidentes na execução dos ensaios. Erro na definição do pré-tratamento. Ocorrência de resultados negativos. Dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Dificuldade de aquisição de consumíveis.	Baixo	Garantir que os agentes tenham a infraestrutura laboratorial necessária para a realização dos ensaios. Abranger diferentes pré-tratamentos, condições e controlar os parâmetros relevantes. Buscar referências na literatura científica e em aplicações reais. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa/laboratórios de referência. Realizar planejamento eficiente dos ensaios. Elaboração de acordos com fornecedores de consumíveis.
2.2 Caracterizar os resíduos para o conhecimento do potencial de biogás	Risco técnico e risco organizacional	Acidentes na execução dos ensaios. Erros na caracterização. Falta de equipamento necessário. Dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Dificuldade de aquisição de consumíveis.	Baixo	Garantir que os agentes tenham a infraestrutura laboratorial necessária para a realização dos ensaios. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência. Realizar planejamento eficiente dos ensaios. Elaboração de acordos com fornecedores.

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.3 Realizar pesquisa experimental para estabelecer as composições adequadas dos substratos	Risco técnico e risco organizacional	Erro de definição da curva de eficiência. Resultados insuficientes. Dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Dificuldade de aquisição de consumíveis.	Médio	Realizar planejamento eficiente dos ensaios, abrangendo diferentes condições e controle dos parâmetros relevantes. Buscar referências na literatura científica e em aplicações reais. Contratação de mão de obra em centros de pesquisa de referência. Elaboração de acordos com fornecedores de consumíveis.
3.1 Definir o sistema de biodigestão aplicado	Risco técnico	Erro na definição da configuração do processo. Risco de <i>scale-up</i> do processo.	Médio	Buscar referências na literatura científica e em aplicações reais de projetos bem-sucedidos. Revisão do sistema de biodigestão pela coordenação técnica e validação com especialista.
3.2 Estruturar a cadeia de suprimentos das unidades-piloto	Risco técnico e risco organizacional	Ausência de dados sobre as condições e os meios de transporte locais e armazenamento dos resíduos. Falta de suprimentos.	Baixo	Considerar a sazonalidade e a origem dos resíduos. Estabelecer ACTs com instituições competentes para fornecimento de suprimentos para as plantas-piloto.
3.3 Elaborar o projeto executivo das plantas-piloto	Risco técnico, risco de custo e risco institucional	Erros de projeto. Falha no planejamento econômico. Não obtenção de licença para operação do empreendimento.	Médio	Validação de dados com especialista. Desenvolver orçamento realista e incluir o custo de contingência no orçamento. Assessoria jurídica para obtenção de licença dos empreendimentos.
3.4 Construção da planta-piloto em sistema integrado	Risco de financiamento, risco técnico, risco de custo, risco institucional e risco organizacional	Falta de financiamento. Erros de projeto. Falha no planejamento econômico. Demandas não planejadas no projeto. Falta ou atraso de material ou equipamento necessário. Problemas com legislação.	Alto	Aumentar o compromisso de garantir recursos financeiros e reservar recurso para contingenciamento de projeto. Contratação de corpo técnico qualificado. Supervisão da construção por especialistas. Desenvolver orçamento realista. Criar mecanismo de fiscalização da execução da obra, em relação aos prazos e à consistência com o projeto. Estabelecer acordo com instituições competentes e fornecedores. Estabelecer acordo com instituições competentes para evitar entraves regulatórios (legislação).
3.5 Construção da planta-piloto em rotação de cultura				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.6 Teste, operação e monitoramento da planta-piloto em sistema integrado	Risco de custo, risco político, risco técnico e risco institucional	Falta de recursos para operação da planta-piloto. Falha no planejamento econômico. Problemas operacionais (<i>scale-up</i>). Risco regulatório.	Médio	Garantir operação das plantas após a conclusão do projeto. Desenvolver orçamento realista e incluir recurso de contingência. Estabelecer limites técnicos de operação da planta. Estabelecer acordo com instituições competentes que garantam a continuidade operacional das plantas após a conclusão do projeto. Estabelecer acordo com instituições competentes para evitar entraves regulatórios (legislação).
3.7 Teste, operação e monitoramento da planta-piloto em sistema de rotação de cultura				
3.8 Divulgação e disseminação dos resultados das plantas-piloto	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	Falta de coordenação das atividades e carência de mão de obra qualificada. Falta de acessibilidade a usuários da plataforma. Não atingimento do público-alvo. Falta de interesse em manter o <i>site</i> após a conclusão do plano de ação.	Médio	Contratação de um coordenador técnico para gestão e supervisão das atividades e de pesquisadores de centros de excelência para execução. Validação da interface do <i>site</i> com grupo de controle. Elaboração e aplicação de plano de comunicação para atingir o público-alvo e impulsionar conteúdo. Estabelecimento de contrato de transferência da plataforma e ACT com a instância superior (ministério) ao instituto de pesquisa, objetivando a disponibilização e a manutenção da plataforma após a conclusão do projeto.

Elaboração do autor.

5.

Plano de Ação Tecnológica **para Fogões Solares Fotovoltaicos com Indução**



5. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA FOGÕES SOLARES FOTOVOLTAICOS COM INDUÇÃO

5.1. Definição da tecnologia

Fogões solares são dispositivos que promovem o cozimento de alimentos a partir da energia captada pela luz solar (LIMA, 2018). Diante da elevada disponibilidade deste recurso no Brasil, esta tecnologia possui grande potencial de aplicação em substituição à biomassa convencional como combustível para cocção.

Modelos simples de fogões solares podem ser fabricados com o conhecimento básico dos princípios da energia solar e acesso a materiais simples, como papelão, alumínio e vidro. Todavia, a intermitência desta fonte energética limita sua autonomia e requer a disponibilidade de outras alternativas para cocção. Ademais, a baixa eficiência, a limitação na quantidade de preparações e a degradabilidade dos materiais reduzem a atratividade para uso.

Modelos avançados de fogões solares compostos pela integração de componentes, como baterias e painéis fotovoltaicos, resolvem os problemas associados à autonomia e à eficiência, permitindo tanto a estocagem de maiores quantidades de energia para uso posterior quanto o aumento da capacidade de cocção (ARAMESH *et al.*, 2019; JOSHI; JANI, 2015).

O desenvolvimento dos fogões solares no Brasil tem como nicho de aplicação as regiões isoladas e as zonas rurais, caracterizadas por baixos IDHs e dificuldade de acesso às alternativas modernas de cocção, tais como fogões elétricos ou a gás (IRENA, 2017). Nestas localidades, a biomassa tradicional representa a única possibilidade de combustível acessível para a cocção, sendo adquirida a partir da compra (se houver comércio local) ou da coleta diretamente da natureza.

De acordo com dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as regiões que apresentam o maior número de domicílios em zonas rurais, nos quais a lenha é utilizada para cocção, são Nordeste e Sudeste (IBGE, 2019). Os estados que concentram o maior número de domicílios com cocção a lenha no meio rural são Bahia, Minas Gerais e Ceará, nos quais os domicílios rurais possuem, em média, quatro moradores. Ademais, estes estados abrigam os municípios com menor renda *per capita* do país (PNUD; FJP; IPEA, 2013).

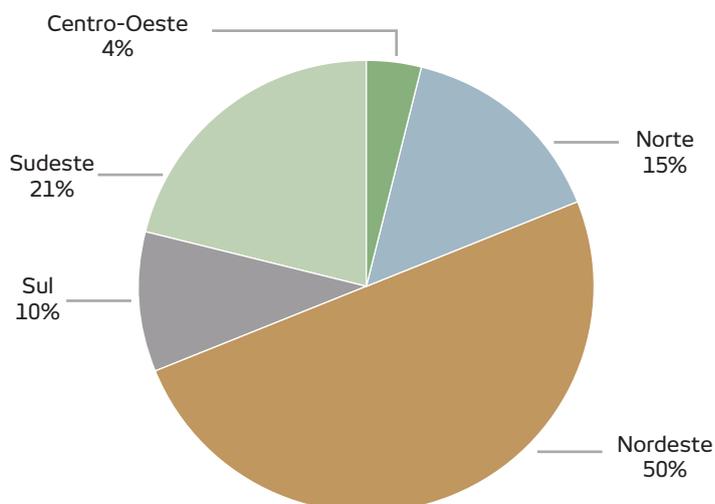


Figura 13 – Concentração de domicílios com cocção a lenha no meio rural nas regiões brasileiras

Elaboração do autor.

Diante desse contexto, o PAT para o setor de edificações visa ao desenvolvimento de fogões solares avançados no Brasil, tendo como foco de aplicação domicílios rurais que utilizam biomassa tradicional para cocção. Por fogões solares avançados, entende-se modelos equipados com placas de indução acopladas a baterias alimentadas por painéis fotovoltaicos.

Essa tecnologia promove diversos benefícios econômicos, energéticos, ambientais e sociais. Entre os benefícios econômicos, estão a oportunidade de geração de renda pelo aumento do tempo disponível dos usuários para exercer atividades remuneradas, uma vez que estes tipicamente despendem muito tempo

na coleta de combustível. Ademais, diminuem a necessidade de gastos governamentais com saúde pública⁶ e representam uma oportunidade de negócio para empreendedores. Entre os benefícios energéticos, estão o aumento na utilização de energias renováveis e segurança energética, em virtude da autossuficiência na geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos. Em relação aos benefícios sociais, os fogões solares estimulam o empreendedorismo social e a geração de empregos. Finalmente, os benefícios ambientais são a redução da emissão de poluentes atmosféricos, de GEE e do desmatamento, tendo em vista que parte da biomassa utilizada para cocção pode ser oriunda de florestas nativas.

5.2. Escopo e ambição

Diante do exposto acima, o PAT tem como escopo o desenvolvimento de projeto de fogões solares fotovoltaicos com indução elétrica, com o objetivo de reduzir a dependência da disponibilidade de recursos para operação e aumentar a eficiência de cocção. Tal escopo visa atender às regiões isoladas e às zonas rurais, em que a biomassa tradicional pode representar a única possibilidade de combustível acessível para a cocção. A opção por um modelo mais avançado de fogão solar tem como objetivo impulsionar uma alternativa tecnológica relativamente simples, mas que ofereça um serviço energético eficiente e que alcance alta adesão pela população.

Tem-se como ambição desenvolver protótipo e aplicação-piloto de fogões solares com indução, de forma a fornecer serviço energético em edificações domiciliares localizadas em regiões com elevado índice de cocção a partir de biomassa tradicional. O desenvolvimento do protótipo visa criar um modelo eficiente e adequado à realidade nacional, enquanto a aplicação-piloto objetiva reduzir a resistência cultural a partir do acesso à tecnologia e do treinamento dos usuários para sua utilização.

Quadro 56 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolver um projeto de fogões solares fotovoltaicos com indução, com o objetivo de reduzir dependência da disponibilidade de recursos para operação e aumentar eficiência de cocção.	Desenvolvimento de protótipo e aplicação-piloto de fogões solares com indução em edificações domiciliares localizadas em regiões com elevado índice de cocção a partir de biomassa tradicional.

Elaboração do autor.

⁶ A utilização de biomassa tradicional, como combustível para cocção, expõe usuários ao contato com poluentes atmosféricos e gases tóxicos, que provocam diversos malefícios à saúde. Desta forma, sua substituição por fogões solares contribui com a saúde e a qualidade de vida dos usuários, potencialmente reduzindo despesas governamentais com tratamentos médicos.

5.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Foram identificadas 15 importantes barreiras ao desenvolvimento e à difusão dos fogões solares no país. Entre estas, foram selecionadas aquelas que, caso não superadas, impediriam a disseminação da tecnologia, considerando-se o prazo de aplicação do projeto até 2030. Foram identificadas seis barreiras críticas para o desenvolvimento, a disseminação e a aplicação dos fogões solares.

A dependência de irradiação solar e a baixa autonomia limitam a utilização de modelos de fogões solares simplificados. Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de modelos mais eficientes, que permitam a cocção simultânea de diferentes alimentos, o alcance de temperaturas mais elevadas e que possuam maior durabilidade. Neste sentido, o principal desafio tecno-

lógico associado ao desenvolvimento dos fogões solares avançados consiste na integração dos componentes individuais e na formação de um *design* adequado à necessidade dos usuários. Estes componentes são amplamente utilizados em diversos setores industriais.

Dessa forma, identificou-se a existência de barreiras associadas à ausência de mercado, com cadeias de valor constituídas para o produto, a expectativa de baixa lucratividade e o aumento nos custos do produto pela inclusão dos componentes, que dificultam seu desenvolvimento no país. Ademais, a resistência cultural associada à mudança nos padrões de cocção e a consequente necessidade de capacitação dos usuários representam um desafio para a difusão da tecnologia.

Nós críticos priorizados

Barreiras priorizadas

Ambição



Figura 14 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Nesta seção, são apresentadas as etapas para a execução do PAT de fogões solares fotovoltaicos com indução elétrica. Três ações interdependentes precisam ser implementadas para o atingimento da ambição deste Plano: *design*, protótipo e aplicação e disseminação da tecnologia.

A Ação 1 tem como objetivo definir o *design* de fogão solar fotovoltaico com indução mais apropriado para o caso brasileiro. Para tal, é necessário conhecer os modelos já fabricados e disponíveis no mercado e caracterizar a localidade potencial de aplicação, a fim de definir um modelo adequado para a realidade local. A Ação 2 visa desenvolver um protótipo de fogões solares e testar o produto. Dois modelos de fogões foram propostos: um compacto remoto (500 W-550 W e *cooktop* de indução com uma boca) e outro maior (1000 W e *cooktop* de indução com duas bocas), com possibilidade de conexão à rede de energia elétrica. As atividades desta etapa compreendem passos de elaboração dos componentes do fogão, integração e testagem. Por fim, a Ação 3 objetiva a aplicação-piloto do protótipo desenvolvido em domicílios da localidade selecionada, a fim de promover

uma ampla disseminação dos resultados alcançados com a adoção da iniciativa-piloto. Para a aplicação do protótipo, além da necessidade de fabricação e montagem do equipamento, deve-se realizar um programa de capacitação, de forma a treinar os usuários para utilização correta dos fogões. A disseminação da tecnologia compreende, ainda, contratação de serviços de geração de conteúdo digital, elaboração de plano de comunicação visando à definição do público-alvo e à estratégia de comunicação dos resultados da aplicação-piloto, bem como demonstração da tecnologia em eventos e filiação às associações de energia solar.

A definição de ações e atividades, assim como a estimativa de custos, baseou-se em pesquisa bibliográfica e de mercado (ARAMESH *et al.*, 2019; COELHO *et al.*, 2018; GIODA, 2019; JOSHI; JANI, 2015; UHLIG, 2008; SIBIYA; VENUGOPAL, 2017; ABRADI, 2020; SHE, 2017; TNO, 2020). Ademais, para estimar custos, considerou-se a utilização de painéis fotovoltaicos de silício monocristalino, com uso de baterias para armazenamento de 3 horas e inversores (alimentação em corrente alternada).

Ação 1 e atividades relacionadas

A Ação 1 do PAT objetiva definir o *design* do fogão solar fotovoltaico com indução mais apropriado para o caso brasileiro. Para atingir esse objetivo, inicialmente, deverão ser obtidos dados sobre modelos disponíveis de fogões solares, por meio de pesquisa junto a fabricantes de fogões solares fotovoltaicos com indução disponíveis no mercado internacional. Os parâmetros a serem verificados deverão ser componentes utilizados, eficiência e custo.

Em seguida, compreende a identificação de localidade potencial para aplicação de fogões solares, por meio de pesquisa com escopo predefinido de regiões rurais com baixa renda *per capita*, nas quais a lenha seja a principal fonte de energia utilizada para cocção.

Ademais, é necessário realizar uma pesquisa amostral, a partir da aplicação de questionários em domicílios para identificar características específicas da região, como renda familiar, número de moradores por domicílio, hábitos alimentares e existência de conexão à rede de energia elétrica local. Finalmente, deve ser definido um modelo adequado de fogão solar a ser aplicado a partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores. Isto porque, dependendo das características identificadas nas localidades de aplicação da pesquisa, é possível decidir entre a elaboração de modelos mais compactos e remotos ou maiores e com integração na rede de energia elétrica.

Quadro 57 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – DEFINIÇÃO DO DESIGN DO FOGÃO SOLAR FOTOVOLTAICO COM INDUÇÃO MAIS APROPRIADO PARA O CASO BRASILEIRO	
Subatividade 1.1	Levantar dados sobre modelos disponíveis de fogões solares fotovoltaicos com indução
Subatividade 1.2	Identificação de localidade potencial para aplicação de fogões solares
Subatividade 1.3	Levantar dados do padrão de cocção nos domicílios na localidade potencial
Subatividade 1.4	Definição do <i>design</i> do fogão

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 do PAT objetiva desenvolver e testar o protótipo de fogão solar fotovoltaico com indução.

A primeira atividade visa definir o tipo de protótipo a ser desenvolvido de acordo com sua aplicação, pois diferentes tipos de fogões solares fotovoltaicos com indução podem ser aplicados. Por exemplo, um modelo compacto, com um *cooktop* de indução remoto, ou maior, com dois *cooktops* de indução e ligação com a rede elétrica. Para cada modelo, é necessário definir as especificações técnicas requeridas, a modelização dos protótipos e a simulação do uso em diferentes condições. A atividade seguinte tem como objetivo desenvolver o módulo fotovoltaico. Para tal, é necessário escolher e dimensionar os painéis fotovoltaicos, avaliar a viabilidade e a eficiência para a aplicação de diferentes tipos de células fotovoltaicas, identificar os componentes do módulo fotovoltaico e otimizar sua integração nos protótipos. A escolha do tipo de célula fotovoltaica afeta diretamente a eficiência e o *design* do protótipo. Células de silício monocristalino, por exemplo, são mais eficientes e disponíveis no mercado atualmente. Células de filmes finos e células orgânicas são menos eficientes, mas possuem as vantagens de flexibilidade e leveza, e são menos afetadas em seu desempenho, ao operarem em temperaturas acima da temperatura nominal para a qual são especificadas.

A terceira atividade visa desenvolver o sistema de armazenamento de energia dos protótipos fogões solares. Para tal, deve-se dimensionar as baterias, identificar demais componentes requeridos para o sistema de armazenamento e otimizar sua integração nos protótipos. Por sua vez, a quarta atividade tem como objetivo desenvolver o sistema de indução, de forma a avaliar a aplicabilidade do *cooktop* de indução e escolher o modelo mais adequado e com melhor custo-benefício. Assim, é possível otimizar o *design* do sistema de indução para melhor configuração operacional. A subatividade 2.5 tem como objetivo o desenvolvimento dos componentes auxiliares necessários para o protótipo, como inversores, controladores de carga, conectores, cabos, entre outros, otimizando sua integração na interface. A sexta atividade visa estimar os custos e integrar todos os componentes especificados nas etapas anteriores, para, assim, montar e especificar o protótipo. A montagem do protótipo de todos os módulos e componentes é realizada em laboratório, onde também ocorre a especificação técnica dos produtos, de forma a determinar, por exemplo, sua dimensão, seu peso, sua autonomia e sua eficiência. Finalmente, a última atividade tem como objetivo testar o protótipo desenvolvido. Para tal, o equipamento é submetido à operação em diferentes condições, nas quais seu desempenho é monitorado e analisado.

Quadro 58 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – DESENVOLVIMENTO E TESTE DO PROTÓTIPO DE FOGÃO SOLAR FOTOVOLTAICO COM INDUÇÃO	
Subatividade 2.1	Desenvolvimento do protótipo de acordo com aplicação: compacto remoto ou maior, com <i>switch</i> para a rede elétrica
Subatividade 2.2	Desenvolvimento do módulo fotovoltaico
Subatividade 2.3	Desenvolvimento do sistema de armazenamento de energia
Subatividade 2.4	Desenvolvimento do sistema de indução
Subatividade 2.5	Desenvolvimento dos componentes auxiliares: inversores, controladores etc.
Subatividade 2.6	Estimação do custo e integração dos componentes, montagem e especificação
Subatividade 2.7	Teste de operação do protótipo

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

A Ação 3 objetiva realizar uma aplicação-piloto e conduzir subatividades visando à disseminação dos benefícios da tecnologia de fogões solares fotovoltaicos com indução. A primeira atividade tem como objetivo estabelecer arranjos institucionais e de governança para a aplicação-piloto. Tais arranjos incluem autorizações dos proprietários dos domicílios, autorizações e participação ativa de instituições locais, como prefeituras, Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREAs), entre outras, elementos que são fundamentais para a implementação bem-sucedida do PAT.

A atividade seguinte visa realizar a aplicação-piloto para 30 fogões na localidade selecionada, conforme a subatividade 1.3. Esta atividade é composta por duas etapas, sendo a primeira formada pela elaboração de programa de treinamento e capacitação para os beneficiários da tecnologia e a segunda pela com-

pra, pela montagem e pela manutenção dos kits de fogões solares. A elaboração de programa de treinamento inclui, além da criação, etapas de preparação, treinamento, monitoramento contínuo e avaliação do programa. A compra de todos os componentes e a instalação devem ser realizadas por empresa e mão de obra especializadas, assim como a manutenção dos equipamentos.

Finalmente, a terceira atividade tem como objetivo disseminar a tecnologia e os resultados da aplicação-piloto. Para tal, a atividade compreende: filiação às associações nacionais e internacionais de fogões solares e energia solar fotovoltaica; contratação de serviços de elaboração de conteúdo digital; participação em congressos nacionais e internacionais; e contratação de equipe para elaboração e aplicação de plano de comunicação junto ao público-alvo do Plano.

Quadro 59 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – APLICAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DA TECNOLOGIA	
Subatividade 3.1	Estabelecimento de arranjos institucionais, jurídicos e de projeto para a aplicação-piloto dos fogões solares
Subatividade 3.2	Aplicação-piloto do protótipo de fogão solar por indução em 30 domicílios na localidade selecionada
Subatividade 3.3	Disseminação dos benefícios da tecnologia e resultados da aplicação-piloto

Elaboração do autor.

5.4. Identificação de stakeholders e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A fim de que a execução do Plano seja bem-sucedida, para cada uma das ações propostas foram selecionados atores (setores público e privado, associações e entidades representativas, entre outros) que pudessem colaborar na sua implantação.

Devem ser destacadas, inicialmente, potenciais instituições coordenadoras do Plano, como o MDR e o MME. O MDR possui, entre outras atribuições, a de formular e conduzir planos e programas regionais de desenvolvimento e de estabelecer estratégias de integração das economias regionais. Este Ministério possui o desafio de integrar diversas políticas públicas de infraestrutura urbana e de promoção do desenvolvimento regional e produtivo. Estas funções são bastante alinhadas aos objetivos das ações propostas, sobretudo as Ações 1 e 3, que visam identificar a localidade para aplicação-piloto dos fogões solares e implementá-los. Por sua vez, o MME apresenta-se como um potencial órgão coordenador, pois atua no desenvolvimento energético das zonas rurais e no estabelecimento de políticas nacionais de aproveitamento de recursos energéticos

que promovam o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Finalmente, empresas do setor de energia solar, bem como universidades e institutos de pesquisa com *expertise* na área, poderiam atuar na condição de coordenadores ou parceiros técnicos para a execução de atividades do Plano.

Outros atores que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia, ou cuja missão pode contribuir aos propósitos do PAT, podem ser destacados: i) potenciais agentes financiadores de atividades do Plano (ME, Finep, BNDES, CNPq, bancos multilaterais e de desenvolvimento); ii) parceiros institucionais que poderiam compor a estrutura de governança ou serem público-alvo das atividades de disseminação do projeto (associações nacionais e internacionais de energia solar fotovoltaica, CNI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Abinee); e iii) parceiros técnicos de atividades pontuais do Plano (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Senai, IBGE, prefeituras, CREAs e lideranças comunitárias).

Quadro 60 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MDR	O MDR foi criado em janeiro de 2019 com o desafio de integrar, em uma única Pasta, as diversas políticas públicas de infraestrutura urbana e de promoção do desenvolvimento regional e produtivo. Em virtude do alinhamento de ações do PAT com a missão do MDR, este Ministério poderia atuar como coordenador do PAT.
MME	Em virtude da competência de energização rural e agroenergia, inclusive eletrificação rural, quando custeada com recursos vinculados ao setor elétrico, poderia atuar como coordenador do PAT.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Bancos comerciais e bancos multilaterais de desenvolvimento	Bancos multilaterais de desenvolvimento são organizações formadas por três ou mais países com o objetivo de financiar projetos ou empresas privadas ou públicas. Bancos comerciais são uma importante fonte de financiamento para capital de giro, empréstimos – ponte e de longo prazo para projetos de energia. Poderiam atuar como agentes financiadores das atividades do Plano.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar na mobilização de atores visando ao financiamento das ações do PAT.
Universidades e grupos de pesquisa atuantes na área de aplicação	Atuam em linhas de atividades associadas com as aplicações de sistemas fotovoltaicos, como pesquisas acadêmicas, desenvolvimento de estudos nas diversas áreas de aplicação da energia solar no Brasil. Poderiam atuar na coordenação ou como parceiros técnicos para realização de atividades do Plano, em particular nas capacitações para operação dos fogões solares.
Empresas do setor de energia solar e fabricantes de materiais	Responsáveis pelo fornecimento de equipamentos e material para construção do protótipo, como módulos fotovoltaicos, placas de indução, sistemas de armazenamento, inversores e componentes auxiliares. Poderiam atuar na coordenação ou como parceiros técnicos para realização de atividades do Plano.
Associações nacionais e internacionais de energia solar fotovoltaica (Absolar, CSEM, Abens, Abinee, Abeama, Abipti, SCI, entre outras)	As associações congregam profissionais e empresas de toda a cadeia produtiva do segmento solar fotovoltaico com operações, incluindo fabricantes de insumos, componentes e equipamentos, distribuidores e revendedores de componentes e equipamentos, empresas integradoras, empresas de engenharia, consultoria, seguros e demais prestadores de serviços, desenvolvedores, geradores e comercializadores de energia, federações de indústrias, centros de pesquisa, universidades, investidores, entidades financiadoras, entre outros. Poderiam compor a estrutura de governança ou serem público-alvo das atividades de disseminação do projeto.
ABDI	Atuação em áreas estratégicas por meio de programas de incentivo, investimentos, capacitação e ações com <i>players</i> da indústria de diferentes setores. Poderia compor a estrutura de governança ou ser público-alvo das atividades de disseminação do projeto.
CNI	Principal representante da indústria brasileira na defesa e na promoção de políticas públicas que favoreçam o empreendedorismo e a produção industrial. Poderia compor a estrutura de governança ou ser público-alvo das atividades de disseminação do projeto.
Abinee	A Abinee é uma associação que representa os setores elétrico e eletrônico de todo o Brasil, inclusive fabricantes de equipamentos e componentes do segmento solar fotovoltaico. Tem papel na articulação e na capacitação das empresas elétricas e eletrônicas brasileiras, atuando como um agente facilitador aos objetivos estratégicos e táticos de suas associadas. Poderia compor a estrutura de governança ou ser público-alvo das atividades de disseminação do projeto.
Senai	Maior complexo privado de educação profissional da América Latina, com 28 áreas da indústria brasileira, desde a iniciação profissional até a graduação e a pós-graduação tecnológica. Poderia atuar na subatividade 3.2.
IBGE	Principal provedor de dados e informações do país, que atendem às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil, bem como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal. Poderia atuar nas subatividades 1.2 e 1.3.
Prefeituras, CREAs e lideranças comunitárias	Estabelecem os arranjos institucionais e jurídicos e permitem o engajamento social para a aplicação do PAT. Poderiam atuar nas subatividades 3.1 e 3.2.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano é de quatro anos e meio, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento e à difusão de fogões solares fotovoltaicos com indução.

No cronograma proposto, observa-se que algumas atividades são realizadas simultaneamente. As subatividades 2.1 a 2.5, por exemplo, podem ser implementadas concomitantemente, na medida em que visam desen-

volver os diferentes componentes do protótipo. A conclusão bem-sucedida destas atividades impacta diretamente a realização das subatividades subsequentes (2.6 e 2.7), que envolvem a especificação e o teste do produto e, por este motivo, dependem dos resultados anteriores. Ademais, na Ação 3 (aplicação do programa-piloto), a subatividade 3.3 ocorre simultaneamente à atividade anterior e estende-se até após o seu término, de forma que haja tempo suficiente para reportar os resultados obtidos.

Quadro 61 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	█																	
1.2	█																	
1.3		█																
1.4		█																
2.1			█															
2.2			█															
2.3			█															
2.4			█															
2.5			█															
2.6				█														
2.7					█													
3.1						█												
3.2							█	█										
3.3							█	█	█									

Elaboração do autor.

5.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do Plano para os fogões solares fotovoltaicos com indução é de R\$ 2,6 milhões. A ação de aplicação-piloto dos fogões solares fotovoltaicos representa mais da metade do custo (59%), totalizando, aproximadamente, R\$ 1,5 milhão. Em seguida, a ação que objetiva o desenvolvimento de um protótipo de

fogão solar fotovoltaico para o caso brasileiro representa 29% do custo, totalizando cerca de R\$ 770 mil. A ação de *design*, que visa definir um modelo adequado de fogão solar para o caso brasileiro, apresenta o menor custo entre as ações do Plano (12%), totalizando, aproximadamente, R\$ 330 mil.

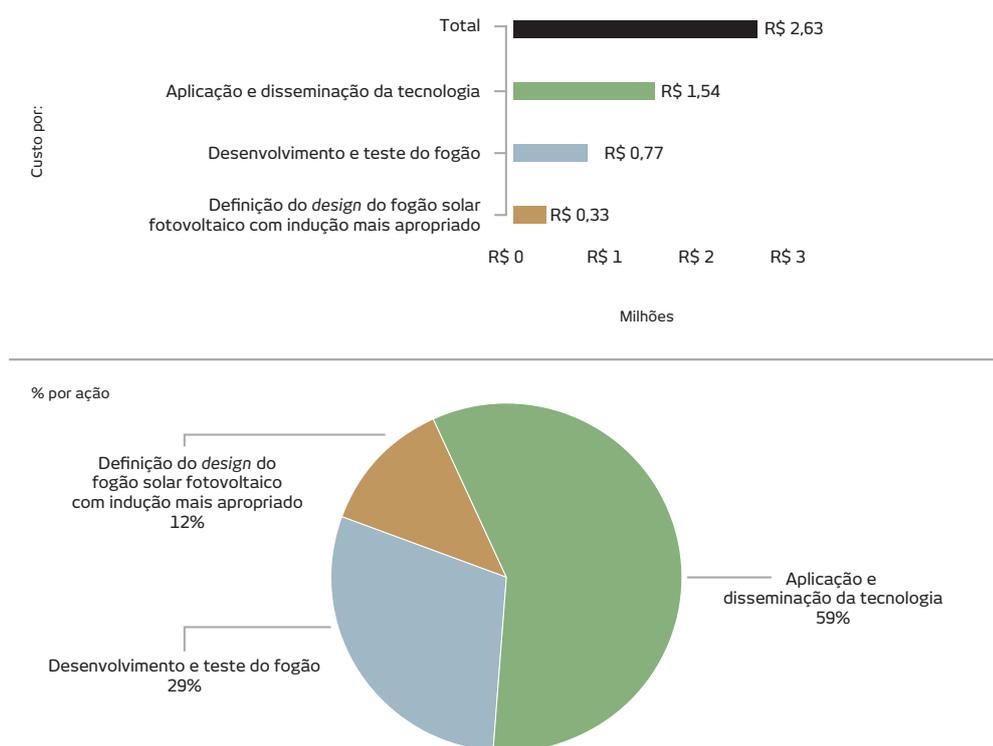


Figura 15 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de fogões solares fotovoltaicos com indução

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento visando à posterior difusão da tecnologia, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

5.6. Plano de riscos e contingenciamento

Para cada grupo de atividades em cada ação, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 3.1 e 3.2, que objetivam estabelecer arranjos ins-

titucionais e aplicar a tecnologia em 30 domicílios. Estes riscos estão associados, principalmente: à falta de envolvimento dos atores na iniciativa; à dificuldade de aprendizado e ao uso inadequado do *kit* do fogão solar; à baixa aceitação da tecnologia pelos beneficiários; a eventuais atrasos na instalação; a problemas com a manutenção dos *kits* de fogões solares; e à falta de coordenação técnica. De forma a mitigar tais riscos, propõem-se algumas medidas de contingenciamento, como: o estabelecimento de ACTs e de contrato; a obtenção de autorização da concessionária de energia elétrica; ministrar treinamento e monitorar a instalação, o uso e a eventual manutenção dos fogões solares; mobilizar agentes governamentais, ONGs, lideranças regionais e corpo técnico para facilitar o diálogo com a população, visando remover barreiras culturais; entre outras.

Quadro 62 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Levantar dados sobre modelos disponíveis de fogões solares fotovoltaicos com indução	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade no acesso aos dados, falta de coordenação técnica da atividade e dificuldade de contratação de mão de obra qualificada.	Baixo	Buscar parcerias com centros de pesquisas e estabelecer ACTs com instituições competentes. Ademais, deve ser elaborado Termo de Referência para contratação da atividade com atribuição do papel de coordenação técnica.
1.2 Identificar localidade potencial para aplicação de fogões solares	Risco técnico e risco organizacional	Erro no tratamento dos dados, ocasionando a seleção de localidades inapropriadas. Falta de coordenação da atividade e dificuldade de contratação de mão de obra qualificada.		Contratação de fundações de apoio à pesquisa e de centros de P&D+I de excelência, com papel de coordenador técnico claramente definido no Termo de Referência.
1.3 Levantar dados do padrão de cocção nos domicílios na localidade social	Risco técnico	Erro no tratamento dos dados, ocasionando a seleção de localidades inapropriadas.		Estabelecer ACTs com instituições competentes.
1.4 Definir <i>design</i> do fogão	Risco técnico e risco organizacional	Definição de modelo não adequado à finalidade de aplicação. Falta de coordenação da atividade e dificuldade de contratação de mão de obra qualificada.		Validação dos resultados com corpo técnico competente. Contratação de fundações de apoio à pesquisa e de centros de P&D+I de notório saber na atividade.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Desenvolvimento do protótipo de acordo com aplicação: compacto remoto ou maior, com <i>switch</i> para a rede elétrica	Risco técnico	Definição de modelo não adequado à finalidade de aplicação.	Baixo	Identificar instituições parceiras capazes de colaborar na validação do resultado. Mais do que isso, a definição deve, necessariamente, contar com o apoio da coordenação técnica do projeto.
2.2 Desenvolvimento do módulo fotovoltaico	Risco técnico, risco de custo e risco organizacional	Podem ocorrer falhas na execução das atividades e escolha dos materiais, acidentes de execução, quebra e dificuldade na aquisição de equipamentos. Tem-se o risco de elevação dos custos em face da variação do câmbio, aumentando o preço de componentes importados. Pode ocorrer falta de coordenação técnica entre atores mobilizados para o desenvolvimento simultâneo dos componentes do protótipo, o que causaria atraso nas atividades.	Médio	Contratar instituições parceiras com ampla <i>expertise</i> na execução da atividade. Ademais, podem ser estabelecidos mecanismos de <i>hedge</i> cambial na aquisição de componentes importados. O acompanhamento do coordenador técnico deve garantir o cumprimento dos prazos e a integração das atividades. Devem ser realizadas reuniões regulares entre os atores mobilizados. Finalmente, foram estimados custos de reposição dos componentes em virtude de possíveis quebras.
2.3 Desenvolvimento do sistema de armazenamento de energia				
2.4 Desenvolvimento do sistema de indução				
2.5 Desenvolvimento dos componentes auxiliares: inversores, controladores etc.				
2.6 Estimação do custo e integração dos componentes, montagem e especificação	Risco técnico, risco de custo e risco organizacional	Podem ocorrer falhas na execução da atividade, quebra de equipamentos, resultados inesperados e/ou ineficientes. Ademais, a falta de coordenação técnica entre atores mobilizados para o desenvolvimento dos componentes do protótipo pode ocasionar atrasos na montagem do protótipo. Por fim, as estimativas podem ser super ou subdimensionadas.	Médio	Contratar instituições parceiras com ampla <i>expertise</i> na execução da atividade. Estabelecer parâmetros mínimos de controle de qualidade. Desenvolvimento de <i>loop de feedback</i> para identificação de eventuais problemas na integração de componentes. O acompanhamento do coordenador técnico deve garantir o cumprimento dos prazos e a integração das atividades. Devem ser realizadas reuniões regulares entre os atores mobilizados. Ademais, poderão ser validados resultados com instituições parceiras e fabricantes de fogões solares, com vistas a minimizar problemas na estimativa de custos do protótipo.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.7 Teste de operação do protótipo	Risco técnico	Podem ocorrer falhas na execução da atividade, quebra de equipamentos, resultados inesperados e/ou ineficientes.	Baixo	Devem ser estabelecidos parâmetros mínimos de performance do protótipo, bem como desenvolvido <i>loop de feedback</i> para identificação dos eventuais problemas no protótipo.
3.1 Estabelecimento de arranjos institucionais, jurídicos e de projeto para a aplicação-piloto dos fogões solares	Risco institucional	Falta de envolvimento dos atores na iniciativa.	Alto	Estabelecimento de ACT com a prefeitura e as lideranças locais para o acompanhamento da iniciativa, bem como autorização da concessionária de energia elétrica e supervisão da instalação por engenheiro do CREA. Mais do que isso, o assessor de mobilização deve ser responsável por apresentar os benefícios da tecnologia para os proprietários de domicílios aptos a receberem a tecnologia.
3.2 Aplicação-piloto do protótipo de fogão solar por indução em 30 domicílios na localidade selecionada	Risco institucional, risco técnico e risco organizacional	Falta de envolvimento dos atores na iniciativa, Dificuldade de aprendizado e uso inadequado do <i>kit</i> do fogão solar. Baixa aceitação da tecnologia (resistência cultural). Atraso na instalação e falta de manutenção dos <i>kits</i> de fogões solares. Falta de coordenação técnica nas atividades.	Alto	Estabelecimento de contratos com os beneficiários da tecnologia, exigindo como contrapartida a utilização exclusiva do fogão de indução para a cocção, bem como garantias de zelo pelo bem do produto. Ministrando treinamento e monitorar a instalação, o uso e a eventual manutenção dos fogões solares. Obter constante <i>feedback</i> sobre a utilização do produto. Monitoramento ativo da utilização dos fogões solares pelos beneficiários, mobilização de agentes governamentais, ONGs, lideranças regionais e corpo técnico para facilitar o diálogo com a população e remover barreiras culturais. Contratar empresa com experiência na instalação de fogões solares, e coordenador técnico das atividades.
3.3 Disseminação dos benefícios da tecnologia e resultados da aplicação-piloto	Risco organizacional	Não provocar impacto relevante na indústria e organizações de forma a estimular o interesse pela tecnologia. Inexistência de mão de obra qualificada para atingir os resultados da atividade.	Baixo	Mobilizar diferentes agentes para a promoção da tecnologia e aplicação-piloto, por meio da produção de conteúdo digital de fácil acesso. Contratar profissionais com ampla <i>expertise</i> em produção e disseminação de conteúdo digital. Prever, em contrato, metas de produtividade e acesso ao conteúdo digital.

Elaboração do autor.

6.

Plano de Ação Tecnológica **para Materiais Inovadores para Cimento**



6. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MATERIAIS INOVADORES PARA CIMENTO

6.1. Definição da tecnologia

Cimentos podem ser definidos como o elemento aglomerante que, misturado à água e outros agregados, produz materiais básicos para a construção civil, como concretos e argamassas, sendo o produto manufaturado mais consumido em todo o mundo, em termos de volume (IEA, 2018; SNIC, 2019).

Contudo, seu processo de produção é responsável por um grande volume de emissões de GEE por unidade de produto, o que, aliado à grande escala na qual é produzido, resulta em uma parte considerável do volume de emissões globais. A cada ano, estima-se que a indústria do cimento seja responsável por cerca de 7% das emissões de GEE de todo o mundo (SNIC, 2019).

Parte considerável dessas emissões está diretamente associada à produção do clínquer, principal constituinte do cimento Portland tradicional. Seu processo produtivo consiste, basicamente, no aquecimento do calcário a altas temperaturas (cerca de 1400 °C), na chamada reação de calcinação, que é a decomposição da molécula de CaCO_3 em CaO , base do clínquer e CO_2 . Assim, o processo libera para a atmosfera dióxido de carbono em mesma proporção molar em que gera o produto desejado, o que representa as chamadas emissões de processo. Além disso, a alta demanda de energia desta etapa, em particular, e, em menor grau, de outras fases do processo, é suprida, principalmente, por combustíveis fósseis, o que também proporciona emissões de GEE de natureza energética. *Grosso modo*, as emissões de processo e energéticas do cimento dividem-se em 60% e 40% da liberação de GEE para a atmosfera, respectivamente (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018; SNIC, 2019).

Desse modo, boa parte da pesquisa do setor de produção de cimento, que objetiva a melhora do desempenho am-

biental da indústria, concentra-se, atualmente, em reduzir a proporção de clínquer na mistura final que compõe o produto cimento Portland, mantendo ou, se possível, melhorando as propriedades do material e sua confiabilidade.

Particularmente, uma das técnicas mais adotadas pela indústria para, entre outras finalidades, melhorar o desempenho ambiental do produto, é a incorporação de outros materiais, geralmente resíduos de processos industriais ou substâncias abundantes e de baixo custo, à mistura para formular cimentos com menor teor de clínquer em sua composição. A indústria brasileira de cimento, por exemplo, vem continuamente realizando esforços para reduzir o teor médio de clínquer no produto, tendo saído de uma relação clínquer/cimento de 80%, em 1990, para 67%, em 2014 (SNIC, 2019).

Desses materiais, denominados adições minerais ou MCS,⁷ destacam-se a escória granulada de alto-forno, as cinzas volantes de carvão mineral, o fíler calcário e as argilas calcinadas.

A escória granulada de alto-forno é um subproduto da manufatura de ferro-gusa, sintetizado pelo rápido resfriamento da escória líquida, gerada no alto-forno, em um equipamento industrial específico para sua produção (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018). No Brasil, seu uso como MCS data de cerca de sete décadas, tendo o setor de cimento sido destino de 95% de toda a escória granulada de alto-forno produzida no país em 2014 (SNIC, 2019). A maior barreira para o aumento de seu uso é a disponibilidade futura do material, visto que, mesmo com um aumento esperado da atividade do setor siderúrgico junto com o setor de cimento, prevê-se que os processos de produção de ferro-gusa tornem-se continuamente mais eficientes, produzindo,

⁷ Quando os minerais são incorporados ao cimento ainda na fábrica, denominam-se adições minerais. Se a mistura ocorre fora da fábrica, são considerados como MCS (RIBEIRO *et al.*, 2017).

proporcionalmente, um menor teor de escória em relação ao produto desejado, comprometendo o crescimento da oferta do material para uso como MCS (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018; SNIC, 2019).

Por sua vez, cinzas volantes são resíduos da geração elétrica em usinas termelétricas a carvão mineral. No Brasil, como a atividade de geração termelétrica concentra-se na região Sul, a produção de cimentos que usam cinzas volantes como MCS também é centralizada nesta região. Similarmente ao caso da escória granulada de alto-forno, espera-se, para o futuro, uma redução da disponibilidade deste resíduo, dadas as tendências globais de descarbonização de matrizes elétricas, que deverá dificultar o aumento da participação de termelétricas no mundo e no Brasil, inclusive (SNIC, 2019).

Denominam-se filler materiais particulados de minerais inertes ou de baixa reatividade, produzidos pelo processo de moagem, que podem ser usados como MCS para reduzir a proporção de clínquer na mistura que forma o cimento. Para a indústria do cimento, o principal tipo aplicado é o filler calcário. Por não demandar calcinação, apenas energia para moagem, a substituição do clínquer por filler calcário é capaz de reduzir a pegada de carbono do cimento quase proporcionalmente à taxa de substituição entre os materiais. Além disso, baixos teores de adição de filler calcário ao cimento, de até 5%, têm o potencial de melhorar propriedades do material. Contudo, adições com teores superiores a 10% atuam, basicamente, como um diluente físico do cimento, tendendo a reduzir sua resistência mecânica. Tal efeito pode ser compensado por modificações no tamanho de partícula e pelo uso de aditivos químicos dispersantes (JOHN *et al.*, 2018).

O uso de argilas calcinadas como MCS é dotado de considerável experiência pelos produtores de cimento no Brasil, já estando disponível uma base normativa para sua aplicação isolada como adição no cimento. Entretanto, seu potencial de mitigação associado à substituição do clínquer é inferior às demais adições, visto que o processo de calcinação da argila demanda um relativamente alto consumo de energia térmica, consequentemente de combustíveis fósseis. Ainda assim, estima-se uma redução de cerca de três quartos das emissões em relação à produção de clínquer (SNIC, 2019).

Há, ainda, outros materiais com potencial para substituir clínquer na composição do cimento capazes de

reduzir significativamente a intensidade de carbono do cimento. No Brasil, em particular, cinzas oriundas da queima de biomassa, sobretudo do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz, são geradas em grande quantidade no processamento agroindustrial das *commodities*, podendo ser aproveitadas para substituição parcial do clínquer no cimento. Tais materiais, contudo, encontram barreiras associadas à logística e à qualidade do fornecimento, visto que, diferentemente das cinzas da queima de carvão mineral geradas de forma concentrada em grandes usinas termelétricas, a oferta de cinzas de biomassa é pulverizada em diversos produtores, que, por sua vez, utilizam diferentes tecnologias de combustão (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Em suma, dada a saturação da oferta dos substitutos do clínquer com qualidade e cadeias de suprimento bem estabelecidas, faz-se necessária a exploração de recursos marginais, tais como escória granulada de alto-forno, cinzas volantes de carvão mineral, filler calcário e argilas calcinadas, para que se possam atingir menores teores de clínquer no cimento no futuro, sobretudo em cenários de aumento da demanda da economia pelo ligante. Isso envolve desafios tecnológicos, tanto pelo lado da produção quanto para a difusão e a aceitação desses novos cimentos pelo conservador mercado da construção civil.

O uso da MCS possui uma série de cobenefícios associados. Sob o ponto de vista econômico, permite uma redução de custos relativamente ao clínquer. Ainda, tem grande potencial de geração de emprego e renda associado à formação da cadeia de suprimento de MCS. Em termos energéticos, tem-se que a etapa com maior consumo de combustíveis no processo de produção é a calcinação do CaCO_3 para obtenção do clínquer, na qual se utiliza, como principal insumo energético no Brasil, o coque de petróleo. Assim, ao substituir parte do clínquer na mistura que forma o cimento Portland, o aumento do teor de adições tende a reduzir a demanda por combustíveis fósseis. E, ao nível ambiental, tem-se a redução das emissões de processo, com mesma proporção molar entre a adição de MCS e o produto gerado (cimento), bem como material particulado (NO_x e SO_x). Finalmente, pode-se destacar a redução de impacto na biodiversidade em virtude da queda na demanda por mineração de calcário.

Nesse contexto é formulado o PAT para materiais inovadores de cimento, tendo-se, na sequência, o escopo e a ambição do Plano.

6.2. Escopo e ambição

O Plano deve atuar sobre diferentes pontos da cadeia de valor do cimento. Inicia com a compreensão do potencial de oferta de matérias-primas alternativas que permitam novas formulações de cimentos com baixo teor de clínquer, passando pelo desenvolvimento em laboratório de novos produtos confiáveis, pela avaliação de desempenho técnico, econômico e ambiental da produção do novo produto em escala industrial e, finalmente, pela capacitação de usuários para disseminação do produto e das técnicas adequadas para seu uso eficiente.

Portanto, o escopo definido para o plano é desenvolver cimentos que atendam às normas vigentes de qualidade e possuam teor de clínquer limitado à metade de sua composição, complementada com materiais alternativos abundantes. Como ambição, definiu-se a comprovação da viabilidade técnica, econômica e ambiental de um cimento inovador com teor de clínquer igual ou inferior a 50%, complementado com outras matérias-primas abundantes e de baixo custo até 2030.

Quadro 63 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolver cimentos que atendam às normas de qualidade e possuam teor de clínquer limitado à metade de sua composição, complementada com materiais alternativos abundantes.	Comprovar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um cimento inovador com teor de clínquer igual ou inferior a 50%, complementado com outras matérias-primas abundantes e de baixo custo até 2030.

Elaboração do autor.

6.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Para propor o atingimento da presente ambição, foram identificados os nós considerados críticos e as respectivas barreiras a eles associadas. Para endereçá-las, é proposto um conjunto de medidas, que, na próxima subseção, serão definidas como ações do PAT.

Para o nó crítico de matérias-primas, cujas barreiras associadas relacionam-se à disponibilidade e à baixa reatividade dos materiais alternativos para a formulação do cimento, propõem-se como medidas uma quantificação prévia da disponibilidade dos materiais candidatos em escopo regional, trazendo-a em perspectiva com a escala da indústria de cimento, e o de-

envolvimento e a análise experimental de novas formulações de cimentos contendo baixo teor de clínquer. Com relação ao nó crítico da produção, sobre o qual a barreira de incertezas técnico-econômicas sobre novos arranjos produtivos para novos cimentos incide, são propostos estudos de engenharia para planejamento do processo e avaliação econômica prévia. Por último, referente ao nó crítico de uso final, cuja barreira identificada é relacionada ao conservadorismo do setor de construção para uso de novas técnicas e materiais, propõe-se um programa de capacitação de usuários finais para promover o emprego adequado e eficiente dos materiais.

Nós críticos priorizados

Barreiras priorizadas

Ambição



Figura 16 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Nesta subseção, são apresentadas as etapas, divididas em ações e atividades, para a execução do PAT. As ações, elaboradas em consonância com as medidas propostas para endereçar as barreiras prioritárias e com o escopo e a ambição propostos, são apresentadas como quatro blocos: seleção de materiais elegíveis para o desenvolvimento de novos cimentos; desenvolvimento e teste do produto em laboratório; avaliação técnica, econômica e ambiental da produção do novo cimento em escala industrial; e capacitação, disseminação e sensibilização do setor da construção civil.

A seleção de materiais elegíveis consiste em uma etapa preliminar, que objetiva a quantificação georreferenciada de insumos com potencial de substituição de clínquer no território brasileiro e o cruzamento dessas informações

com a configuração espacial da produção e do mercado de cimento, permitindo a identificação de zonas e recursos alternativos de interesse para a substituição de clínquer no país. O desenvolvimento experimental parte dos resultados obtidos anteriormente, no qual um ou mais recursos de interesse identificados em alguma das regiões é levado a laboratório para desenvolvimento e testagem de formulações de cimentos com baixo clínquer. Desenvolvido um produto adequado, parte-se para estudos de avaliação técnica, econômica e ambiental do processo de produção dos cimentos inovadores desenvolvidos e testados anteriormente. Finalmente, a última ação engloba atividades para difusão tecnológica de materiais inovadores para cimento, a partir da divulgação de novas descobertas e da capacitação de profissionais do setor da construção civil de diferentes níveis de formação.

Ação 1 e atividades relacionadas

Inicialmente, prevê-se, na subatividade 1.1, a revisão de estudos técnicos e científicos sobre materiais alternativos e abundantes que sejam aplicáveis na produção do cimento. A atividade objetiva a identificação de materiais disponíveis no território brasileiro com potencial de substituir o clínquer na formulação de cimentos.

Em seguida, é prevista, na subatividade 1.2, a quantificação da oferta dos materiais previamente selecionados e o georreferenciamento dessas informações. Para isso, deve ser considerado um escopo regional, compatível com as operações logísticas típicas da indústria de cimento.

Para a subatividade 1.3, é proposto o mapeamento das informações referentes à configuração corrente da in-

dústria de cimento, como locais de produção e mercado demandante. Tais informações deverão ser utilizadas para posterior cruzamento com a oferta de resíduos, possibilitando a identificação de materiais e locais de interesse para a proposição de sistemas de produção de novos cimentos.

Com isso, conduz-se, na subatividade 1.4, uma seleção de materiais alternativos com potencial de substituição de, ao menos, 50% do clínquer no Brasil, considerando o contexto das cadeias de suprimento de cimento nos respectivos escopos regionais. As informações devem ser apresentadas em mapas, servindo como base para eleger materiais alternativos usados como insumos para desenvolvimento de novos cimentos.

Quadro 64 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – SELEÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS ELEGÍVEIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CIMENTOS	
Subatividade 1.1	Pré-seleção de materiais potencialmente substitutos do clínquer, com base em revisão da literatura científica e técnica especializada
Subatividade 1.2	Mapeamento e quantificação da oferta dos materiais pré-selecionados no território brasileiro
Subatividade 1.3	Mapeamento para identificação de locais de interesse da cadeia de produção de cimento em abrangência espacial regional
Subatividade 1.4	Seleção dos materiais alternativos elegíveis para substituição parcial de clínquer no cimento (novo cimento)

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2, de desenvolvimento e teste do produto em laboratório, inicia-se pelo planejamento das atividades laboratoriais para formulação de amostras e testes de novos cimentos. Isso inclui a determinação de cronogramas, a contratação de equipe, o levantamento de demanda de matérias-primas e o uso de equipamentos no ambiente laboratorial em que a pesquisa acontecerá.

Após o planejamento experimental, segue-se à subatividade 2.2, que consiste no preparo das matérias-primas e na mistura dos componentes em diferentes proporções e granulometrias, conforme o programa de testes previamente determinado pelos pesquisadores. Isso inclui a moagem e a mistura das amostras de formulações de cimento contendo o material alternativo selecionado para estudo, tal como o armazenamento das amostras em local inerte e seguro. Ressalta-se, aqui, a necessidade de se atender à restrição de teor de clínquer limitado a 50% da massa total das formulações.

Com as amostras preparadas, é possível prosseguir aos testes experimentais de cada formulação. A subatividade 2.3 contempla estudos de caracterização químico-mineralógica, na qual se objetiva avaliar essas propriedades das matérias-primas e dos produtos obtidos das amostras de formulações propostas. As análises laboratoriais sugeridas nesta atividade incluem diversos ensaios, tais como teste de resíduo insolúvel, perda ao fogo, trióxido de enxofre, óxido de magnésio, anidrido carbônico, enxofre na forma de sulfeto, análise termodiferencial e termogravimétrica, difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e outros que possam ser relevantes.

A subatividade 2.4 contempla outro grupo de testes laboratoriais, associados à caracterização físico-mecânica das matérias-primas e dos produtos. Nesta, está prevista a avaliação das matérias-primas e dos

produtos obtidos das amostras de formulações nestes atributos. Os testes laboratoriais para aferição destas propriedades contemplam a metrificação de área específica, massa específica, finura, expansibilidade, tempo de pega, pasta de consistência normal, resistência à compressão e calor de hidratação, entre outros que possam revelar mais parâmetros de interesse.

Concluindo as análises experimentais, segue-se à subatividade 2.5, que contém os ensaios de durabilidade dos produtos. Seu objetivo é testar a durabilidade e o desempenho dos produtos obtidos das amostras de formulações, sobretudo de concretos. Os ensaios laboratoriais previstos nessa atividade incluem testes de resistência a ataque de sulfatos, a ataque ácido e a cloretos, de ciclos de molhagem e secagem, de envelhecimento natural, de reação álcali-sílica, de retração, de fluência e de reologia, além de outros que possam apresentar relevância.

Após as etapas de avaliação experimental, é proposto um período de avaliação dos resultados experimentais na subatividade 2.6. Neste, as faixas ótimas de composição e granulometria das amostras são verificadas, com base nos resultados dos testes, para, assim, propor uma fórmula para o novo cimento. Os coordenadores de cada uma das fases da pesquisa deverão apresentar os resultados e as conclusões a um conjunto de *stakeholders* atuantes em diferentes frentes da cadeia de valor do cimento, da produção ao uso, passando pelo processo de normatização. Isso se dará em um *workshop* de validação, no qual é prevista a participação da equipe técnica do responsável pela condução das atividades anteriores e especialistas convidados.

Por fim, a subatividade 2.7 prevê os procedimentos necessários ao depósito de pedido de patente para o novo cimento, a fim de que se resguardem os devidos direitos de propriedade.

Quadro 65 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – DESENVOLVIMENTO E TESTE DO PRODUTO EM LABORATÓRIO	
Subatividade 2.1	Planejamento dos experimentos laboratoriais
Subatividade 2.2	Preparo das matérias-primas e mistura dos componentes em diferentes proporções e granulometrias para formulação das amostras a serem analisadas, considerando o teor-limite de 50% de clínquer na composição, em base mássica
Subatividade 2.3	Estudos de caracterização químico-mineralógica das matérias-primas e dos produtos
Subatividade 2.4	Estudos de caracterização físico-mecânica das matérias-primas e dos produtos
Subatividade 2.5	Estudos de durabilidade dos produtos
Subatividade 2.6	Avaliação dos resultados para verificação das faixas ótimas de composição e granulometria das amostras e arcabouço normativo para determinação da fórmula do novo cimento
Subatividade 2.7	Depósito de pedido de patente para o novo cimento

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

A Ação 3 engloba os estudos de avaliação técnica, econômica e ambiental da produção do novo cimento em escala industrial. Inicia-se por um estudo de engenharia *front-end* para uma planta de produção *greenfield*⁸ do novo cimento (subatividade 3.1). Consiste na elaboração de um modelo de engenharia básica para uma planta de produção do novo cimento, considerando a formulação definida ao fim da Ação 2.

Após, a subatividade 3.2 prevê um estudo de engenharia similar, mas para avaliação técnica de *retrofit*⁹ em fábricas *brownfield*. Assim, objetiva-se avaliar quais são os requisitos técnicos para modernizar uma planta de cimento típica existente, de forma que esta possa produzir o novo cimento desenvolvido.

Passados os estudos técnicos da produção, segue-se à subatividade 3.3, que prevê o estudo da cadeia de suprimentos para a produção industrial do novo cimento nos locais de interesse. Nesta atividade, pretende-se analisar as questões logísticas para o caso da produção do novo cimento nas localidades de interesse, previamente identificadas na Ação 1.

Com os modelos de produção e de operações logísticas identificados, é previsto, na subatividade 3.4, um estudo de avaliação do desempenho técnico, econômico e ambiental de sistemas de produção do novo cimento, considerando os casos da produção em planta *greenfield* e do *retrofit* de plantas existentes.

Quadro 66 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DO NOVO CIMENTO EM ESCALA INDUSTRIAL	
Subatividade 3.1	Estudo de engenharia <i>front-end</i> para proposição de planta de produção <i>greenfield</i> do novo cimento desenvolvido no laboratório
Subatividade 3.2	Estudo de engenharia para avaliação técnica de <i>retrofit</i> em fábricas de cimento existentes
Subatividade 3.3	Estudo da cadeia de suprimentos para a produção industrial do novo cimento nos locais de interesse previamente identificados
Subatividade 3.4	Avaliação do desempenho técnico, econômico e ambiental da produção do novo cimento em plantas <i>greenfield</i> e em plantas existentes com <i>retrofit</i> nos locais de interesse previamente identificados

Elaboração do autor.

⁸ Um projeto do tipo *greenfield* refere-se a uma instalação nova, em um local onde ainda não há qualquer tipo de instalação preexistente. O oposto a isso são os projetos *brownfield*, que têm como escopo áreas onde já se verificam projetos.

⁹ O termo *retrofit* representa a adição de uma nova tecnologia a uma instalação existente.

Ação 4 e atividades relacionadas

A Ação 4 tem como foco a capacitação de pessoal, a disseminação de tecnologias e a sensibilização sobre a relevância do uso de materiais inovadores no setor da construção civil. Trata, portanto, de remover entraves associados à aceitação do produto no mercado da construção civil, que tende a ser resistente ao uso de novos materiais para cimento.

A subatividade 4.1 inclui a criação, a manutenção e a divulgação de conteúdo sobre materiais inovadores para cimento e resultados do PAT. Para isso, é proposto, primeiramente, um plano de comunicação para definir as diretrizes e o público-alvo de uma plataforma digital a ser desenvolvida. Esta plataforma será dedicada à divulgação de informações gerais sobre novos materiais para cimento e, principalmente, sobre os resultados obtidos neste projeto.

A subatividade 4.2 versa sobre a sensibilização, junto à universidade, para a inclusão, nos currículos de cursos superiores de engenharia civil e arquitetura, da temática de materiais inovadores para a construção civil. Para tal, é prevista a elaboração de diretrizes para orientar o desenvolvimento de disciplinas eletivas em universidades para os cursos de arquitetura e engenharia civil, voltadas à disseminação de descobertas tecnológicas em materiais inovadores para cimento.

Por fim, a subatividade 4.3 trata do desenvolvimento e da oferta de cursos de ensino a distância (EaD), no formato *on-line*, visando à capacitação em boas práticas na construção civil. Esses cursos, de acesso gratuito, têm como objetivo a capacitação de operários em boas práticas na construção civil, com foco na efficientização do uso de cimento e na melhor aceitação de novos materiais para cimento.

Quadro 67 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – CAPACITAÇÃO, DISSEMINAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Subatividade 4.1	Criação, manutenção e divulgação de conteúdo em uma plataforma digital sobre materiais inovadores para cimentos e resultados do projeto
Subatividade 4.2	Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas de materiais inovadores para cimento em cursos superiores de engenharia civil e arquitetura
Subatividade 4.3	Desenvolvimento e oferta de cursos EaD de capacitação em boas práticas na construção civil

Elaboração do autor.

6.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A participação de um grupo diverso de atores é de grande relevância para a implementação do Plano. A atuação de agentes com diferentes perspectivas sobre um mesmo problema traz múltiplas possibilidades de abordagem, permitindo a escolha dos caminhos que apresentam maior eficiência. Assim, o apontamento prévio justificado de *stakeholders* a serem engajados ao longo do processo corrobora com as chances de sucesso do Plano.

Outro elemento importante é o aproveitamento de uma instituição voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico do país em sua coordenação e de instituições de notória competência técnica na condução das ações. Para o desenvolvimento de materiais inovadores para cimento, a coordenação-geral poderia ser conduzida pelo MCTI, tendo parceiros da Rede Clima na coordenação técnica das atividades. Alternativamente, o Plano poderia ser coordenado por instituições do setor cimenteiro, como é o caso do SNIC e da ABCP, ou por meio da representação da indústria (CNI). Essas instituições e empresas associadas também seriam fundamentais nas atividades de disseminação e capacitação. Em termos da mobilização de potenciais atores para financiamento do Plano, seria fundamental a participação do ME. Ademais, instituições poderiam participar do fomento a atividades do Plano: Finep, BNDES, CNPq e Embrapii.

O CTIBC poderia atuar na supervisão das atividades do projeto, exercendo papel consultivo de validação dos resultados. Este Comitê é destinado a promover a articulação dos órgãos e das entidades públicas e privadas para implementar, monitorar e revisar políticas públicas, iniciativas e projetos que estimulem a transição para a economia de baixo carbono no setor industrial brasileiro.

As Ações 1 e 3 também podem ser conduzidas por parceiros da Rede Clima pertencentes a centros de pesquisa de excelência em engenharia de produção, com experiência na realização de estudos de planejamento e de avaliações técnicas, econômicas e ambientais. A execução da Ação 2, que concentra a maior parte dos recursos previstos pelo Plano, deve ser feita por renomados centros de excelência em pesquisa tecnológica sobre cimento, ligados a universidades brasileiras. Adicionalmente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) poderia ser contratada como parceira técnica para elaborar proposta de normatização do novo cimento. Para a Ação 4, recomenda-se a condução por uma comissão de representantes de departamentos de engenharia civil e arquitetura de universidades brasileiras, liderados por parceiros técnicos, tais como o Senai e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae).

Quadro 68 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Poderia atuar na coordenação de implementação do PAT.
Centros de excelência em pesquisa pertencentes à Rede Clima	Poderiam atuar na coordenação e como parceiros técnicos das ações do Plano.
ABCP	Entidade sem fins lucrativos mantida voluntariamente pela indústria brasileira do cimento para a promoção de estudos sobre o cimento e suas aplicações. Dá suporte a grandes obras da engenharia brasileira e auxilia no processo de transferência tecnológica. Poderia atuar na coordenação e como público-alvo da Ação 3 do PAT.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
SNIC	Atua como órgão técnico e consultivo, no estudo e na solução dos problemas relacionados à indústria do cimento. Poderia atuar na coordenação e como público-alvo da Ação 3 do PAT.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar na mobilização de atores para financiamento das atividades.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do Plano.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao Plano.
CTIBC	Destinado a promover a articulação dos órgãos e das entidades públicas e privadas para implementar, monitorar e revisar políticas públicas, iniciativas e projetos que estimulem a transição para a economia de baixo carbono no setor industrial brasileiro. Poderia atuar na supervisão das atividades do projeto, exercendo papel consultivo de validação dos resultados.
CNI	Principal representante da indústria brasileira na defesa e na promoção de políticas públicas que favoreçam o empreendedorismo e a produção industrial. Poderia atuar na coordenação e como público-alvo da Ação 3 do PAT.
Entidades representativas do setor de construção civil e construtoras	Entidades voltadas à representação dos interesses das indústrias e dos trabalhadores da construção civil no Brasil, como a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), os Sindicatos da Indústria de Construção (Sinduscon) e os órgãos regionais de Serviço Social da Construção Civil (Seconci). Também abrange empresas de construção civil. Poderiam apoiar institucionalmente a execução de atividades, participar das atividades de capacitação (4.1, 4.2 e 4.3) e impulsionar a disseminação de resultados do projeto.
ABNT	Poderia ser contratada como parceira técnica para elaborar proposta de normatização do novo cimento (subatividade 2.6). Mais do que isso, técnicos poderiam participar das atividades de capacitação (4.1, 4.2 e 4.3).
Senai	Maior complexo privado de educação profissional da América Latina, com 28 áreas da indústria brasileira, desde a iniciação profissional até a graduação e a pós-graduação tecnológica. Poderia atuar como parceira técnica da Ação 4.
Sebrae	Estimula o empreendedorismo e possibilita a competitividade e a sustentabilidade dos empreendimentos de micro e pequeno porte no Brasil. Pode auxiliar o SENAI na coordenação da Ação 4.
Empresa de <i>web design</i>	Responsável pela elaboração da interface da plataforma de divulgação de informações sobre materiais inovadores para cimentos (subatividade 4.1).

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do Plano.

A Ação 3 pode ser iniciada antes do fim efetivo da Ação 2. Especificamente, as análises técnicas, econômicas e ambientais da produção do novo cimento podem ser realizadas enquanto se processa o pedido de patente para o novo material (subatividade 2.7). A subatividade

4.1, de divulgação dos resultados gerais do projeto em plataforma digital, pode ser iniciada assim que o pedido de patente for finalizado.

A Ação 2 é crítica para o PAT, sendo a ela alocada a maior parte do tempo e dos recursos do Plano. Para otimização do tempo, as análises químico-mineralógicas (subatividade 2.3) e físico-mecânicas (subatividade 2.4) podem ocorrer em paralelo, sendo feitos em sequência os ensaios de durabilidade dos produtos (subatividade 2.5).

Quadro 69 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	█																	
1.2	█																	
1.3		█																
1.4		█																
2.1			█															
2.2			█															
2.3			█	█														
2.4			█	█														
2.5					█	█	█											
2.6								█	█									
2.7									█	█	█	█	█	█				
3.1										█	█							
3.2											█	█						
3.3													█	█				
3.4															█	█		
4.1															█	█	█	█
4.2																	█	
4.3																█	█	█

Elaboração do autor.

6.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

A seguir, são apresentadas as estimativas de custos¹⁰ deste Plano, por ação. O custo total foi estimado em cerca de R\$ 5,9 milhões. A figura 36 mostra a participa-

ção de cada ação no total estimado de custos. Nota-se que a Ação 2, que inclui as atividades laboratoriais, representa a maior parte dos custos do Plano.

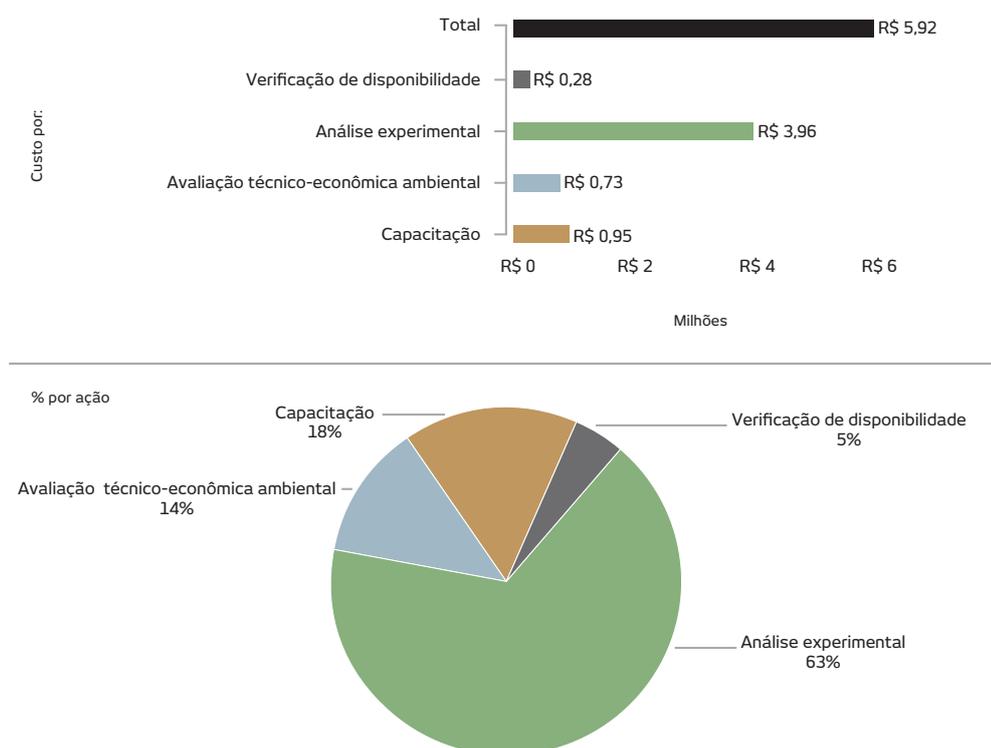


Figura 17 – Custo total e por ação do PAT de materiais inovadores para cimento, em valores absolutos e em porcentagem por ação

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento de novos materiais, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

¹⁰ As estimativas dos custos foram obtidas por meio de comunicação pessoal com especialistas do Coppe/UFRJ e da Universidade Federal Fluminense (UFF).

6.6. Plano de riscos e contingenciamento

Para cada grupo de atividades em cada ação, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 2.3, 2.4 e 2.5, que envolvem ensaios laboratoriais com matérias-primas e produtos do cimento a ser desenvolvido. Tais riscos estão associados à possibilidade

de acidentes no laboratório ou a atrasos das atividades em razão da parada não planejada de equipamentos críticos para os testes. Para mitigação desses riscos, é necessário garantir a observância dos procedimentos de segurança na execução dos experimentos e fomentar um ambiente seguro no laboratório, por meio de uma comissão interna para prevenção de acidentes. Outros pontos importantes são a realização de manutenções periódicas, seguindo rigorosamente as indicações do fabricante e o planejamento prévio de alternativas de cronograma, considerando o caso de paradas inesperadas de equipamentos críticos. Estabelecer contato com assistência técnica, bem como verificar previamente os trâmites burocráticos institucionais necessários para eventuais contratações de serviços de manutenção em equipamentos críticos para testes também são medidas que podem atenuar eventuais atrasos de cronograma.

Quadro 70 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Pré-seleção de materiais potencialmente substitutos do clínquer, com base em revisão da literatura científica e técnica especializada	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	Ausência de informações disponíveis sobre materiais alternativos com potencial de substituir o clínquer. Falta de coordenação dos estudos e carência de mão de obra qualificada. Falta de apoio de instituições-chave do setor de cimento.	Baixo	Realizar evento de lançamento do projeto para atores-chave. Estabelecimento de ACTs com instituições que possam fornecer dados, como o SNIC e a ABCP. Contratação de um coordenador técnico com ampla <i>expertise</i> na área, para gestão e supervisão das atividades da ação e de pesquisadores de centros de excelência para execução.
1.2 Mapeamento e quantificação da oferta dos materiais pré-selecionados no território brasileiro	Risco técnico e risco organizacional	Falta de informações precisas sobre a quantidade disponível dos materiais.	Baixo	Estabelecimento de ACTs com empresas do setor industrial e de recursos minerais geradoras dos potenciais insumos para cimentos.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.3 Mapeamento para identificação de locais de interesse da cadeia de produção de cimento em abrangência espacial regional	Risco técnico	Erro na compilação das informações em mapas.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista e validação do tratamento dos dados por especialista externo.
1.4 Seleção dos materiais alternativos elegíveis para substituição parcial de clínquer no cimento (novo cimento)		Falta de clareza na representação geográfica dos potenciais. Falta de validação dos resultados.		
2.1 Planejamento dos experimentos laboratoriais	Risco organizacional e risco técnico	Carência de mão de obra qualificada para realização das formulações e dos ensaios. Falta de supervisão e coordenação técnica dos experimentos. Erro no planejamento.	Baixo	Fomentar a participação periódica, por meio de reuniões, dos parceiros institucionais da Rede. Validar o modelo de oferta com <i>workshop</i> e aplicação da metodologia multicritério. Buscar parceiros reconhecidos que já possuam relação com <i>startups</i> e garantir apoio em todo processo de desenvolvimento. Garantir a coordenação técnica das atividades.
2.2 Preparo das matérias-primas e mistura dos componentes em diferentes proporções e granulometrias para formulação das amostras a serem analisadas, considerando o teor-limite de 50% de clínquer na composição, em base mássica	Risco organizacional e risco técnico	Dificuldade em elaborar rotina para os experimentos no ambiente laboratorial. Falta de insumos para realização de todas as formulações desejadas, gerando atraso nas atividades subsequentes. Falta de supervisão do preparo de matérias-primas.	Médio	Supervisão das atividades laboratoriais por especialista. Comunicação com outros usuários dos equipamentos multipropósitos para preestabelecimento de rotina para os experimentos. Planejamento prévio das demandas por insumos e aquisição destes com folga de 20% do consumo previamente estimado. Estabelecimento de contato com fornecedores e verificação prévia dos trâmites burocráticos institucionais necessários para eventuais aquisições de materiais ao longo da pesquisa.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.3 Estudos de caracterização químico-mineralógica das matérias-primas e dos produtos	Risco organizacional e risco técnico	Paradas inesperadas de equipamentos críticos para realização dos testes. Falta de supervisão dos estudos. Atraso na conclusão da atividade.	Alto	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista, com estabelecimento de metas para a equipe. Realização de manutenções periódicas seguindo rigorosamente as indicações do fabricante. Planejamento prévio de alternativas de cronograma considerando o caso de paradas inesperadas de equipamentos críticos. Estabelecimento de contato com assistência técnica e verificação prévia dos trâmites burocráticos institucionais necessários para eventuais contratações rápidas de serviços de manutenção em equipamentos críticos para os testes.
2.4 Estudos de caracterização físico-mecânica das matérias-primas e dos produtos	Risco organizacional e risco técnico	Acidentes no ambiente laboratorial. Atraso na conclusão da atividade.	Alto	Garantir a observância dos procedimentos de segurança na execução dos experimentos e fomentar um ambiente seguro no laboratório, por meio de uma comissão interna para prevenção de acidentes. Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista, com estabelecimento de metas para a equipe.
2.5 Estudos de durabilidade dos produtos	Risco organizacional e risco técnico	Erro na execução dos testes. Atraso na conclusão da atividade.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista, com estabelecimento de metas para a equipe.
2.6 Avaliação dos resultados para verificação das faixas ótimas de composição e granulometria das amostras e arcabouço normativo para determinação da fórmula do novo cimento	Risco técnico e risco institucional	Inadequação do produto ao arcabouço normativo vigente. Falta de validação dos resultados por especialistas externos à equipe.	Médio	Análise do arcabouço regulatório para que, eventualmente se contemple, caso necessário, cimentos produzidos com materiais alternativos aos que constam na norma NBR 16.997/2018. Realizar a validação dos resultados com especialistas.
2.7 Depósito de pedido de patente para o novo cimento	Risco organizacional	Atrasos no processo de patente por entraves burocráticos, adiando o início planejado da Ação 4.	Médio	Ampla revisão prévia dos principais bancos de patentes, com foco no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa. Contratação de escritório de advocacia especializado em patentes para consultoria legal.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.1 Estudo de engenharia <i>front-end</i> para proposição de planta de produção <i>greenfield</i> do novo cimento desenvolvido no laboratório	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Ausência de informações disponíveis e acessíveis sobre equipamentos de plantas industriais de cimento. Falta de coordenação dos estudos e carência de mão de obra qualificada. Uso de premissas pouco representativas da realidade na modelagem dos processos. Falta de validação e atraso na entrega dos resultados da atividade.	Médio	Estabelecimento de ACTs com instituições que possam fornecer dados. Contratação de um coordenador técnico para gestão e supervisão das atividades e de pesquisadores de centros de excelência para execução. Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista e validação da modelagem do processo por especialistas externos. Estabelecimento de plano de metas para a equipe da ação.
3.2 Estudo de engenharia para avaliação técnica de <i>retrofit</i> em fábricas de cimento existentes	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Falta de informações disponíveis e acessíveis sobre as fábricas existentes no nível de detalhamento demandado para análise de <i>retrofit</i> . Atraso na entrega dos resultados da atividade. Falta de validação do estudo.	Médio	Estabelecimento de ACTs com instituições que possam fornecer dados. Estabelecimento de plano de metas para a equipe da ação. Realizar a validação do estudo em <i>workshop</i> com especialistas. Estabelecimento de ACTs com instituições que possam fornecer dados.
3.3 Estudo de cadeia de suprimentos para a produção industrial do novo cimento nos locais de interesse previamente identificados	Risco técnico, risco institucional e risco organizacional	Erro nas estimativas. Dificuldade em acessar dados e atores da cadeia de suprimentos. Atraso na entrega da subatividade 1.3.	Baixo	Supervisão e coordenação técnica das atividades por especialista e validação dos resultados por especialista externo.
3.4 Avaliação do desempenho técnico, econômico e ambiental da produção do novo cimento em plantas <i>greenfield</i> e em plantas existentes com <i>retrofit</i> nos locais de interesse previamente identificados	Risco político e risco organizacional	Contestação dos resultados por agentes do setor. Atraso na entrega das atividades.	Baixo	Contratação de centro de pesquisa de excelência com credibilidade atestada. Transparência na metodologia e nos parâmetros utilizados nos cálculos. Realizar <i>workshops</i> de validação das subatividades 3.1 a 3.3.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.1 Criação, manutenção e divulgação de conteúdos em uma plataforma digital sobre materiais inovadores para cimentos e resultados do projeto	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	Falta de coordenação das atividades e carência de mão de obra qualificada. Falta de acessibilidade a usuários da plataforma. Não atingimento do público-alvo. Falta de interesse em manter a plataforma após a conclusão do plano de ação.	Médio	Contratação de um coordenador técnico para gestão e supervisão das atividades e de pesquisadores de centros de excelência para execução. Validação da interface da plataforma com grupo de controle. Uso de mecanismos de divulgação dos resultados que alcancem pessoas envolvidas no mercado da construção civil em diferentes níveis (academia, setor público, setor privado e terceiro setor). Estabelecimento de contrato de transferência da plataforma e ACT com a instância superior (Ministério) ao instituto de pesquisa, objetivando a disponibilização e a manutenção da plataforma após a conclusão do projeto.
4.2 Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas de materiais inovadores para cimento em cursos superiores de engenharia civil e arquitetura	Risco institucional e risco organizacional	Falta de engajamento de professores não habituados ao uso de recursos didáticos digitais. Dificuldade de compreensão da proposta didática. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Capacitação prévia de docentes farão a proposta na área e resultados do projeto. Contratar mão de obra especializada em processo de formulação de propostas de educação em ensino superior. Realizar atividades de engajamento nas universidades.
4.3 Desenvolvimento e oferta de cursos EaD de capacitação em boas práticas na construção civil	Risco institucional, risco técnico e risco organizacional	Desinteresse dos empregadores em investir tempo de trabalho para qualificação de seu quadro de operários. Risco relacionado à qualidade dos programas de treinamento. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Propor incentivos aos empregadores que promovam capacitação dos operários. Simplificar tópicos difíceis de explicar com infográficos ou outros recursos visuais. Divulgação ampla do curso, preferencialmente por profissional de imprensa contratado e abrangendo mídias digitais. Preferencialmente, professores que compuseram a equipe técnica das atividades anteriores devem ministrar os cursos EaD.

Elaboração do autor.

7.

Plano de Ação Tecnológica **para a Indústria 4.0**



7. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A INDÚSTRIA 4.0

7.1. Definição da tecnologia

A indústria 4.0 é uma opção transversal de mitigação de emissões para o setor industrial, pois possibilita um aumento da eficiência no uso de energia e de outros recursos. Representada por um conjunto de novas tecnologias e mentalidade introduzido pelo advento da internet, a indústria 4.0 viabiliza a integração interna e externa da cadeia produtiva, o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos para auxílio das operações e novos modelos de negócios.

As principais tecnologias que podem ser associadas à viabilização de um sistema de produção característico 4.0 são descritas a seguir. Por se tratar de um conjunto tecnológico extenso, foram priorizadas:

- Manufatura aditiva ou impressão 3D: adição de material para fabricar objetos, formados por várias peças, constituindo uma montagem;
- Inteligência artificial: segmento da computação que busca simular a capacidade humana de raciocinar, tomar decisões, resolver problemas, dotando *softwares* e robôs da capacidade de automatizarem vários processos;
- Internet das coisas ou IoT: representa a possibilidade de que objetos físicos estejam conectados à internet, podendo, assim, executar, de forma coordenada, uma determinada ação. Um exemplo seriam carros autônomos que se comunicam entre si e definem o melhor momento (velocidade e trajeto, por exemplo) de fazer um cruzamento em vias urbanas;
- Sistemas ciberfísicos sintetizam a fusão entre o mundo físico e o digital. Dentro desse conceito, todo objeto físico (seja uma máquina, seja uma linha de produção) e os processos físicos que ocorrem em função desse objeto são digitalizados. Ou seja, to-

dos os objetos e os processos na fábrica têm um “irmão gêmeo” digital.

A implementação desse conjunto tecnológico permitirá que, nas fábricas inteligentes, máquinas e insumos troquem informações ao longo das operações de forma relativamente autônoma e integrada. Dispositivos localizados em diferentes unidades da empresa, ou mesmo de empresas diferentes, também trocarão informações de forma instantânea sobre compras e estoques, permitindo uma otimização logística até então impensável, estabelecendo maior integração também entre os elos de uma cadeia produtiva.

Segundo a CNI (2016), estima-se que a configuração desses novos arquétipos produtivos pode representar uma redução entre 10% e 40% nos custos de manutenção de equipamentos, um aumento na produtividade do trabalho da ordem de 10% e 25%, e uma redução no consumo de energia entre 10% e 20%.

Entretanto, para promover o melhor uso das tecnologias 4.0, faz-se necessário avançar no fechamento do ciclo de materiais. Para Anbumozhi e Kimura (2018), o desenvolvimento de uma economia circular necessita das ferramentas da 4ª Revolução Industrial, e não se pode ter uma 4ª Revolução Industrial socialmente útil e sustentável sem avançar na economia circular.

Os potenciais benefícios da integração da economia circular com as tecnologias da indústria 4.0 para o setor industrial são reconhecidos pela indústria brasileira. Segundo a CNI (2014), a consequência de se produzir com o intuito de minimizar o descarte traz novas oportunidades para as indústrias e tem impactos abrangentes em toda a economia. As oportunidades para a economia circular com a indústria 4.0 pode ser observada por meio de diversos exemplos, como: i) na flexibilidade

da produção, liderada pela impressão 3D, que diminui e otimiza o uso de recursos; ii) na rastreabilidade da produção e da logística, por meio da IoT, que permite a integração de plantas e o compartilhamento de estruturas produtivas e logísticas; iii) no aumento da efi-

ciência na produção e na reciclagem, com a utilização da robótica avançada; e iv) na integração horizontal e vertical, por meio de inteligência artificial, *big data* e IoT, para acesso imediato a informações críticas e tomada de decisão.

7.2 Escopo e ambição

O PAT para a indústria 4.0 tem como escopo integrar técnicas e tecnologias da indústria 4.0 na economia circular, de forma a melhorar a competitividade do parque industrial brasileiro.

A ambição do Plano é desenvolver ações de pesquisa, desenvolvimento, inovação, capacitação e infraestrutura em técnicas e tecnologias da indústria 4.0 e da economia circular em Rede, atuando em três eixos estratégicos: i) desenvolvimento tecnológico, por meio do fomento de chamadas públicas que envolvam grandes, médias e pequenas empresas e

startups no desenvolvimento de projetos demonstrativos sobre a temática da economia circular e indústria 4.0; ii) gestão de recursos humanos, por intermédio do desenvolvimento de cursos de capacitação para profissionais da indústria e para docentes; e iii) infraestrutura, por meio da difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionados à economia circular e indústria 4.0.

Dessa forma, pretende-se gerar e disseminar conteúdo sobre a temática, colaborando para o desenvolvimento tecnológico e sustentável do parque industrial.

Quadro 71 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Integrar técnicas e tecnologias da indústria 4.0 na economia circular, de forma a melhorar a competitividade do parque industrial brasileiro.	Implementar a Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0, que desenvolverá ações de pesquisa, desenvolvimento, inovação, capacitação e infraestrutura em técnicas e tecnologias da indústria 4.0 e da economia circular.

Elaboração do autor.

7.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Para explorar os desafios de adotar tais soluções tecnológicas na gestão de materiais no Brasil, foram mapeados os principais nós críticos e barreiras para o desenvolvimento da tecnologia em território nacional. As barreiras identificadas foram priorizadas visando definir as capacitações necessárias para a difusão da tecnologia no país, bem como orientar ações e atividades de desenvolvimento do PAT da indústria 4.0.

No que tange à implementação tecnológica da indústria 4.0, verificou-se que os efeitos da maioria das tecnologias ultrapassam os limites funcionais e impõem

uma série de barreiras para adoção destas práticas no Brasil. Uma delas, de natureza informacional, é o alto número de agentes industriais desconhecedores dessa nova tendência global de produção, o que retroalimenta um *gap* tecnológico existente da indústria brasileira com relação aos competidores externos. Ainda, a ausência de padrões de interoperabilidade e segurança de dados também representa um obstáculo a esse desenvolvimento, assim como a baixa disponibilidade de mão de obra qualificada. Soma-se a isto a baixa competência no desenvolvimento de *hardwares*, *softwares* e *analytics*.

Nós críticos priorizados

Barreiras priorizadas

Ambição



Figura 18 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Como já mencionado, devido às características transversais das tecnologias da indústria 4.0 e às aplicações possíveis, este Plano está estruturado seguindo eixos estratégicos de desenvolvimento ou macroações. É composto por quatro macroações, e cada uma é, por sua vez, composta de um conjunto de atividades e subatividades.

De maneira geral, as macroações foram definidas e dispostas da seguinte forma:

1. Criação de uma rede com atividades de promoção e desenvolvimento de tecnologias 4.0 aplicadas na economia circular (Rede da Economia Circular e Indústria 4.0);

2. Identificação e desenvolvimento de projetos demonstrativos promissores sobre a temática;
3. Capacitação e disseminação do conhecimento gerado pelos projetos demonstrativos desenvolvidos;
4. Promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionadas à economia circular e indústria 4.0.

A primeira macroação é fundamental para o desenvolvimento das seguintes e de caráter constante durante a execução do PAT. As macroações de desenvolvimento tecnológico, capacitação e difusão de regulamentos e normas técnicas produzem resultados estratégicos e fornecem as informações para a Rede, de tal modo que o Plano atinja o escopo e a ambição estabelecidos.

Macroação de Rede da Economia Circular e Indústria 4.0 e atividades relacionadas

A criação da Rede de capacitação é um ponto central do desenvolvimento do PAT da indústria 4.0, pois fornece as diretrizes necessárias para o fomento deste novo paradigma de produção, o qual implica investimentos estratégicos de longo prazo e integração de vários campos do conhecimento. Assim, cabe à Rede coordenar e monitorar os resultados das demais ações. As atividades da Rede consistem em seis etapas, as quais apresentam subatividades.

Na atividade 1 é constituída a equipe permanente, que coordenará a execução das ações e das atividades do Plano. A primeira ação abrange a definição da missão, da visão e dos valores da Rede. Em seguida, serão definidos os objetivos de curto e longo prazos. Ressalta-se que estes objetivos devem estar em sintonia com os objetivos estratégicos estabelecidos neste Plano.

O objetivo da etapa seguinte é definir o modelo de atuação e de governança da Rede. A identificação de atores ocorrerá em paralelo com a definição do modelo de atuação, pois se entende que são atividades interdependentes. Nesta fase será avaliado o macroambiente, estabelecendo as condições político-legais, econômicas e socioculturais, as quais se refletem nos padrões de preferências e condições tecnológicas. Assim, serão identificadas tecnologias e possíveis aplicações, considerando todas as regiões do Brasil. Ao mesmo tempo,

deve-se avaliar possíveis atores e instituições da economia circular e da indústria 4.0 para compor o Comitê Gestor da Rede. Estes agentes devem apresentar histórico de envolvimento com a temática e disponibilidade para serem pontos focais permanentes da Rede.

Após concluída esta etapa, é necessário definir os processos realizados pela Rede (atividade 3). Este passo é constituído de quatro subatividades que visam, primeiramente, analisar o conjunto de tecnologias e arranjos produtivos passíveis de aplicação no contexto da economia circular. Nesta etapa, também é prevista a proposição de processos de qualificação, priorização e balanceamento de esforços orientados à fase de seleção de tecnologias e projetos demonstrativos (subatividade 3.1). Em um segundo momento, é previsto estabelecer estratégias para o desenvolvimento de projetos demonstrativos, as quais devem permitir a identificação e a abordagem de potenciais alvos para licenciamento, valoração, negociação, gestão dos clientes, contratos, bem como de modelos de negócio inovadores que podem advir dos projetos demonstrativos. Esta atividade está correlacionada com as atividades 9, 10 e 11 do PAT, e deve atender às especificidades individuais de cada atividade. Na sequência, é necessário definir o processo de gestão e o acompanhamento dos contratos, estabelecendo o modelo de administração dos projetos, os direitos e os deveres, a equipe jurídica,

os responsáveis pelo acompanhamento dos projetos, os entregáveis e os fluxos financeiros (subatividade 3.3). Por fim, deve-se estabelecer as necessidades de estrutura física para operação dos processos e das funções exercidas pela Rede, os recursos disponíveis e a equipe necessária para garantir o cumprimento de todas as atividades técnicas do Plano (subatividade 3.4). Salienta-se que o Plano já prevê a alocação de recursos financeiros para todas as atividades, porém, cabe à equipe de execução reavaliar o planejamento financeiro para executar as atividades do plano de ação.

Uma vez estruturado e definido o papel da Rede, é necessário estabelecer seu plano de comunicação, visando ao crescimento do número de afiliados e à disseminação do conhecimento (atividade 4). Nesta etapa será definido o público-alvo do Plano, os métodos de comunicação mais eficientes para atingir os interessados, os objetivos gerais e específicos da comunicação, o processo de aprovação do conteúdo, o detalhamento das ferramentas disponíveis, o plano de ação e o de avaliação da área de comunicação. Além disso, é esperado que a Rede promova encontros para o fortalecimento das ações e a viabilização de oportunidades de negócio. Também é previsto para esta etapa o desenvolvimento de um *website* para comunicação externa, pois se entende que este é fundamental para a atração de novos investidores e de acompanhamento dos resultados dos projetos já implementados. O *website* deve contemplar documentos da Rede, *newsletter*, cursos *on-line* e material de capacitação desenvolvidos ao longo do projeto. A atividade seguinte à criação do *website* é a sua manutenção. Assim, esta atividade é de caráter permanente durante todo o PAT e tem como objetivo realizar a manutenção do *website* e a atualização constante do conteúdo a partir de resultados da Rede. Para tanto, foram alocados recursos financeiros ao longo de todos os semestres de execução para viabilizar a inclusão de conteúdo em formato amigável ao usuário, favorecendo a navegação no *website*.

A atividade 5 objetiva definir indicadores para a mensuração e o reporte do desempenho da Rede. Dessa forma, são previstas duas subatividades que devem ocorrer em série. Primeiro, deve-se estabelecer o plano de reporte e avaliação da Rede por meio do estabelecimento de modelos de planos de ação, indicadores, metas e planos de correção para analisar o desempenho da Rede. Após concluída esta etapa, deve-se contratar serviço de terceiro especializado para avaliar e validar a subatividade 5.1. As melhores práticas indicam que estes indicadores devem passar por uma equipe externa para validar o processo de reporte e averiguação dos resultados da Rede. Destaca-se que o Plano já prevê recurso para a contratação de serviços de terceiros.

A última atividade da primeira macroação consiste no fomento e no acompanhamento das ações de desenvolvimento de tecnologias e capacitação no âmbito da economia circular e indústria 4.0. Esta é a atividade central da Rede e, portanto, de caráter contínuo durante o PAT. Três subatividades estão previstas: primeiramente, deve-se mapear as oportunidades de financiamento e desenvolver Termos de Referência para a realização de estudos, pesquisas, projetos demonstrativos e capacitações sobre o tema. A Rede seria responsável por estimular, no âmbito governamental e privado, a alocação de recursos financeiros para o desenvolvimento de chamadas na temática da economia circular e indústria 4.0. Outro entregável desta atividade é a realização da gestão e a sistematização do conhecimento gerado pela Rede. Ou seja, cabe a ela gerenciar o conteúdo desenvolvido, fomentando a interação industrial e a difusão dos projetos demonstrativos (atividades 9, 10 e 11). Por fim, é esperado que a Rede elabore um livro sobre a temática da economia circular e indústria 4.0. Dessa forma, deve-se conduzir e sistematizar os resultados dos projetos demonstrativos, subsídios às atividades 9, 10 e 11, por meio de publicações e material de divulgação internos da Rede. Para tanto, foram alocados recursos para a produção de livro e publicações.

Quadro 72 – Macroação de estabelecimento da Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0

MACROAÇÃO 1 – ESTABELECIMENTO DE UMA REDE COM ATIVIDADES CAPACITADORAS PARA AÇÕES ESTRUTURANTES DA INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 COM OS PRINCÍPIOS DA ECONOMIA CIRCULAR	
Atividade 1	Definição da equipe permanente e diretrizes organizacionais da Rede
Subatividade 1.1	Definir missão, visão e valores da Rede
Subatividade 1.2	Estabelecer objetivos de curto, médio e longo prazos
Atividade 2	Definição de estratégia, modelos de atuação e atores
Subatividade 2.1	Realizar análise do macroambiente, avaliando as condições político-legais, econômicas e socioculturais, como crenças e valores que refletem nos padrões de preferências e nas condições tecnológicas
Subatividade 2.2	Identificar atores e instituições da economia circular e da indústria 4.0 para compor o Comitê Gestor da Rede
Atividade 3	Definição dos processos realizados pela Rede
Subatividade 3.1	Avaliação técnica e comercial preliminar de tecnologias e proposição de processos de qualificação, priorização e balanceamento de esforços orientado à fase de seleção das tecnologias e dos projetos demonstrativos
Subatividade 3.2	Definição do modelo de comercialização e oferta de tecnologias que serão demonstradas nas atividades 9, 10 e 11, assim como identificação e abordagem de potenciais alvos para licenciamento, valoração e divulgação de tecnologias, negociação e até gestão dos clientes e dos contatos
Subatividade 3.3	Definição do processo de gestão e o acompanhamento dos contratos, da equipe jurídica e dos responsáveis
Subatividade 3.4	Definição da estrutura física, dos recursos disponíveis e da equipe necessária para execução das atividades
Atividade 4	Estabelecimento da estratégia para crescimento do número de afiliados
Subatividade 4.1	Estabelecer plano de comunicação e agenda para a realização de reuniões regionais e periódicas, em que pontos comuns possam ser discutidos, parcerias possam ser criadas e os relacionamentos entre as pessoas estreitados
Subatividade 4.2	Desenvolver <i>website</i> que contemple documentos da Rede, <i>newsletter</i> , cursos <i>on-line</i> e material de capacitação desenvolvidos ao longo do projeto
Subatividade 4.3	Realizar a manutenção do <i>website</i> e a atualização constante do conteúdo, a partir de resultados do projeto
Atividade 5	Definição de indicadores para a mensuração e o reporte do desempenho da Rede
Subatividade 5.1	Definir planos de ação, indicadores, metas e planos de correção para avaliar e reportar o desempenho da Rede
Subatividade 5.2	Contratar serviço terceiro especializado para avaliar e validar a subatividade 5.1
Atividade 6	Fomento e acompanhamento das ações de desenvolvimento de tecnologias e capacitação no âmbito da economia circular e indústria 4.0
Subatividade 6.1	Mapear oportunidades de financiamento e desenvolver Termos de Referência para a realização de estudos, pesquisas, projetos demonstrativos e capacitações sobre o tema
Subatividade 6.2	Realizar a gestão e a sistematização do conhecimento gerado pela Rede, fomentando a interação industrial e a difusão dos projetos demonstrativos (atividades 9, 10 e 11)
Subatividade 6.3	Elaborar livro sobre a temática economia circular e indústria 4.0 (subsídios às atividades 9, 10 e 11) e sistematizar os resultados dos projetos demonstrativos por meio de publicações e material de divulgação internos da Rede

Elaboração do autor.

Macroação de desenvolvimento tecnológico e atividades relacionadas

O objetivo desta macroação é desenvolver três chamadas públicas para a demonstração de projetos no parque industrial nacional. O parque industrial nacional foi dividido em três setores: empresas de grande porte, *startups* e empresas de pequeno e médio porte. Esta divisão segue o padrão adotado pela Câmara da Indústria 4.0. Dessa forma, é previsto que o Plano desenvolva projetos nestes três segmentos.

Para tanto, é previsto que, na atividade 7, sejam definidos as tecnologias e os segmentos com maior potencial de aplicação dos recursos. Na atividade 8 devem ser estruturados Termos de Referência para a seleção de projetos demonstrativos nos três segmentos industriais mencionados anteriormente. As atividades 9, 10 e 11 consistem na execução e no monitoramento dos projetos em empresas de grande porte, *startups* e empresas de pequeno e médio porte, respectivamente.

O objetivo da atividade 7 é identificar e propor parcerias com segmentos de maior potencial para o desenvolvimento tecnológico da economia circular e indústria 4.0. Esta atividade conta com cinco subatividades que visam, em um primeiro momento, identificar estudos e elaborar relatório técnicos especificando diversos arranjos tecnológicos e sua aplicação na indústria 4.0 e na economia circular, e busca descrever as principais tecnologias e aplicações, sendo a base das próximas atividades de desenvolvimento. Na sequência, deve-se identificar iniciativas internacionais de demonstradores de tecnologias com o objetivo de apontar exemplos que possam ajudar no desenvolvimento de soluções para o parque industrial nacional. Nesta atividade, é previsto o estabelecimento de parcerias estratégicas para cooperação internacional e um maior entendimento do nível de maturidade tecnológica das opções disponíveis. Após realizado o diagnóstico inicial, é necessário elaborar e validar a metodologia para selecionar segmentos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico e a inovação. Esta atividade visa garantir que os recursos sejam empregados de maneira eficiente, viabilizando a reprodução do projeto demonstrativo em outras empresas do segmento. Em seguida, deve-se relacionar e classificar demonstradores nacionais de tecnologias, conforme o nível de maturidade das empresas. Assim, deve-se identificar atores com comprovada especialidade na área e ava-

liar estágio de desenvolvimento das tecnologias. Essas atividades são essenciais para conhecer o nível atual de projetos similares para a execução da atividade 8. Por fim, a subatividade 7.5 trata de estabelecer contato com os segmentos e os demonstradores identificados, e busca aproximar diversos agentes em um ambiente inovativo favorável para a realização da atividade 8, a qual deve atrair agentes interessados em participar do Termo de Referência.

A atividade 8 dispõe-se a estruturar subprojetos para financiamento visando à demonstração de tecnologias associadas à economia circular e indústria 4.0, envolvendo grandes, médias e pequenas empresas, além de *startups*. Seis subatividades estão previstas nesta fase. O primeiro passo é definir o escopo e os requisitos dos subprojetos para demonstração de tecnologias. Para tal, é necessário estabelecer as condições necessárias para participação da chamada, os critérios de seleção e as características técnicas das soluções tecnológicas procuradas e incentivadas para cada uma das três áreas de atuação especificadas. Na etapa seguinte, devem ser elaborados os Termos de Referência, os editais ou as chamadas para contratação dos subprojetos. O objeto é preparar a redação do termo, explicitando os itens apontados na atividade prévia, e submeter o texto ao processo de avaliação e validação dos critérios e do conteúdo.

Salienta-se que os seguintes critérios de seleção sejam considerados como requisito da proposta: potencial de mitigação de emissões de GEE da proposta; estudo de viabilidade técnico-econômica; proposição de modelos de negócio para a solução; capacidade técnica e elegibilidade da empresa participante; aceite de publicação dos resultados do projeto; replicabilidade do conceito; elaboração material para cursos de capacitação; e desenvolvimento de normas técnicas de comunicação e segurança.

Em seguida, deve-se lançar o cronograma de chamadas, estabelecendo o tempo entre as chamadas e as fases de desenvolvimento, tendo como restrição a capacidade de gestão de projetos paralelos pela Rede. Nesta atividade é previsto o estabelecimento de pontos focais para a retirada de dúvidas, bem como a ampla divulgação para garantir o interesse do mercado em submeter propostas. Na etapa seguinte deve

ocorrer o recebimento e a avaliação das propostas, devendo-se garantir a isenção no processo de avaliação e segundo os critérios estabelecidos nos Termos de Referência. Na subatividade 8.5 são realizadas a seleção e a contratação dos subprojetos, devendo-se garantir que todos os agentes atendam aos prerrequisitos constantes no Termo de Referência, evitando que projetos selecionados não possam ser contratados. Por último, deve ser realizada reunião de partida dos subprojetos, tratando de expor as expectativas, e plano de trabalho para a execução das atividades, bem como esclarecimento de dúvidas dos parceiros. Pretende-se, assim, estabelecer parceria e canal de comunicação aberto e eficiente com os agentes implementadores do PAT.

As atividades 9, 10 e 11 implementam os projetos contratados para cada segmento. Estas atividades apresentam três subatividades em comum: i) realizar a execução do projeto demonstrativo de tecnologia, garantindo que o cronograma físico-financeiro apresentado na proposta de projeto seja cumprido; ii) reportar à Rede de capacitação o *status* da execução do cronograma físico-financeiro e as entregas de produtos; e iii) reportar para a Rede os resultados e as melhores práticas identificados ao longo do projeto. A equipe contratada deve ter um cronograma de entregas previstos na proposta que evidencie os resultados e as entregas técnicas do projeto. Estes resultados serão utilizados na atividade 6 da Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0, alimentando a disseminação de conhecimento sobre as tecnologias.

Quadro 73 – Macroação de desenvolvimento de projetos demonstrativos sobre a economia circular e indústria 4.0

MACROAÇÃO 2 – IDENTIFICAR E DESENVOLVER PROJETOS DEMONSTRATIVOS PROMISSORES, FOMENTANDO A PARTICIPAÇÃO E A INTERAÇÃO DA INDÚSTRIA, DAS <i>STARTUPS</i> , DAS PEQUENAS E DAS MÉDIAS EMPRESAS E DOS CENTROS DE PESQUISA	
Atividade 7	Identificar e propor parceiras com segmentos de maior potencial para o desenvolvimento tecnológico da economia circular e indústria 4.0
Subatividade 7.1	Mapear estudos existentes, identificar segmentos, tecnologias e oportunidades com maior potencial para o desenvolvimento no Brasil
Subatividade 7.2	Identificar iniciativas internacionais de demonstradores de tecnologias com objetivo de sensibilização, inspiração, <i>networking</i> e <i>benchmarking</i> , entre outros
Subatividade 7.3	Elaborar e validar metodologia, a exemplo da matriz tecnológica, para selecionar segmentos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico e a inovação
Subatividade 7.4	Relacionar e classificar demonstradores nacionais de tecnologias, conforme o nível de maturidade das empresas
Subatividade 7.5	Estabelecer contato e parcerias estratégicas com os segmentos e os demonstradores identificados
Atividade 8	Estruturar subprojetos para financiamento visando à demonstração de tecnologias associadas à economia circular e indústria 4.0, envolvendo grandes empresas; médias e pequenas empresas; e <i>startups</i>
Subatividade 8.1	Definir escopo e requisitos dos subprojetos para demonstração de tecnologias em: i) grandes empresas; ii) <i>startups</i> ; e iii) pequenas e médias empresas
Subatividade 8.2	Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para contratação dos subprojetos
Subatividade 8.3	Lançar cronograma de chamadas
Subatividade 8.4	Recebimento e avaliação das propostas
Subatividade 8.5	Seleção e contratação dos subprojetos
Subatividade 8.6	Reunião de partida dos subprojetos com os atores contratados
Atividade 9	Demonstrar tecnologias associadas à economia circular e indústria 4.0 em empresas de grande porte
Subatividade 9.1	Execução do projeto demonstrativo de tecnologias
Subatividade 9.2	Reportar à Rede o monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e as entregas de produtos
Subatividade 9.3	Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto
Atividade 10	Demonstrar tecnologias associadas à economia circular e indústria 4.0 por meio do desenvolvimento de produtos e processos compartilhados entre <i>startups</i> e empresas
Subatividade 10.1	Execução do projeto demonstrativo de tecnologias
Subatividade 10.2	Reportar à Rede o monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e as entregas de produtos
Subatividade 10.3	Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto
Atividade 11	Demonstrar tecnologias associadas à economia circular e indústria 4.0 e apoiar a inserção de pequenas e médias empresas
Subatividade 11.1	Execução de três projetos demonstrativo de tecnologias
Subatividade 11.2	Reportar à Rede o monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e as entregas de produtos
Subatividade 11.3	Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto

Elaboração do autor.

Macroação de gestão de recursos humanos e atividades relacionadas

O objetivo do bloco de trabalho da gestão de recursos humanos é estimular competências e habilidades da economia circular e indústria 4.0, por meio da oferta de cursos de capacitação e aperfeiçoamento profissional. Essa macroação está subdividida em duas atividades.

A atividade 12, a primeira deste bloco de atividade, é responsável por mapear as competências técnicas requeridas (subatividade 12.1) e atores que já desempenham atividades correlatas no âmbito da educação básica, tecnológica e superior (subatividade 12.2). O objetivo é identificar estudos, tanto internacionais quanto nacionais, que discutam o tema da inclusão da economia circular e da indústria 4.0 nas diversas fases do sistema de ensino. Dessa forma, é possível selecionar e priorizar competências e habilidades técnicas para o fomento. Outro entregável é a identificação de ações e grupos no Brasil que já trabalhem na temática para estabelecer parcerias de cooperação. Por fim, deve-se criar e divulgar portfólio das capacitações existentes na temática do PAT, divulgando o estudo de levantamento das competências e das habilidades, pontuando experiências e casos analisados. Para tanto, é necessário elaborar material de divulgação sobre a temática e fomentar a discussão no sistema de ensino.

O objetivo da atividade 13 é ofertar e divulgar cursos de capacitação e aperfeiçoamento técnico (presencial e EaD) sobre a economia circular e a indústria 4.0. A seguinte proposta de trabalho é indicada: em um primeiro momento, deve-se identificar e selecionar plataformas para disponibilização de cursos na modalidade EaD, realizando pesquisa de mercado para selecionar as melhores plataformas e práticas para a disponibilização de cursos EaD. Após a escolha da plataforma, deve-se elaborar e disponibilizar os cursos e o material didático sobre a economia circular e indústria 4.0.

Alguns exemplos de formato e edição esperados dos cursos são: “Desvendando a indústria 4.0” e “Soft skills para a indústria 4.0”, que são ofertados integral e gratuitamente na modalidade a distância junto à plataforma www.SENAI40.com.br.

A subatividade 13.3 é responsável por ministrar quatro cursos EaD com carga horária de 40 horas cada. Deve-se, para tanto, estabelecer cronograma dos cursos e agenda de ensino. Destaca-se que todos os cursos devem contar com a emissão de certificados para os participantes, além de monitoria e apoio aos alunos para ofertar a melhor experiência de aprendizado. Dessa forma, é necessário contratar equipe técnica capacitada para atender aos requisitos de qualidade dos cursos EaD. Outro curso disponibilizado terá docentes como público-alvo. A inovação derivada das tecnologias da indústria 4.0 é de caráter disruptivo, o que implica capacitação da força de docentes para lidar com a temática. Dessa forma, esta atividade visa, a exemplo do curso do Senai intitulado “Inspirar, transformar e aprender: a educação para a indústria 4.0”, preparar profissionais da educação para os desafios e as competências necessárias. Também serão desenvolvidos e ofertados cursos presenciais sobre a temática da economia circular e indústria 4.0 (subatividade 13.5). O objetivo é que os alunos possam aprender e interagir, pessoalmente, sobre a temática, criando um ambiente de inovação colaborativo. Este, como os outros cursos, também conta a disponibilização de certificado.

Por fim, é requerida a atualização do conteúdo dos cursos e do material, introduzindo novos avanços e resultados dos projetos demonstrativos (atividades 9, 10 e 11). Esta atividade visa incorporar os resultados dos projetos fomentados pela Rede no sistema de ensino. Dessa forma, os materiais devem ser atualizados ao longo do projeto, expandindo o conhecimento teórico por meio de exemplos empíricos.

Quadro 74 – Macroação de gestão de recursos humanos e atividades relacionadas

MACROAÇÃO 3 – GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS E ATIVIDADES RELACIONADAS	
Atividade 12	Estimular competências e habilidades para a economia circular e indústria 4.0
Subatividade 12.1	Mapear as competências e as habilidades técnicas requeridas para a economia circular e indústria 4.0 no âmbito da educação básica, tecnológica e superior
Subatividade 12.2	Mapear iniciativas voltadas para essa temática no âmbito da educação básica, tecnológica e superior
Subatividade 12.3	Criar e divulgar portfólio das capacitações existentes em economia circular e indústria 4.0
Atividade 13	Ofertar e divulgar cursos de capacitação e aperfeiçoamento técnico (presencial e EaD) na economia circular e indústria 4.0
Subatividade 13.1	Identificar e selecionar plataformas EaD para disponibilização de quatro cursos nesta modalidade
Subatividade 13.2	Elaborar e disponibilizar cursos e material didático sobre a temática economia circular e indústria 4.0, a exemplo de “Desvendando a indústria 4.0” e “Soft skills para a indústria 4.0”, que são 100% EaD, gratuitos e estão disponíveis na plataforma www.SENAI40.com.br
Subatividade 13.3	Ministrar quatro cursos EaD com carga horária de 40 horas cada
Subatividade 13.4	Elaborar um módulo de capacitação aos docentes sobre a temática economia circular e indústria 4.0
Subatividade 13.5	Ofertar curso de aperfeiçoamento aos docentes, a exemplo do curso do Senai intitulado “Inspirar, transformar e aprender: a educação para a indústria 4.0”
Subatividade 13.6	Desenvolver e ofertar dois cursos presenciais, de 16 horas, com capacidade para atender 40 alunos, sobre a temática economia circular e indústria 4.0
Subatividade 13.7	Atualizar conteúdo dos cursos e material, introduzindo novos avanços e resultados dos projetos-piloto, <i>input</i> das etapas 9, 10 e 11

Elaboração do autor.

Macroação de infraestrutura e atividades relacionadas

O objetivo da macroação 4 é promover o estabelecimento e a difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionadas à economia circular e indústria 4.0.

É importante salientar que, no âmbito da International Organization for Standardization (ISO), já está sendo discutida a elaboração de uma norma internacional sobre economia circular. A CNI é a entidade que está liderando o comitê para elaboração dessa norma por indicação da ABNT. Dessa forma, sugere-se que qualquer nova alternativa de normas e regulamentos reflitam sempre o que já está sendo tratado nessa norma ISO, de forma a não se ter dispendiosos esforços e perder todo desenvolvimento que já está sendo realizado e com forte participação de todo o setor privado. Portanto, é importante que a equipe alocada nesta tarefa esteja atenta e em constante contato com os avanços no tema.

De modo geral, a atividade 14 está dividida em cinco subatividades. Na primeira etapa, deve-se avaliar o estado da arte: i) da gestão de dados; ii) da legislação; iii) das normas técnicas para arquitetura da informação; iv) da interoperabilidade; e v) dos exemplos de infraestrutura de informação e comunicação em soluções da economia circular e indústria 4.0. O objetivo desta atividade é mapear as melhores práticas, barreiras e soluções adotadas.

Outra tarefa deste bloco é a preparação de cartilhas, infográficos, documentos e notas técnicas sobre a temática. O objetivo é disseminar conhecimento sobre protocolos de comunicação abertos e fechados, segurança da informação, exemplos internacionais e nacionais, contribuindo, dessa forma, para a robustez da infraestrutura de dados necessária para a implantação e a operação da economia circular e indústria 4.0. Ressalta-se que este material deve ser revisado periodicamente, pois

esta é uma área em constante mudança devido à natureza inovadora da tecnologia. Todo o material elaborado deve ser divulgado para as empresas, sendo esta responsabilidade exercida nas subatividades 14.3 e 14.4. A primeira atividade visa disseminar conteúdo correlacionado à proteção e à segurança de dados no Brasil. Trata-se de construir confiança na integração e no compartilhamento de dados da economia circular e indústria 4.0, e, portanto, as empresas devem estar cientes das oportunidades, dos riscos e dos métodos de proteção envolvidos. Um exemplo de material nacional seria a cartilha da Lei nº 13.709/2018 – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. A subatividade 14.4 visa difundir para as empresas conhecimento acerca das melhores práticas de legislação de outros países sobre a proteção de dados, bem como políticas públicas para fomento à economia circular e indústria 4.0. O objetivo é divulgar esse conhecimento entre as principais associações de classes e demais agentes interessados no tema. Dessa forma, a macroação 4 trará atualizações periódicas sobre as melhores práticas nacionais e internacionais de gestão de dados, redes e segurança da informação.

Por fim, a subatividade 14.5 visa elaborar e disseminar internamente proposta de normas técnicas para a arquitetura, a interoperabilidade e a integração de tecnologias da informação, comunicação e promoção de políticas públicas para a economia circular e indústria 4.0, com base nas experiências dos projetos demonstrativos 9, 10 e 11. Os projetos selecionados devem realizar entregas referentes ao desenvolvimento de normas técnicas, interoperabilidade e outras funcionalidades que auxiliam no desenvolvimento da rede de telecomunicação brasileira. Cabe à equipe de infraestrutura sistematizar o conhecimento gerado nestes projetos para disseminação do conhecimento, atendo-se sempre aos regulamentos que já vêm sendo discutidos.

Quadro 75 – Macroação de promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionados à economia circular e indústria 4.0

MACROAÇÃO 4 – PROMOVER O ESTABELECIMENTO E A DIFUSÃO DE REGULAMENTOS, NORMAS TÉCNICAS E POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADOS À ECONOMIA CIRCULAR E INDÚSTRIA 4.0	
Atividade 14	Promover o estabelecimento e a difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionados à economia circular e indústria 4.0
Subatividade 14.1	Avaliar o estado da arte de melhores práticas de gestão de dados, legislação e normas técnicas para arquitetura, interoperabilidade e integração de tecnologias da informação e comunicação da economia circular e indústria 4.0
Subatividade 14.2	Preparar cartilhas, infográficos, documentos e notas técnicas para difusão nas subatividades 14.3 e 14.4
Subatividade 14.3	Difundir para as empresas melhores práticas de proteção de dados, incluindo cartilha da Lei nº 13.709/2018 – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
Subatividade 14.4	Difundir para as empresas melhores práticas de legislação e políticas públicas de outros países ou blocos sobre proteção de dados e fomento à indústria 4.0 e economia circular
Subatividade 14.5	Elaborar e disseminar internamente proposta de normas técnicas para arquitetura, interoperabilidade e integração de tecnologias da informação, comunicação e fomento de políticas públicas da economia circular e indústria 4.0, com base nas experiências dos projetos demonstrativos 9, 10 e 11

Elaboração do autor.

7.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

Para cada uma das quatro macroações foram prospectados atores dos setores público e privado, associações e entidades representativas que poderiam colaborar na implantação do Plano da indústria 4.0. Em virtude da interdependência das macroações, é importante que haja uma coordenação-geral que, idealmente, deveria atuar durante todo o cronograma do Plano.

A coordenação da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0 deveria ser composta pelos mesmos membros da Câmara I4.0, sendo que a Câmara, propriamente dita, poderia exercer o papel de Comitê Gestor da Rede. A Câmara foi formalizada em 3 de abril de 2019, e é composta pelo MCTI, pelo ME, pela ABDI, pela CNI, pela Finep, pelo CNPq, pelo BNDES, pelo Sebrae e pela Embrapii. O plano de ação da Câmara I4.0 Brasil, para o período de 2019 a 2022, tem como objetivos: i) aumentar a competitividade e a produtividade das empresas brasileiras por meio da indústria 4.0; ii) melhorar a inserção do Brasil nas cadeias globais de valor; iii) introduzir o uso de tecnologias da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas; iv) garantir instrumentos para que soluções de empresas de base tecnológica, *startups* e integradoras possam ser ofertadas e disponibilizadas diretamente às empresas; v) assegurar estabilidade e

volume de recursos a custo adequado para implementação de iniciativas para a indústria 4.0; vi) identificar e desenvolver soluções para a indústria 4.0 adequadas às empresas do parque produtivo brasileiro; e vii) evitar a sobreposição de esforços individuais de instituições públicas e privadas para solucionar necessidades e demandas da indústria 4.0 no Brasil.

Em face da *expertise* da missão de cada instituição, a coordenação das macroações da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0 e de desenvolvimento de projetos demonstrativos promissores poderia ficar sob a responsabilidade do MCTI. Por sua vez, a coordenação da ação de gestão de recursos humanos poderia ser exercida pela CNI, enquanto a macroação de regulamentos e normas técnicas poderia ser compartilhada entre o ME, o Inmetro, o MCom e a Anatel. Mais do que isso, o ME também poderia mobilizar potenciais parceiros de financiamento para implementação do Plano, que poderia ter suporte financeiro da Finep, do BNDES, da Embrapii e do CNPq.

Algumas instituições poderiam executar, em face da *expertise*, atividades do Plano. Este é o caso do Sebrae, da ABDI, do Senai, de universidades e institutos de pesquisa, da ABNT, entre outras.

Quadro 76 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Câmara I4.0	Em face dos objetivos do plano de ação da Câmara I4.0 Brasil, que estão em linha com todas as macroações deste PAT, poderia atuar como Comitê Gestor da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0.
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Poderia atuar como responsável pela coordenação das macroações da Rede e do desenvolvimento de projetos demonstrativos promissores.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar como responsável pela coordenação-geral da macroação de regulamentos e normas técnicas, bem como na mobilização de atores de fomento ao PAT.
CNI	Principal representante da indústria brasileira na defesa e na promoção de políticas públicas que favoreçam o empreendedorismo e a produção industrial. Poderia atuar como responsável pela coordenação técnica da macroação de gestão de recursos humanos do Plano.
MCom	MCom é um órgão do Poder Executivo brasileiro, cujas atribuições são regular os serviços de radiodifusão, postais, de telecomunicações e suas entidades vinculadas, bem como gerenciar as políticas nacionais em áreas correlatas como a da inclusão digital. Poderia atuar na coordenação da macroação de regulamentos e normas técnicas da indústria 4.0.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Anatel	Promove o desenvolvimento das telecomunicações do país, de modo a dotá-las de uma moderna e eficiente infraestrutura, capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos, em todo o território nacional. Poderia atuar como responsável pela coordenação técnica da macroação de regulamentos e normas técnicas da indústria 4.0.
Inmetro	Prove confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, por meio da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do país. Poderia atuar como responsável pela coordenação técnica da macroação de regulamentos e normas técnicas da indústria 4.0.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
Sebrae	Estimula o empreendedorismo e possibilita a competitividade e a sustentabilidade dos empreendimentos de micro e pequeno porte no Brasil. Poderia atuar como parceiro técnico na implementação das atividades 7, 8 e 12.
ABDI	Atuação em áreas estratégicas por meio de programas de incentivo, investimentos, capacitação e ações com <i>players</i> da indústria de diferentes setores. Poderia atuar como parceira técnica e público-alvo das atividades 12 e 13.
Universidades e institutos de pesquisa	Poderiam atuar como parceiros técnicos para execução das atividades 7, 9, 10, 11 e, eventualmente, na atividade 13. Ademais, poderiam oferecer recursos humanos qualificados para compor a equipe permanente do PAT.
Associações e institutos representativos de setores industriais	Poderiam atuar como pontuais parceiros técnicos e público-alvo das atividades 7 a 13.
Senai	Maior complexo privado de educação profissional da América Latina, com 28 áreas da indústria brasileira, desde a iniciação profissional até a graduação e a pós-graduação tecnológica. Poderia ministrar os cursos previstos na atividade 13.
ABNT	Foro nacional de normalização. Poderia atuar como parceira técnica na execução da atividade 14.
Empresas fornecedoras de soluções tecnológicas	Poderiam atuar no fornecimento de soluções tecnológicas para as atividades 9, 10 e 11.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do PAT da indústria 4.0.

As atividades iniciais que correspondem à estruturação da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0 são fases em séries, pois o resultado de uma etapa fornece entradas para a fase seguinte. Algumas atividades dessa macroação são de caráter contínuo, como as subatividades 4.1 e 4.3, responsáveis pela comunicação dos resultados, e a atividade 6, responsável pelo fomento das demais macroações. Observa-se, assim, a importância da construção da Rede para a execução do plano de ação.

O desenvolvimento de estudos preparatórios para a elaboração dos Termos de Referência, que ocorre entre as atividades 7 e 8, também acontece em série. Por sua vez, as atividades 9, 10 e 11 podem ocorrer em paralelo, dependendo da capacidade de gestão da Rede. Por sua vez, as macroações 3 e 4, de capacitação profissional e promoção de normas técnicas, respectivamente, terão início após a fase de finalização da construção da Rede. Estas atividades devem atualizar os avanços tecnológicos e normativos ao longo do ciclo do projeto; portanto, apresentam periodicidade alternada durante a sua execução, além de algumas dependências entre as atividades de execução, como é o caso da elaboração do curso para a posterior ministração.

Quadro 77 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1																		
1.2																		
2.1																		
2.2																		
3.1																		
3.2																		
3.3																		
3.4																		
4.1																		
4.2																		
4.3																		
5.1																		
5.2																		
6.1																		
6.2																		
6.3																		

continua

continuação

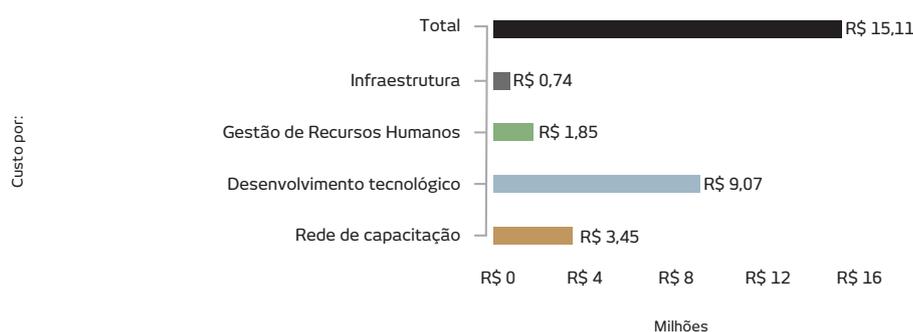
SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
7.1				■														
7.2				■														
7.3				■														
7.4				■														
7.5				■														
8.1					■													
8.2					■													
8.3					■													
8.4					■													
8.5					■													
8.6					■													
9.1						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9.2						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9.3						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10.1							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10.2							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10.3							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11.1									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11.2									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11.3									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12.1				■														
12.2				■														
12.3					■													
13.1						■												
13.2							■											
13.3								■			■			■				
13.4									■			■			■			
13.5										■	■	■	■	■	■	■	■	■
13.6													■	■	■	■	■	■
13.7											■	■	■	■	■	■	■	■
14.1				■														
14.2				■			■		■		■		■		■		■	
14.3					■			■		■		■		■		■		■
14.4					■			■		■		■		■		■		■
14.5						■									■	■	■	■

Elaboração do autor.

7.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

Os custos para a implementação do Plano são apresentados por bloco de atividade. O custo total é de R\$ 15,1 milhões, sendo que a macroação de desenvolvimento tecnológico corresponde a 60% do total, ou cerca de R\$ 9,1 milhões. Este valor seria suficiente para fomentar a execução de: i) um projeto em empresas de grande porte; ii) um projeto envolvendo *startups*; e

iii) três projetos demonstrativos em pequenas e médias empresas. A criação e a manutenção da Rede de capacitação, que terá atuação durante os 18 semestres do projeto, representa 23% do custo total, ou R\$ 3,45 milhões. A macroação de gestão de recursos humanos representa 12%, e a de infraestrutura 5%.



% por bloco de trabalho

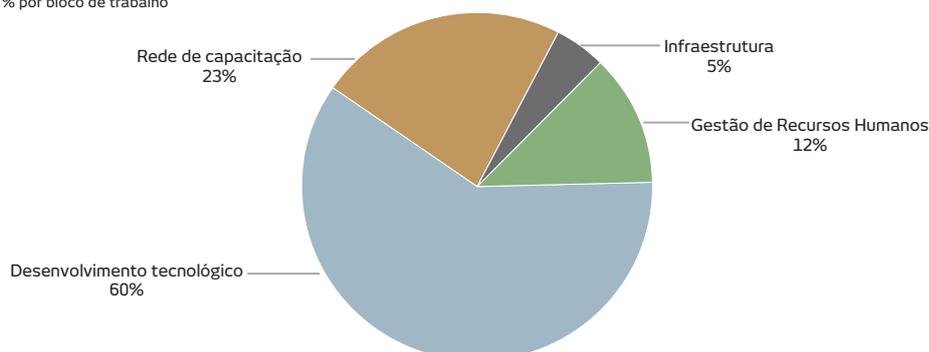


Figura 19 – Custo total e por ação do PAT da indústria 4.0, em milhares de reais e em porcentagem

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco das macroações 1, 3 e 4, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Por sua vez, a macroação de desenvolvimento tecnológico envolve a implementação de projetos demonstrativos que devem apresentar estudo de viabilidade técnico-econômica. Isso também torna as atividades

elegíveis a acessarem a modalidade de empréstimo reembolsável. Trata-se de uma modalidade disponível a todos os grupos de atores.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação "Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL" e no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL" (BRASIL, 2021a; 2021b).

7.6. Plano de riscos e contingenciamento

Para cada grupo de atividades em cada ação, foram analisados os potenciais riscos à implementação. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às atividades 9, 10 e 11. O alto custo e a concorrência por recursos financeiros representam uma ameaça ao desenvolvimento dos projetos demonstrativos esperados pelo PAT da indústria 4.0. A falta de coordenação institucional também apresenta elevado risco, pois o Plano demanda uma coordenação em rede e intersetorial. Além destes, existem riscos de caráter técnico, como, por exemplo: i) o risco de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por motivos diversos; ii) a má definição dos objetivos e apenas uma vaga ideia dos

resultados do desafio tecnológico; iii) os riscos associados à baixa qualificação dos recursos humanos de pequenas e médias empresas e resistência à mudança por parte dos funcionários.

Como ações de contingenciamento para os riscos apontados acima, sugere-se que a Rede trabalhe no sentido de evidenciar os benefícios do PAT, tanto para a competitividade do parque industrial quanto para a construção de uma economia de baixo carbono. Uma atuação clara e estratégica da Rede é fundamental para assegurar os recursos financeiros necessários. Em relação ao contingenciamento de riscos técnicos, indica-se avaliar as habilidades dos contratados *a posteriori*, verificando suas referências para determinar uma taxa de sucesso razoável, assegurando, assim, que as funções dos contratados estejam bem definidas (atividade 9). Na atividade 10, deve-se desenvolver objetivos detalhados do desafio tecnológico antes do lançamento, dedicar equipe para responder às dúvidas e criar protótipos do produto final. Uma forma de mitigar os riscos da atividade 11 seria capacitar os funcionários das pequenas e médias empresas, conscientizando-os para os benefícios do projeto.

Quadro 78 – Riscos e ações de contingenciamento associados à implementação das atividades do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Definir missão, visão e valores da Rede	Risco institucional	A falta de suporte executivo e de compromisso dos superiores representa um risco nesta fase inicial, que requer uma participação mais intensa dos interessados. Há, também, o risco de as partes terem interesses conflituosos, por terem expectativas diferentes do projeto.	Médio	Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante, mantendo o equilíbrio de atribuições durante o ciclo de vida do projeto. Ademais, devem ser promovidas reuniões visando envolver atores com responsabilidades e <i>expertises</i> específicas para adoção das atividades.
1.2 Estabelecer objetivos de curto, médio e longo prazos				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Realizar análise do macroambiente, avaliando as condições político-legais, econômicas e socioculturais, como crenças e valores que refletem nos padrões de preferências e nas condições tecnológicas	Risco técnico	O planejamento de alto nível é baseado em premissas, as quais representam uma fonte de riscos durante a execução do projeto. Além disso, há o risco de não se identificar coordenadores e atores-chave capacitados para liderar o projeto.	Baixo	O planejamento estratégico deve ser feito em detalhe para identificar premissas falhas, além de assegurar a identificação de coordenadores comprometidos com o projeto. Mais do que isso, deve ser instituído um Comitê Gestor da Rede, idealmente com <i>expertise</i> na implantação de tecnologias da indústria 4.0.
2.2 Identificar atores e instituições da economia circular e da indústria 4.0 para compor o Comitê Gestor da Rede				
3.1 Avaliação técnica e comercial preliminar de tecnologias e proposição de processos de qualificação, priorização e balanceamento de esforços orientados à fase de seleção das tecnologias e dos projetos demonstrativos	Risco organizacional e risco técnico	Requisitos inconsistentes e conflitantes são riscos esperados quando se trabalha com diferentes organizações. As partes tendem a concentrar-se apenas em uma parte do produto, e a ideia do produto final não é clara. Além disso, a ausência de uma estrutura de divisão de trabalho representa outro risco desta etapa do projeto. Adicionalmente, tem-se o risco de não identificar mão de obra qualificada para execução da atividade.	Baixo	Exigir que as partes interessadas descrevam totalmente os requisitos de interesses para harmonizar às expectativas, analisando a viabilidade destes em conjunto. Assegurar que a estrutura de divisão de trabalho e dos processos tenha uma posição central nesta etapa. Por fim, contratar pessoal junto a centros de excelência em P&D+I, com experiência comprovada na implementação de redes de pesquisa e negócios.
3.2 Definição do modelo de comercialização e oferta de tecnologias que serão demonstradas nas atividades 9, 10 e 11, assim como identificação e abordagem de potenciais alvos para licenciamento, valoração, divulgação de tecnologias, negociação, até gestão dos clientes e contatos				
3.3 Definição do processo de gestão e o acompanhamento dos contratos, da equipe jurídica e dos responsáveis				
3.4 Definição da estrutura física, dos recursos disponíveis e da equipe necessária para execução das atividades				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.1 Estabelecer plano de comunicação e agenda para a realização de reuniões regionais e periódicas, em que pontos comuns possam ser discutidos, parcerias possam ser criadas e os relacionamentos entre as pessoas estreitados	Risco técnico	A comunicação também é uma fonte de riscos pela falta de identificação do público-alvo e dos objetivos, falta de mídias confiáveis e conflitos sobre o conteúdo e a segurança das informações, as quais podem afetar tanto a comunicação externa quanto interna da rede.	Baixo	Elaborar e monitorar a implementação de plano de comunicação. Identificar e solucionar falhas de comunicação assim que detectadas. Garantir o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações. Além disso, deve ser garantida a coordenação técnica entre atividades, por meio da contratação de recursos humanos qualificados, visando gerar os subsídios previstos para disponibilização no <i>website</i> .
4.2 Desenvolver <i>website</i> que contemple documentos da Rede, <i>newsletter</i> , cursos <i>on-line</i> e material de capacitação desenvolvidos ao longo do projeto				
4.3 Realizar a manutenção do <i>website</i> e atualização constante do conteúdo, a partir de resultados do projeto				
5.1 Definir planos de ação, indicadores, metas e planos de correção para avaliar e reportar o desempenho da Rede	Risco organizacional	Processos ineficientes de coleta e sistematização da informação do projeto, sobretudo para a elaboração de indicadores e metas de desempenho, são um risco desta etapa, além do retorno lento entre as frentes de trabalho.	Médio	Identificar e solucionar falhas de comunicação, assim que detectadas. Garantir o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações. Mais do que isso, deve estar contemplada a contratação de serviço externo para validação dos indicadores junto à empresa com <i>expertise</i> comprovada em sistemas de reporte e verificação de desempenho de redes.
5.2 Contratar serviço terceiro especializado para avaliar e validar a subatividade 5.1				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.1 Mapear oportunidades de financiamento e desenvolver Termos de Referência para a realização de estudos, pesquisas, projetos demonstrativos e capacitações sobre o tema	Risco político, risco técnico e risco financeiro	Interesses políticos e disputa por recursos financeiros são riscos potenciais identificados para a execução das atividades específicas do PAT. Outro fator de risco é atrair interessados no desenvolvimento de soluções tecnológicas e de capacitação preparados para atender aos prerequisites de contratação e escopo.	Médio	Garantir flexibilidade na gestão, para que o projeto seja uma plataforma de diferentes ambições e objetivos, garantir representatividade e autoridade dos gestores da Rede. Criar ambiente favorável pré-chamada para atrair interessados qualificados tecnicamente.
6.2 Realizar a gestão e a sistematização do conhecimento gerado pela Rede, fomentando a interação industrial e a difusão dos projetos demonstrativos (atividades 9, 10 e 11)				
6.3 Elaborar livro sobre a temática economia circular e indústria 4.0 (subsídios às atividades 9, 10 e 11) e sistematizar os resultados dos projetos demonstrativos por meio de publicações e de material de divulgação internos da Rede				
7.1 Mapear estudos existentes, identificar segmentos, tecnologias e oportunidades com maior potencial para o desenvolvimento no Brasil	Risco técnico e risco organizacional	Riscos associados à falta de coordenação técnica e à baixa disponibilidade de recursos humanos qualificados, levando a falhas na percepção de restrições tecnológicas. Ademais, tem-se o risco de falta de interesse na formação de parcerias estratégicas.	Médio	Atrair e contratar profissionais qualificados. Estabelecer processos de revisão, obtendo <i>feedback</i> de vasta equipe técnica para avaliar a viabilidade de determinadas tarefas e validação de todos os requisitos e especificações. Finalmente, devem ser elaborados acordos de cooperação, contemplando direitos e obrigações entre as partes estratégicas.
7.2 Identificar iniciativas internacionais de demonstradores de tecnologias com objetivo de sensibilização, inspiração, <i>networking</i> e <i>benchmarking</i> , entre outros				
7.3 Elaborar e validar metodologia, a exemplo da matriz tecnológica, para selecionar segmentos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico e a inovação				
7.4 Relacionar e classificar demonstradores nacionais de tecnologias, conforme o nível de maturidade das empresas				
7.5 Estabelecer contato e parcerias estratégicas com os segmentos e os demonstradores identificados				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
8.1 Definir escopo e requisitos dos subprojetos para demonstração de tecnologias em: i) grandes empresas; ii) <i>startups</i> ; e iii) pequenas e médias empresas	Risco político, risco de custos e risco institucional	Riscos associados a competição pela priorização de determinadas temáticas podem interferir no avanço do projeto. Soma-se a isto o risco de má definição do escopo e requisitos mínimos da chamada	Médio	Realizar intercâmbio com as principais agentes de fomento, realizar contato com agências de fomento internacional, contratar equipe de consultoria para avaliação e validação das chamadas elaboradas
8.2 Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para contratação dos subprojetos				
8.3 Lançar cronograma de chamadas				
8.4 Recebimento e avaliação das propostas				
8.5 Seleção e contratação dos subprojetos				
8.6 Reunião de partida dos subprojetos com os atores contratados				
9.1 Execução do projeto demonstrativo de tecnologias	Risco de custo, técnico e de institucional	Risco de não liberação de recursos financeiros para a temática. Este risco se repete nas atividades 10 e 11. Além disso, existe o risco de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por vários motivos.	Alto	Atuação da Rede de forma clara, evidenciando os benefícios, é fundamental para assegurar os recursos financeiros necessários. Avaliar as habilidades dos contratados a <i>posteriori</i> , verificando suas referências para determinar uma taxa de sucesso razoável e assegurando que as funções dos contratados estão bem definidas. Finalmente, é necessário contemplar os recursos para o financiamento dos subprojetos no projeto da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0.
9.2 Monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e entregas de produtos				
9.3 Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
10.1 Execução do projeto demonstrativo de tecnologias	Risco de custo, técnico e institucional	Objetivos mal definidos e apenas uma vaga ideia dos resultados do desafio tecnológico.	Alto	Desenvolver objetivos detalhados do desafio tecnológico antes do lançamento, dedicar equipe para responder a dúvidas e criar protótipos do produto final. Finalmente, é necessário contemplar os recursos para o financiamento dos subprojetos no projeto da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0.
10.2 Monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e entregas de produtos				
10.3 Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto				
11.1 Execução de três projetos demonstrativo de tecnologias	Risco de custo, técnico e institucional	Riscos associadas à baixa qualificação dos recursos humanos de pequenas e médias empresas e resistência à mudança por parte dos funcionários.	Alto	Capacitar funcionários e conscientizar para os benefícios do projeto. Finalmente, é necessário contemplar os recursos para o financiamento dos subprojetos no projeto da Rede da Economia Circular e Indústria 4.0.
11.2 Monitoramento da execução do cronograma físico-financeiro e entregas de produtos				
11.3 Reporte para a Rede dos resultados e das melhores práticas identificados ao longo do projeto				
12.1 Mapear as competências e as habilidades técnicas requeridas para a economia circular e indústria 4.0 no âmbito da educação básica, tecnológica e superior	Risco técnico	Inexperiência da equipe sobre a economia circular e indústria 4.0.	Baixo	Criar testes de habilidade para contratar, avaliar e designar os membros da equipe para as tarefas mais apropriadas.
12.2 Mapear iniciativas voltadas para essa temática no âmbito da educação básica, tecnológica e superior				
12.3 Criar e divulgar portfólio das capacitações existentes em Rede da Economia Circular e Indústria 4.0				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
13.1 Identificar e selecionar plataformas EaD para disponibilização de quatro cursos nesta modalidade	Risco técnico	Risco relacionado à qualidade dos cursos e ao conteúdo de divulgação.	Baixo	A verificação da qualidade deve ser feita para cada etapa e, se forem necessárias alterações, elas devem ser implementadas imediatamente.
13.2 Elaborar e disponibilizar cursos e material didático sobre a temática economia circular e indústria 4.0, a exemplo de "Desvendando a indústria 4.0" e "Soft skills para a indústria 4.0", que são 100% EaD, gratuitos e estão disponíveis na plataforma www.SENAI40.com.br				
13.3 Ministrando quatro cursos EaD com carga horária de 40 horas cada				
13.4 Elaborar um módulo de capacitação aos docentes sobre a temática economia circular e indústria 4.0				
13.5 Ofertar curso de aperfeiçoamento aos docentes, a exemplo do curso do Senai intitulado "Inspirar, transformar e aprender: a educação para a indústria 4.0"				
13.6 Desenvolver e ofertar dois cursos presenciais, de 16 horas, com capacidade para atender 40 alunos, sobre a temática economia circular e indústria 4.0				
13.7 Atualizar conteúdo dos cursos e material, introduzindo novos avanços e resultados dos projetos-piloto, <i>input</i> das etapas 9, 10 e 11				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
14.1 Avaliar o estado da arte de melhores práticas de gestão de dados, legislação e normas técnicas para arquitetura, interoperabilidade e integração de tecnologias da informação e comunicação da economia circular e indústria 4.0	Risco técnico	Documentação deficiente da arquitetura dos sistemas desenvolvidos. Não considerar iniciativas anteriores em termos de regulamentos e normas técnicas.	Médio	Incorporar tempo adequado para planejamento, <i>design</i> , teste, reteste, documentação e <i>feedbacks</i> dos sistemas e das normas a serem propostas. Avaliar o estado da arte de regulamentos e normas técnicas da economia circular e indústria 4.0.
14.2 Preparar cartilhas, infográficos, documentos e notas técnicas para difusão nas atividades 14.3 e 14.4				
14.3 Difundir para as empresas melhores práticas de proteção de dados, incluindo cartilha da Lei nº 13.709/2018 – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais				
14.4 Difundir para as empresas melhores práticas de legislação de outros países ou blocos sobre proteção de dados				
14.5 Elaborar e disseminar internamente proposta de normas técnicas para arquitetura, interoperabilidade e integração de tecnologias da informação, comunicação e fomento de políticas da economia circular e indústria 4.0, com base nas experiências dos projetos demonstrativos 9, 10 e 11				

Elaboração do autor.

8.

Plano de Ação Tecnológica **para Agricultura de Precisão**



8. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

8.1. Definição da tecnologia

A definição da AP é bastante variável na literatura, mas, segundo a CBAP, pode-se definir AP como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente (BRASIL, 2014, p. 6).

O termo começou a ser utilizado há, aproximadamente, 25 anos, mas os fatos e as constatações que levaram ao seu surgimento são de longa data. Desde que a agricultura existe, sempre houve motivos para se diferenciar os tratamentos culturais nos pastos, nos pomares e nas lavouras em razão de alguma diferença interna das áreas (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015). No entanto, com a expansão territorial da agricultura, promovida pelo auxílio da mecanização, que permitiu que áreas cada vez maiores fossem cultivadas, esse detalhamento foi sendo relegado a uma importância secundária, e grandes áreas passaram a ser geridas como se fossem homogêneas. Contudo, diante do fato de que existe variabilidade espacial e temporal na unidade produtiva e de que seu gerenciamento pode trazer melhores resultados (LEONARD, 2015), surgiu a atual AP com o objetivo de dar um novo enfoque para a agricultura (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015). A sua aplicação foi impulsionada, principalmente, a partir da década de 1980, pelo desenvolvimento de microcomputadores, sensores e *softwares* nos Estados Unidos

e na Europa, começando a gerar resultados efetivos para os produtores (*ibidem*).

Antes vista como um conjunto de ferramentas para o manejo da lavoura, a AP passou a ser tratada como um sistema de gerenciamento de produção agrícola que reúne ferramentas e tecnologias de diferentes áreas do conhecimento para otimizar a qualidade de manejo da lavoura. As tecnologias envolvidas vão desde a instrumentação agrícola até a criação e o emprego de modelos e sistemas de gestão, passando pela automação dos processos, entre outros artifícios.

Esse sistema de gerenciamento é um exemplo de sucesso da aplicação da automação para tornar os sistemas produtivos mais eficientes no meio rural (EMBRAPA, 2016). Além disso, desempenha um importante papel na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, ao buscar o melhor uso de recursos. Juntamente a práticas conservacionistas do solo e ao manejo integrado de pragas (MIP), pode contribuir para o desafio de aumento da produção de alimentos combinado ao enfrentamento das mudanças climáticas. Mais do que isso, implica oportunidade de mitigação das emissões pela redução na quantidade de fertilizantes, insumos e defensivos utilizados. Em termos econômicos, implica aumento na produtividade e na lucratividade das culturas agrícolas, assim como potencial redução no preço de alimentos pelo aumento da oferta, devido à maior produtividade.

8.2 Escopo e ambição

A busca por uma agricultura sustentável, que alie alta produtividade e conservação do meio ambiente, é uma realidade em diversas propriedades e deve continuar sendo melhorada e universalizada. As melhores práticas de cultivo e a tecnologia estão presentes no cotidiano da agricultura no país. A AP é uma das frentes mais promissoras na produção agropecuária, pois se trata de uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, individuais e espaciais, e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gerenciamento de acordo com a variabilidade estimada, a fim de melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade (ISPA, 2019).

O conjunto de ferramentas e tecnologias de AP tem evoluído muito nos últimos anos. Nesse contexto, o presente PAT tem como escopo o desenvolvimento, a inovação, a difusão, a capacitação e a disseminação para facilitar o acesso à AP no Brasil. Desta forma, o Plano tem como ambição o fomento, a disseminação e a capacitação da AP no país até 2030.

A criação de uma Rede para promover o desenvolvimento, inovação e difusão da AP é de fundamental importância, sendo, por isso, uma ação transversal às demais atividades propostas, que tratam da implementação de iniciativas, bem como capacitação e disseminação para diferentes *stakeholders* em AP. O intuito da Rede é propor, fomentar, auxiliar e supervisionar atividades para tornar a AP cada vez mais acessível para todos os agricultores. A Rede ficará responsável por reunir as principais instituições de pesquisa, empresas e órgãos governamentais envolvidos com AP no intuito de levantar as demandas dos elos da cadeia, propor

e monitorar ações e pesquisas em AP, silvicultura de precisão, agricultura 4.0, agricultura digital, automação agrícola e IoT. A partir disso, irá propor e monitorar atividades para desenvolver ou aperfeiçoar equipamentos, práticas e máquinas voltadas para a AP. Além disso, a Rede também irá capacitar e disseminar o conhecimento desenvolvido, em parceria com instituições de ensino e órgãos com contato direto com produtores rurais.

A ambição proposta está alinhada com a Agenda Estratégica 2014-2030 – Agricultura de Precisão, elaborada em 2014 pelo Mapa (BRASIL, 2014). O documento é resultado de trabalho que foi iniciado em meados de 2013 com a participação efetiva de todos os membros da CBAP,¹¹ no qual foram levantadas e discutidas uma série de desejos, intenções e ações a serem implementadas para promover o crescimento e a disseminação da AP no Brasil. Neste documento, foi listado um conjunto de 51 ações classificadas em torno de nove áreas estratégicas permeando todos os elos da cadeia, bem como seus gargalos.

Na área estratégica da PD&I, tem-se como resultado esperado a criação de uma Rede estruturada de PD&I apoiando um processo permanente de inovação em AP, que se desdobra nas seguintes ações: i) sistematizar a captação de demandas de pesquisa dos elos da cadeia; ii) criar a Rede de PD&I da CBAP; iii) promover estratégias para captar os recursos disponíveis para PD&I; iv) manter o tema AP na pauta do FNDCT, via Mapa; e v) articular alocação orçamentária de recursos junto ao Governo Federal. Dessa forma, fica evidenciado que o PAT da AP visa potencializar o atingimento do resultado esperado da área estratégica de PD&I da Agenda, assim como as ações "i", "ii" e "iii", conforme atividades que serão propostas a seguir.

Quadro 79 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Desenvolvimento, inovação, difusão, capacitação e disseminação tecnológica para facilitar o acesso à AP no Brasil.	Fomento ao desenvolvimento, à inovação, à difusão, à capacitação e à disseminação da AP no país até 2030.

Elaboração do autor.

¹¹ Atualmente, Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (CBAPD). Instituída em 2019, no âmbito do Mapa, é um órgão de caráter consultivo, com o objetivo de promover o desenvolvimento da agricultura de precisão e digital no país (BRASIL, 2019b).

8.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Etapa anterior do projeto TNA_BRAZIL elencou 15 importantes barreiras ao desenvolvimento e à difusão tecnológica da AP no país. Entre estas, foram selecionadas aquelas que, caso não superadas, impediriam a disseminação da tecnologia, considerando-se o prazo de aplicação do projeto até 2030.

Foram identificadas seis barreiras críticas para o desenvolvimento, a disseminação e a gestão da AP, sendo que quatro são barreiras tecnológicas, uma econômica e uma de disseminação. Para superar tais barreiras, propõe-se três ações e nove atividades que serão apresentadas a seguir.



Figura 20 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

A Ação 1 é fundamental para o sucesso das duas ações subsequentes. Nela, serão definidos pré-requisitos, processos, metas, diretrizes e arranjos que guiarão o desenvolvimento e a difusão tecnológica, bem como a capacitação e a disseminação das técnicas e das práticas de AP. Também serão estabelecidas parcerias que viabilizarão as atividades das demais ações.

Sendo assim, as ações do PAT foram definidas e dispostas da seguinte forma:

Ação 1 e atividades relacionadas

Como a AP consiste em um conjunto de ferramentas e tecnologias, também envolve diversos atores. Portanto, há a necessidade de criação de uma Rede para o desenvolvimento, a difusão, a inovação, a capacitação e a disseminação da AP.

A Ação 1 possui quatro atividades. Essa ação possui o maior número de atores mobilizados para possibilitar que as demandas das partes interessadas sejam consideradas. A Rede terá como resultado a harmonização das iniciativas atuais e a especificação de critérios para desenvolvimentos futuros. Além disso, deverá coordenar e monitorar os resultados das demais ações do Plano.

Idealmente, a referida ação deveria ser coordenada pela CBAPD, que tem o objetivo de promover o desenvolvimento da agricultura de precisão e digital no país (BRASIL, 2019b). A criação, o fomento e o acompanhamento das ações de desenvolvimento, inovação e difusão propostas estão em linha com as competências da Comissão, tais como: i) difundir e fomentar o conceito e as técnicas de agricultura de precisão e digital; ii) difundir a importância da agricultura de precisão e digital para o desenvolvimento agropecuário e para a promoção da sustentabilidade socioambiental; iii) apoiar programas de atualização profissional, treinamento e capacitação e a realização de trabalhos técnicos e científicos relacionados à agricultura de precisão e digital; iv) gerar e adaptar conhecimentos e tecnologias de custo acessível; v) apoiar a criação e a atualização de banco de dados, de domínio público, das atividades relacionadas ao setor; vi) implementar

1. Criação de uma Rede para promover o desenvolvimento, a inovação e a difusão da AP;
2. Fomento ao desenvolvimento, à inovação e à difusão das tecnologias de AP;
3. Capacitação e disseminação para o desenvolvimento de técnicas e práticas de AP.

Cada ação indicada é, por sua vez, composta de um conjunto de atividades que constituem o passo a passo para sua execução.

e manter fórum de discussão virtual sobre agricultura de precisão e digital; vii) promover a articulação com agentes públicos e privados com o objetivo de definir ações prioritárias no setor.

A primeira atividade deve estabelecer os pré-requisitos da Rede, definindo a missão, a visão e os valores, o modelo de atuação, o planejamento estratégico, o plano de comunicação, a estrutura de governança, os atores institucionais e a equipe de trabalho permanente da Rede. Ainda, deve-se destacar, no que se refere às subatividades 1.2, 1.3 e 1.4, que o produto final delas deverá ser uma minuta de Portaria, a partir da qual deverá ser criada formalmente a Rede.

A subatividade 1.4 é de suma importância para a sustentabilidade da Rede, na medida em que define a equipe permanente de trabalho. Para tanto, foi considerado orçamento tendo em vista o custeio de pessoal durante todo o período da execução do PAT. Essa equipe terá, também, o papel de apoiar os atores institucionais da Rede. Ademais, a subatividade 1.5 prevê a elaboração do planejamento estratégico, que deverá ser adotado pela Rede. Por fim, considera a elaboração de um plano de comunicação para o PAT, que servirá para subsidiar, sobretudo, as ações de capacitação e disseminação de resultados das diferentes atividades.

A segunda atividade deve definir o modelo e a estratégia de atuação da Rede. Nesta, inicialmente serão mapeadas ações relacionadas à AP e à silvicultura de precisão já em desenvolvimento. Além disso, tratará de definir o modelo de oferta das tecnologias fomentadas na Ação

2, bem como identificar as partes interessadas e a estratégia de oferta de tecnologias por meio de *startups*.

A equipe permanente da Rede, definida na subatividade 1.4, desenvolverá indicadores para a mensuração e

reporte do desempenho das atividades do Plano (atividade 3). O intuito é avaliar a atuação da Rede e garantir a qualidade das ações tomadas. Finalmente, na quarta atividade tem-se atividade de suporte e monitoramento, pela Rede, das Ações 2 e 3.

Quadro 80 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – CRIAÇÃO DE UMA REDE PARA PROMOVER O DESENVOLVIMENTO, A INOVAÇÃO E A DIFUSÃO DA AP	
Atividade 1	Estabelecimento dos pré-requisitos e dos arranjos da Rede
Subatividade 1.1	Definir a missão, a visão e os valores da Rede
Subatividade 1.2	Definir o modelo de atuação, com objetivos de curto, médio e longo prazos, e o processo de governança da Rede
Subatividade 1.3	Mapeamento de atores e instituições nacionais de referência da Rede
Subatividade 1.4	Definir a estrutura física, o modelo de atuação, os atores institucionais e contratar a equipe permanente de trabalho da Rede
Subatividade 1.5	Desenvolvimento e aplicação do planejamento estratégico e do plano de comunicação para atuação da Rede
Atividade 2	Definição do modelo e da estratégia de atuação da Rede
Subatividade 2.1	Mapear e relacionar ações e pesquisas em AP, silvicultura de precisão, agricultura 4.0, agricultura digital, automação agrícola e IoT
Subatividade 2.2	Definição do modelo de oferta das tecnologias de AP fomentadas nas atividades 7 e 8
Subatividade 2.3	Identificar partes interessadas e estratégia de oferta de tecnologias por meio de <i>startups</i>
Atividade 3	Definição de indicadores para mensuração e reporte do desempenho da Rede
Subatividade 3.1	Definir planos de ação, indicadores, metas e planos de correção para avaliar e reportar o desempenho da Rede
Subatividade 3.2	Avaliação e validação da subatividade 3.1 por consultoria especializada
Atividade 4	Fomento e acompanhamento das ações de desenvolvimento de tecnologias e capacitação no âmbito da Rede
Subatividade 4.1	Mapear oportunidades de financiamento e desenvolver Termos de Referência para a realização de estudos, pesquisas, projetos demonstrativos e capacitações sobre o tema
Subatividade 4.2	Identificar e estabelecer parceiros de desenvolvimento, difusão e capacitação da Rede
Subatividade 4.3	Realizar a gestão e a sistematização do conhecimento gerado pela Rede, fomentando o acompanhamento e a difusão dos resultados das atividades 6, 7, 8 e 9
Subatividade 4.4	Sistematizar os resultados das atividades da Rede por meio de publicações e material de divulgação

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

Foram definidas quatro atividades, todas com subatividades, com o intuito de incentivar o desenvolvimento e a inovação em tecnologias para a AP. Na atividade 5, será feita a identificação de demandas dos elos da cadeia e dos nichos com maior potencial para desenvolvimento tecnológico nacional da AP.

Cumprir ressaltar que o levantamento de demandas, particularmente no que se refere à computação em nuvem, à IoT e a pacotes de *software* para fazer esse processamento, é atividade crítica que deve considerar resultados das ações do plano de monitoramento por satélite. Isso porque há sinergia dessa atividade com o desenvolvimento do sistema de monitoramento de alta resolução e de inteligência territorial, ações que fazem parte do referido PAT. Por esse motivo, idealmente, as iniciativas deveriam explorar sinergias, com vistas a minimizar o risco de não se atingir o resultado almejado no que tange ao desenvolvimento, à inovação e à difusão da AP.

As atividades 6 e 7 concentram-se em um objetivo comum: inovação e desenvolvimento de equipamentos em nichos selecionados da AP. As duas atividades possuem subatividades semelhantes, com cronogramas espelhados que ocorrerão simultaneamente e obrigatoriamente após a atividade 5. Trata-se de atividades aplicadas de PD&I, na medida em que objetivam a exe-

cução de projetos visando: i) ao desenvolvimento e/ou à difusão de equipamentos da AP para pequenos e médios produtores; e ii) ao aprimoramento da automação de máquinas e equipamentos de AP.

Particularmente na elaboração dos Termos de Referência, dos editais ou das chamadas para contratação dessas atividades, devem ser incluídos os seguintes critérios como requisitos obrigatórios nas propostas: potencial de mitigação de emissões de GEE; estudo de viabilidade técnico-econômica; proposição de modelos de negócio para a solução; capacidade técnica e elegibilidade da empresa participante; aceite de publicação dos resultados do projeto; replicabilidade do conceito; elaboração material para cursos de capacitação; e desenvolvimento de normas técnicas de comunicação e segurança.

Mais do que isso, a atividade 8 tem como objetivo propor a padronização da comunicação entre os fabricantes de máquinas e equipamentos. Essa iniciativa foi proposta para facilitar a interoperabilidade, a automação e a IoT em AP. Faz-se necessário criar um padrão de interface para conectar máquinas e equipamentos, ainda que sejam de gerações diferentes, com modelos e marcas distintos. Isso passa pela criação de protocolos de comunicação, padronização de conectores, entre outras iniciativas.

Quadro 81 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – FOMENTO AO DESENVOLVIMENTO, À INOVAÇÃO E À DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE AP	
Atividade 5	Estudo de demanda dos elos da cadeia e dos nichos com maior potencial para desenvolvimento tecnológico nacional da AP
Subatividade 5.1	Levantamento de demanda de equipamentos automatizados e de processamento de dados
Subatividade 5.2	Identificar tecnologias para aprimoramento de sensores, atuadores, interfaces, modelos, processamento de dados e <i>softwares</i> de AP
Subatividade 5.3	Elaboração de programa de PD&I para as tecnologias identificadas na subatividade 6.2
Atividade 6	Execução de projetos para financiamento, visando ao desenvolvimento e/ou à difusão de equipamentos de AP voltados para pequenos e médios produtores
Subatividade 6.1	Definir escopo e requisitos de produtos e processos de AP para pequenos e médios produtores
Subatividade 6.2	Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para desenvolver e testar equipamentos de AP
Subatividade 6.3	Lançar cronograma de chamadas
Subatividade 6.4	Recebimento e avaliação das propostas
Subatividade 6.5	Seleção e contratação dos subprojetos
Subatividade 6.6	Reunião de partida dos subprojetos e capacitação com os atores contratados
Subatividade 6.7	Execução dos projetos de testes de equipamentos de AP (limite de dez subprojetos)
Subatividade 6.8	Monitoramento e assistência aos contratados durante o período de execução dos projetos
Atividade 7	Fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação para aprimoramento da automação de máquinas e equipamentos
Subatividade 7.1	Definir escopo de <i>hardware</i> e <i>software</i> nacionais para suprir as demandas levantadas na atividade 5
Subatividade 7.2	Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para desenvolver e testar automação em máquinas e equipamentos de AP
Subatividade 7.3	Lançar cronograma de chamadas
Subatividade 7.4	Recebimento e avaliação de propostas
Subatividade 7.5	Seleção e contratação dos subprojetos
Subatividade 7.6	Reunião de partida dos subprojetos e capacitação com os atores contratados
Subatividade 7.7	Execução dos projetos de testes de equipamentos de automação de AP (limite de três subprojetos)
Subatividade 7.8	Monitoramento e assistência aos contratados durante o período de execução dos projetos
Atividade 8	Padronização e difusão de regulamentos e normas técnicas relacionados à comunicação e à conectividade na AP
Subatividade 8.1	Identificar <i>benchmark</i> e iniciativas para difundir a padronização da comunicação e a conectividade de máquinas e equipamentos de AP
Subatividade 8.2	Identificar boas práticas para difusão da proteção de dados na AP
Subatividade 8.3	Elaborar guia para padronização da comunicação e da conectividade em máquinas e equipamentos de AP
Subatividade 8.4	Elaborar guia de orientação para a elaboração de normas e técnicas de máquinas e equipamentos de AP

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

O sucesso dos processos desenvolvidos na Ação 2 depende de campanhas de capacitação e disseminação, tanto para agentes públicos quanto para agentes privados, como previsto pela Ação 3. Desta forma, foi proposta a atividade 9, com suas seis subatividades.

Idealmente, devem ser consideradas duas rodadas de disseminação: a primeira focada na capacitação dos produtores parceiros que participarão dos testes na etapa de desenvolvimento (Ação 2); e a segunda para demonstração e divulgação dos resultados alcançados para os demais produtores. Principalmente entre pequenos e médios pro-

dutores, as ações de disseminação são tão ou mais importantes do que as ações de desenvolvimento tecnológico.

Ainda, estão previstos cursos de ensino a distância (EaD) para pequenos e médios produtores, que objetivam demonstrar o valor intrínseco associado à AP. Finalmente, é importante preparar mão de obra especializada para aplicação das tecnologias de AP. Para tanto, prevê-se a divulgação de diretrizes e a sensibilização para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias de AP para cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias.

Quadro 82 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS E PRÁTICAS DE AP	
Atividade 9	Capacitação e disseminação da AP
Subatividade 9.1	Identificar e selecionar plataformas de EaD para disponibilização de curso nessa modalidade de ensino
Subatividade 9.2	Preparar o material do curso de EaD em “Técnicas e práticas de Agricultura de Precisão”
Subatividade 9.3	Ministrar quatro cursos de EaD, com carga horária de 40 horas cada
Subatividade 9.4	Demonstrações e divulgação dos resultados obtidos nas atividades 6, 7 e 8
Subatividade 9.5	Elaborar e disponibilizar materiais das ações em sítio eletrônico da Rede de AP
Subatividade 9.6	Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias de AP para cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias

Elaboração do autor.

8.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A fim de que a implementação do PAT tenha maior efetividade, para cada uma das três ações, foram prospectados múltiplos atores (setores público e privado, associações e entidades representativas, entre outros) que pudessem efetivamente colaborar na implantação do Plano.

Devem ser destacadas, inicialmente, instituições que poderiam coordenar o referido PAT. Conforme se mencionou anteriormente, a CBAPD tem atribuições em linha com os objetivos das ações propostas. Nesse caso, o Plano serviria como instrumento para subsidiar competências da Comissão. Em face da *expertise* relacionada às tecnologias e do trabalho em Rede da AP, o MCTI e o Mapa poderiam atuar na coordenação da Ação 1 e na coordenação técnica das atividades de desenvolvimento, pesquisa e inovação (MCTI) e de disseminação e capacitação em AP (Mapa).

Outros atores que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia e cuja missão alinha-se aos propósitos do PAT podem ser destacados: i) agentes financeiros (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico

e Social – BNDES; Financiadora de Estudos e Projetos – Finep; Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial – Embrapii; e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq); ii) potenciais parceiros técnicos (Embrapa; universidades, institutos e laboratórios de pesquisa de referência nos temas correlatos; empresas prestadoras de serviço em AP; Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações – CPqD; Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe; Censur; e Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Senar); e iii) Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participação nas atividades de capacitação e disseminação (Associação Brasileira de Agricultura de Precisão – Asbraap; Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anfavea; Associação Brasileira de Indústria de Máquinas e Equipamentos – Abimaq; Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA; fabricantes e fornecedores de equipamentos de AP; universidades e institutos de pesquisa; empresas prestadoras de serviço em AP; Senar; Inova; Auspin; Fundação Cargill; Pulse; Cubo; associações de classe; e outras agências e *hubs* de inovação).

Quadro 83 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Mapa	Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e pela normatização de serviços vinculados ao setor. Busca integrar, sob sua gestão, os aspectos mercadológico, tecnológico, científico, ambiental e organizacional do setor produtivo, e, também, dos setores de abastecimento, armazenagem e transporte de safras, além da gestão da política econômica e financeira para o agronegócio. Poderia atuar na coordenação da Ação 1 e na coordenação técnica da Ação 3.
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Poderia atuar na coordenação da Ação 1 e na coordenação técnica da Ação 2.
Embrapa	Tem como missão viabilizar soluções de PD&I para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Ademais, é uma empresa dedicada à pesquisa agropecuária com vários projetos relacionados à AP. Grande potencial para atuar como parceira técnica nas atividades das Ações 2 e 3.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
CBAPD	Entre as competências da CBAPD, destacam-se: i) difundir e fomentar o conceito e as técnicas de agricultura de precisão e digital; ii) difundir a importância da agricultura de precisão e digital para o desenvolvimento agropecuário e para a promoção da sustentabilidade socioambiental; iii) apoiar programas de atualização profissional, treinamento e capacitação e a realização de trabalhos técnicos e científicos relacionados à agricultura de precisão e digital; iv) gerar e adaptar conhecimentos e tecnologias de custo acessível; v) apoiar a criação e a atualização de banco de dados, de domínio público, das atividades relacionadas ao setor; vi) implementar e manter fórum de discussão virtual sobre agricultura de precisão e digital; vii) promover a articulação com agentes públicos e privados tendo como objetivo definir ações prioritárias no setor. Receberia subsídios decorrentes da execução das atividades do PAT.
Asbraap	Tem por objetivo geral "contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico, inovação e difusão do uso de práticas, técnicas e tecnologias de AP, aqui entendida como o conjunto amplo de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, e visa ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente. Visa congregação de pessoas, organizações e empresas dedicadas ao tema, na sua visão ampla, com o fim de promovê-lo e difundir-lo nas mais variadas comunidades e públicos" (ASBRAAP, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Anfavea	Entre suas principais atribuições, estão: "estudar temas da indústria e do mercado de veículos e máquinas agrícolas e rodoviárias, coordenar e defender os interesses coletivos das empresas associadas, participar, patrocinar ou apoiar, em caráter institucional, eventos e exposições ligadas à indústria e compilar e divulgar dados de desempenho do setor" (ANFAVEA, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Abimaq	Tem por missão "atuar de forma independente para promover o desenvolvimento sustentado do setor, por meio de produtos, serviços e ações político-institucionais" (ABIMAQ, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
CNA	A Confederação é, entre outras atribuições, "responsável por congregação de associações e lideranças políticas e rurais em todo o país. Também apoia a geração de novas tecnologias que possam auxiliar o produtor no plantio e manejo e a criação de agroindústrias responsáveis por aumentar a produtividade rural" (CNA, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Associações de classe	Poderiam atuar nas atividades de apoio técnico nas Câmaras Setoriais de especialistas, apoiando o processo de validação dos resultados, bem como em atividades de capacitação e disseminação.
Empresas prestadoras de serviços em AP	Poderiam atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação. Ademais, como potenciais parceiras para a execução das atividades.
Fabricantes e fornecedores de equipamentos específicos em AP	Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Universidades e institutos de pesquisa	Responsável por suporte técnico e programas de capacitação.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Senar	A missão do Senar consiste em “realizar a educação profissional, a assistência técnica e as atividades de promoção social, contribuindo para um cenário de crescente desenvolvimento da produção sustentável, da competitividade e de avanços sociais no campo. Entre suas ações, estão: formação profissional rural, assistência técnica e promoção social” (CNA, [s.d.]b). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação. Ademais, como potencial parceira para a execução da Ação 3.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
Inova	Tem como missão “identificar oportunidades e promover atividades de estímulo à inovação e ao empreendedorismo, ampliando o impacto do ensino, da pesquisa e da extensão em favor do desenvolvimento socioeconômico sustentado” (INOVA, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Auspin	Tem como missão “promover a utilização do conhecimento científico, tecnológico e cultural produzido na Universidade de São Paulo em prol do desenvolvimento socioeconômico do estado de São Paulo e do país” (AUSPIN, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Fundação Cargill	Missão de “promover a alimentação saudável, segura, sustentável e acessível do campo ao consumidor” (CARGILL, [s.d.]). Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Agência de inovação UFPR	Entre os objetivos, destacam-se: “dar suporte à comunidade interna nas demandas de proteção do conhecimento; orientar os procedimentos, em conjunto com outras unidades administrativas, sobre transferência de tecnologia; definir planos de capacitação e eventos para empreendedorismo e projetos de geração de negócios inovadores” (AGÊNCIA DE INOVAÇÃO UFPR, [s.d.]). Responsável por suporte técnico e operacional.
Pulse	Promove a conexão entre <i>startups</i> , corporações, investidores, entidades e universidades. Hospeda e contribui com o crescimento de <i>startups</i> , em atuação colaborativa com parceiros e <i>players</i> da indústria e do agronegócio. Poderia atuar nas Câmaras Setoriais para validação dos resultados das atividades e participar das atividades de capacitação e disseminação.
Cubo	Responsável por suporte técnico e operacional.
Outras agências e hubs de inovação	Responsável por suporte técnico e operacional.
Universidades e centros de pesquisa	Responsáveis pela produção de conhecimento técnico e científico de excelência no Brasil.
Fipe	Conduz pesquisas de campo e possui a <i>expertise</i> necessária para tratamento e análise preliminar de dados. Poderia atuar como parceira técnica na execução de atividades.
Census	Conduz pesquisas de campo e possui a <i>expertise</i> necessária para tratamento e análise preliminar de dados. Poderia atuar como parceira técnica na execução de atividades.
CPqD	Poderia contribuir como parceiro na execução da atividade 8, visto que a empresa oferece soluções em IoT; <i>blockchain</i> ; conectividade inteligente; e inteligência artificial.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento do PAT da AP.

As atividades podem ser implementadas concomitantemente, assim como boa parte da atividade 9. A subatividade 1.5 deve percorrer todo o cronograma, pois exi-

ge trabalho contínuo de aplicação e monitoramento do planejamento estratégico e do plano de comunicação.

A atividade 9 é extremamente relevante para o sucesso do Plano, posto que objetiva disseminar a aplicação das tecnologias de AP. Mais do que isso, é dependente de resultados da Ação 2, motivo pelo qual percorre os últimos nove semestres do cronograma.

Quadro 84 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■																	
1.2	■																	
1.3	■																	
1.4	■																	
1.5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.1		■																
2.2		■																
2.3		■																
3.1			■															
3.2			■															
4.1			■															
4.2				■														
4.3					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.4															■	■	■	■
5.1					■													
5.2						■												
5.3							■											
6.1								■										
6.2								■										
6.3								■										
6.4								■										
6.5								■										
6.6								■										
6.7									■	■	■	■	■	■				
6.8										■	■	■	■	■				

continua

continuação

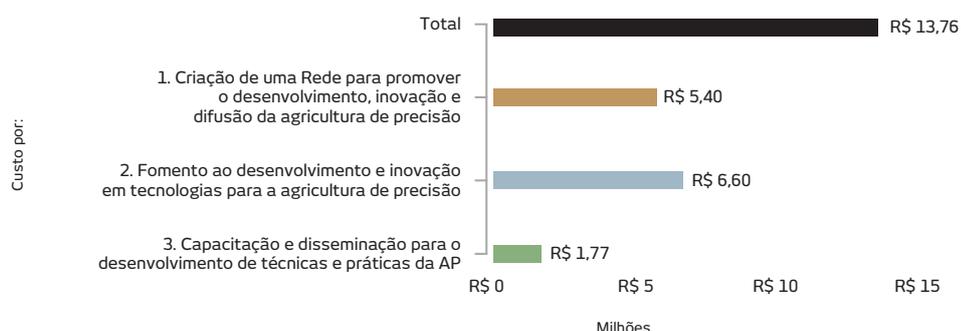
SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
7.1																		
7.2																		
7.3																		
7.4																		
7.5																		
7.6																		
7.7																		
7.8																		
8.1																		
8.2																		
8.3																		
8.4																		
9.1																		
9.2																		
9.3																		
9.4																		
9.5																		
9.6																		

Elaboração do autor.

8.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do Plano foi estimado em cerca de R\$ 13,8 milhões. A Ação 2, que diz respeito ao desenvolvimento em tecnologias de AP, é a mais significativa em termos

de custos, seguida pela atividade relacionada à criação da Rede, que tem valor significativo por se estender durante todo o cronograma do Plano.



% por ação

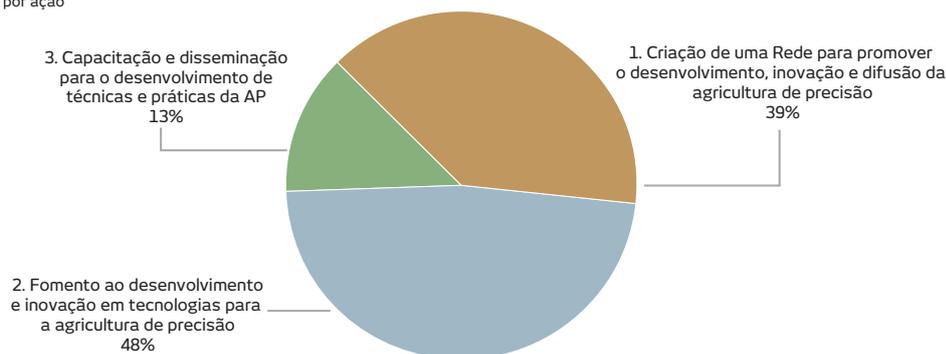


Figura 21 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT da AP

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que todas as ações seriam aplicáveis às modalidades típicas de empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Por sua vez, as atividades que envolvem o financiamento de projetos demonstrativos (6 e 7) seriam financiáveis por empréstimos reembol-

sáveis. Esta modalidade é aplicável a todos os atores anteriormente citados.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

8.6. Plano de riscos e contingenciamento

Além das estimativas de recursos necessários, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como: "risco baixo" aqueles que possuem consequências pouco significativas; "risco médio" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e "risco alto" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Os riscos mais altos estão relacionados às atividades de desenvolvimento 6 e 7, que envolvem grandes orçamentos e diversos agentes. O insucesso pode ocorrer por dificuldade de acesso aos produtores, problemas nos testes de equipamentos e acompanhamento dos processos de forma incorreta. Riscos associados à competição pela priorização de determinadas temáticas podem interferir no avanço do projeto. Soma-se a isto o risco de má definição do escopo e requisitos mínimos da chamada para projetos de desenvolvimento. Existem, ainda, os riscos de não liberação de recursos financeiros para os projetos e de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por diferentes motivos.

Quadro 85 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Definir a missão, a visão e os valores da Rede	Risco institucional e risco técnico	As partes podem apresentar interesses e expectativas diferentes do projeto, o que pode comprometer uma participação mais intensa das instituições. Falta de coordenação técnica das atividades e dificuldade em encontrar mão de obra qualificada. Falta de aplicação do planejamento estratégico e plano de comunicação transversalmente às ações do PAT.	Médio	Buscar métodos de gestão e desenvolvimento da Rede que procurem harmonizar os objetivos e as expectativas pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo do projeto. Adicionalmente, deve ser contratada uma equipe com coordenação técnica permanente da Rede, com ampla <i>expertise</i> na formação de Redes e/ou AP. Por fim, deve ser contratado profissional, durante todo o período de implementação do PAT, para monitorar a aplicação do planejamento estratégico e do plano de comunicação da Rede.
1.2 Definir o modelo de atuação, com objetivos de curto, médio e longo prazos, e o processo de governança da Rede				
1.3 Mapeamento de atores e instituições nacionais de referência da Rede				
1.4 Definir a estrutura física, o modelo de atuação, os atores institucionais e a contratação de equipe permanente de trabalho da Rede				
1.5 Desenvolvimento e aplicação do planejamento estratégico e do plano de comunicação para atuação da Rede				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Mapear e relacionar ações e pesquisas em AP, silvicultura de precisão, agricultura 4.0, agricultura digital, automação agrícola e IoT	Risco técnico e risco organizacional	Não encontrar partes interessadas. Definir modelo de validação com as partes interessadas. Falta de coordenação técnica e método de engajamento de atores.	Baixo	Fomentar a participação dos parceiros institucionais da Rede, por meio de reuniões periódica. Validar o modelo de oferta com <i>workshop</i> e aplicação da metodologia multicritério. Buscar parceiros reconhecidos que já possuam relação com <i>startups</i> e garantir apoio em todo o processo de desenvolvimento. Garantir a coordenação técnica das atividades.
2.2 Definição do modelo de oferta das tecnologias de AP fomentadas nas atividades 7 e 8				
2.3 Identificar partes interessadas e estratégia de oferta de tecnologias por meio de <i>startups</i>				
3.1 Definir planos de ação, indicadores, metas e planos de correção para avaliar e reportar o desempenho da Rede	Risco técnico	Definir indicadores inadequados e não alcançar as metas propostas.	Baixo	Contratar profissionais qualificados e experientes para elaborar plano de atividades assertivo e definir bem as métricas.
3.2 Avaliação e validação da subatividade 3.1 por consultoria especializada				
4.1 Mapear oportunidades de financiamento e desenvolver Termos de Referência para a realização de estudos, pesquisas, projetos demonstrativos e capacitações sobre o tema	Risco técnico, risco organizacional e risco político	Dificuldade em identificar parceiros interessados em desenvolver, capacitar e difundir as tecnologias e práticas de AP. Equipe não qualificada e/ou pouco comprometida com o projeto. Interesses políticos e disputa por recursos financeiros são riscos potenciais identificados para a execução das atividades específicas do PAT. Outro fator de risco é atrair interessados no desenvolvimento de soluções tecnológicas e de capacitação preparados para atender aos pré-requisitos de contratação e escopo. Falta de coordenação na sistematização das informações.	Médio	Capacitar e coordenar a equipe. Elaborar material, com preparação de assessoria de comunicação, que demonstre o potencial multiplicador do conhecimento gerado pela Rede. Dar suporte e monitorar os parceiros durante todo o ciclo do projeto. Garantir flexibilidade na gestão, para que o projeto seja uma plataforma de diferentes ambições e objetivos. Garantir representatividade e autoridade dos gestores da Rede.
4.2 Identificar e estabelecer parceiros de desenvolvimento, difusão e capacitação da Rede				
4.3 Realizar a gestão e a sistematização do conhecimento gerado pela Rede, fomentando o acompanhamento e a difusão dos resultados das atividades 6, 7, 8 e 9				
4.4 Sistematizar os resultados das atividades da Rede por meio de publicações e material de divulgação				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.1 Levantamento de demanda de equipamentos automatizados e de processamento de dados	Risco técnico	Não identificar as reais demandas devido a um levantamento e a um tratamento incorretos de dados. Erro na elaboração do questionário. Falta de mão de obra qualificada e de coordenação técnica. Falta de mobilização dos atores para elaboração de ações de desenvolvimento e difusão de tecnologias de AP.	Baixo	Elaboração do questionário por profissional com experiência em estudo de demanda. Uso de tecnologias e ferramentas eficazes por meio da contratação de institutos de pesquisa, e validação por laboratórios de referência e associações de AP. Realizar validação com especialistas do setor por meio <i>workshop</i> , assim como disseminação do programa de PD&I para atores de ciência e tecnologia.
5.2 Identificar tecnologias para aprimoramento de sensores, atuadores, interfaces, modelos, processamento de dados e <i>softwares</i> de AP				
5.3 Elaboração de PD&I para as tecnologias identificadas na subatividade 6.2				
6.1 Definir escopo e requisitos de produtos e processos de AP para pequenos e médios produtores	Risco técnico, risco político, risco de custos e risco institucional	Dificuldade de acesso aos produtores, insucesso nos testes de equipamentos e acompanhamento dos processos de forma incorreta. Riscos associados à competição pela priorização de determinadas temáticas podem interferir no avanço do projeto. Soma-se a isto o risco de má definição do escopo e requisitos mínimos da chamada. Risco de não liberação de recursos financeiros para os projetos. Além disso, existe o risco de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por vários motivos.	Alto	Parcerias com instituições que já estão inseridas no convívio de pequenos e médios produtores. Realizar intercâmbio com os principais agentes de fomento, realizar contato com agências de fomento internacional, contratar equipe de consultoria para avaliação e validação das chamadas elaboradas. Atuação da Rede de forma clara, evidenciando os benefícios, é fundamental para assegurar os recursos financeiros necessários. Avaliar as habilidades dos contratados <i>a posteriori</i> , verificando suas referências para determinar uma taxa de sucesso razoável e assegurando que as funções dos contratados estão bem definidas.
6.2 Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para desenvolver e testar equipamentos de AP				
6.3 Lançar cronograma de chamadas				
6.4 Recebimento e avaliação das propostas				
6.5 Seleção e contratação dos subprojetos				
6.6 Reunião de partida dos subprojetos e capacitação com os atores contratados				
6.7 Execução dos projetos de testes de equipamentos de AP (limite de dez subprojetos)				
6.8 Monitoramento e assistência aos contratados durante o período de execução dos projetos				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
7.1 Definir escopo de <i>hardware</i> e <i>software</i> nacionais para suprir as demandas levantadas na atividade 5	Risco técnico, risco político, risco de custos e risco institucional	Dificuldade de acesso aos produtores, insucesso nos testes de equipamentos e acompanhamento dos processos de forma incorreta. Riscos associados à competição pela priorização de determinadas temáticas podem interferir no avanço do projeto. Soma-se a isto o risco de má definição do escopo e requisitos mínimos da chamada. Risco de não liberação de recursos financeiros para os projetos. Além disso, existe o risco de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por vários motivos.	Alto	Parcerias com associações de produtores e grandes representantes na área de AP. Realizar intercâmbio com as principais agências de fomento, realizar contato com agências de fomento internacional, contratar equipe de consultoria para avaliação e validação das chamadas elaboradas. Atuação da Rede de forma clara, evidenciando os benefícios, é fundamental para assegurar os recursos financeiros necessários. Avaliar as habilidades dos contratados <i>a posteriori</i> , verificando suas referências para determinar uma taxa de sucesso razoável e assegurando que as funções dos contratados estão bem definidas.
7.2 Elaborar Termos de Referência, editais ou chamadas para desenvolver e testar automação em máquinas e equipamentos de AP				
7.3 Lançar cronograma de chamadas				
7.4 Recebimento e avaliação de propostas				
7.5 Seleção e contratação dos subprojetos				
7.6 Reunião de partida dos subprojetos e capacitação com os atores contratados				
7.7 Execução dos projetos de testes de equipamentos de automação de AP (limite de três subprojetos)				
7.8 Monitoramento e assistência aos contratados durante o período de execução dos projetos				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
8.1 Identificar <i>benchmark</i> e iniciativas para difundir a padronização da comunicação e a conectividade de máquinas e equipamentos de AP	Risco técnico e risco institucional	Desacordo entre os representantes de máquinas e equipamentos de AP em relação ao padrão de conectividade e comunicação. Ademais, tem-se o risco de falta de interesse dos <i>stakeholders</i> .	Baixo	Deve ser promovido <i>workshop</i> para validação dos resultados das atividades.
8.2 Identificar boas práticas para difusão da proteção de dados na AP				
8.3 Elaborar guia para padronização da comunicação e da conectividade em máquinas e equipamentos de AP				
8.4 Elaborar guia de orientação para a elaboração de normas e técnicas de máquinas e equipamentos de AP				
9.1 Identificar e selecionar plataformas de EaD para disponibilização de curso nessa modalidade de ensino	Risco técnico e risco organizacional	Resistência cultural e baixa propensão dos produtores em adotar a AP e utilizar as técnicas e os equipamentos desenvolvidos durante todo o projeto. Risco relacionado à qualidade dos cursos e ao conteúdo de divulgação.	Baixo	Devem ser contratados profissionais competentes. A verificação da qualidade deve ser feita para cada etapa e, se forem necessárias alterações, elas devem ser implementadas imediatamente. Devem ser aplicados formulários de avaliação nos cursos de EaD.
9.2 Preparar o material do curso de EaD em "Técnicas e práticas de Agricultura de Precisão"				
9.3 Ministrando quatro cursos de EaD, com carga horária de 40 horas cada				
9.4 Demonstrações e divulgação dos resultados obtidos nas atividades 6, 7 e 8				
9.5 Elaborar e disponibilizar materiais das ações em sítio eletrônico da Rede de Agricultura de Precisão				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
9.6 Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias de AP para cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias	Risco institucional e risco organizacional	Falta de engajamento de professores não habituados ao uso de recursos didáticos digitais. Dificuldade de compreensão da proposta didática. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Capacitação prévia de docentes que farão a proposta na área e resultados do projeto. Contratar mão de obra especializada em processo de formulação de propostas de educação em ensino superior. Realizar atividades de engajamento nas universidades, baseadas em plano de comunicação da ação de capacitação e disseminação.

Elaboração do autor.

9.

Plano de Ação
Tecnológica

**para
Melhoramento
Genético Animal
na Pecuária
Bovina de Corte**



9. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE

9.1. Definição da tecnologia

O MGA permite modificar a composição genética dos rebanhos ao longo das gerações, visando ao alinhamento com o ambiente de produção, as expectativas de desempenho, as exigências do mercado ou do ambiente de produção e as expectativas de mercado. Está definitivamente incorporado e contribui para o desenvolvimento das principais cadeias produtivas animais no Brasil, como avicultura, suinocultura e bovinocultura de corte e de leite. As grandes empresas produtoras de aves e suínos possuem seus próprios programas de melhoramento genético, para que seus produtos atendam às exigências de seus clientes. No caso da bovinocultura de corte e de leite, existem programas de melhoramento genético independentes, ou vinculados às associações de criadores, para orientar os selecionadores ou produtores comerciais na utilização de material genético de melhor qualidade nos processos de produção.

A bovinocultura de corte é uma das principais atividades agropecuárias no Brasil, tanto na geração de receita quanto no impacto ambiental. Em 2019, o valor bruto da produção (VBP) da cadeia produtiva de bovinos de corte foi de R\$ 88,5 bilhões e representou, aproximadamente, 14% do VBP agropecuário (BRASIL, 2019a). A fermentação entérica dos bovinos (corte e leite) foi responsável por 67% das emissões de metano do Brasil em 2010 (BRASIL, 2016b). Dessa forma, a aplicação de tecnologias com potencial de aumento da produtividade, da rentabilidade e de mitigação da emissão de GEE na bovinocultura de corte – como é o caso do MGA – pode ser considerada prioridade nos programas de PD&I.

A composição genética dos rebanhos pode ser modificada por meio da seleção (escolha dos pais da próxima geração) e dos acasalamentos (estratégias para formação dos casais). O MGA é eficiente para modificar as médias de características economicamente importantes no sentido desejável pelo ser humano, desde que elas sejam mensuráveis e que exista variabilidade genética. O MGA permite melhorar as médias de características reprodutivas, crescimento, eficiência alimentar e adaptação ao clima e aos parasitos.

Os principais usuários do material genético melhorador são os produtores comerciais, aqueles que se dedicam à produção de animais para o abate. Já os maiores beneficiados são os consumidores finais, que podem ter acesso a alimentos de boa qualidade, produzidos de forma sustentável. Ao longo dos processos envolvidos no MGA, é possível identificar e utilizar, de maneira mais racional, os animais de crescimento mais acelerado, mais eficientes na utilização do alimento e mais precoces do ponto de vista reprodutivo e de acabamento de carcaça. Com isso, é possível reduzir a quantidade de recursos naturais utilizados por unidade de produto (quilograma de carne), diminuir a pegada ambiental da bovinocultura de corte, por meio da melhoria de índices zootécnicos (reprodução, crescimento, eficiência alimentar), e melhorar a competitividade do setor.

Em termos de benefícios do melhoramento genético, pode-se citar o aumento da resiliência à mudança do clima e à redução das emissões. Neste último caso, tem-se que a fermentação entérica nos bovinos pode ser considerada a principal fonte de emissão de GEE na cadeia produtiva da carne bovina. Em sistemas tradicionais de produção de bovinos de corte, a maior parte das emissões de GEE acontece nas fases de gestação e engorda, enquanto a intensificação do sistema de produção (com redução da idade de abate dos animais) faz com que a fase de gestação seja a principal fonte de emissão desses gases (FLORINDO *et al.*, 2017). Portanto, a utilização de ferramentas – tais como o MGA – para melhorar as características reprodutivas e de crescimento terá implicações favoráveis sobre o impacto ambiental na cadeia produtiva de carne bovina (ABY *et al.*, 2013). O MGA também pode contribuir para reduzir o impacto ambiental da bovinocultura de corte, por meio da seleção direta, para redução da emissão de metano (PINARES-PATINO *et al.*, 2013), ou indiretamente, pela seleção para melhoria da eficiência alimentar, já que os animais mais eficientes produzem menos CH₄ por quilo de peso corporal do que os animais menos eficientes (NKRUMAH *et al.*, 2006).

9.2 Escopo e ambição

O MGA é uma tecnologia com grande potencial de impacto ambiental, produtivo, social e econômico na pecuária bovina de corte no Brasil. Essa tecnologia já contribuiu para a melhoria de características relacionadas com o crescimento e com a eficiência reprodutiva dos animais graças a pesquisas, fenotipagem em larga escala e avaliações genéticas rotineiras nos programas de melhoramento genético (ABCZ, 2020).

Atualmente, com o desenvolvimento de equipamentos capazes de medir o consumo individual de alimentos e até mesmo a produção e a liberação de GEE, também é possível realizar pesquisas para quantificar as diferenças genéticas entre os animais para características relacionadas com a eficiência alimentar. Contudo, ainda há a necessidade de se desenvolver procedimentos de fenotipagem em larga escala para essas características, de modo que os programas possam realizar as avaliações genéticas e identificar os animais mais eficientes.

A identificação de animais geneticamente superiores envolve várias etapas e procedimentos que, geralmente, são realizados em fazendas especializadas na seleção e na venda de material genético superior (touro, vacas, sêmen, embriões). O controle de genealogia, a identificação individual e a necessidade de investimentos em equipamentos e mão de obra para a fenotipagem são exemplos de procedimentos específicos, que precisam ser realizados nas fazendas de seleção e que aumentam o custo de produção. Tais custos necessitam ser pagos por meio da comercialização de produtos com valor agregado – o material genético – para as fazendas comerciais.

O material genético desenvolvido nas fazendas de seleção é uma das matérias-primas necessárias para a produção de animais para abate nas fazendas comerciais (ALVES *et al.*, 1995). As fazendas comerciais, assim como qualquer empresa, precisam ter controle de seus processos e custos de produção para se manterem sustentáveis (EL-MEMARI NETO, 2019). Para isso, algumas delas contam com o apoio de empresas especializadas em gestão de negócios. Essas empresas atuam no planejamento econômico, produtivo e estratégico da atividade pecuária e auxiliam os fazendeiros nas tomadas de decisões com base

em dados econômicos da atividade. A produção de carne em larga escala acontece nessas fazendas comerciais. Elas são especializadas em transformar os insumos de produção (genética, nutrição, sanidade, manejo, recursos humanos etc.) em carne de maneira sustentável. Apesar da importância da carne bovina para a nutrição humana (PEREIRA; VICENTE, 2013) e para a geração de renda e bem-estar social (IBGE, 2017), esse produto é comercializado, principalmente, sob a forma de uma *commodity* – sem muito valor agregado. Por isso, os processos dentro de uma fazenda comercial são definidos de forma a reduzir custos, e nem sempre são os mesmos utilizados nas fazendas de seleção. O controle genealógico, a identificação individual e os investimentos para fenotipagem de muitas características são menos importantes em fazendas comerciais do que em fazendas de seleção. Por isso, sempre que possível, esses procedimentos são evitados.

Em suma, as fazendas de seleção produzem animais de potencial genético superior, e seus custos de produção não estão completamente alinhados aos custos de produção de animais para abate nas fazendas comerciais. Já as fazendas comerciais, que compõem a maioria das fazendas brasileiras, são as principais usuárias do material genético desenvolvido naquelas especializadas na seleção, e devem ser vistas como importantes fontes de dados de desempenho zootécnico e econômicos para o direcionamento dos programas de seleção. Contudo, ainda existe uma lacuna entre esses dois grupos de fazendas. Por isso, há a possibilidade de os programas de melhoramento genético não estarem desenvolvendo o material genético mais adequado para as fazendas comerciais, e a hipótese de que os dados gerados nas fazendas comerciais não chegam até os programas de melhoramento para auxiliar no processo de seleção também é plausível.

A integração dos dados de desempenho zootécnico e econômicos, gerados nas fazendas comerciais, com os dados de desempenho zootécnico e os parâmetros genéticos, gerados nas fazendas de seleção, permite a obtenção do objetivo de seleção. A definição deste objetivo pode ser considerada, individualmente, a etapa mais importante de um programa de MGA. Serve para

direcionar a seleção dos animais nas fazendas de acordo com as demandas das fazendas comerciais. Com o objetivo bem definido, o produtor de material genético (fazendas de seleção) conhecerá a demanda do seu cliente (fazendas comerciais), e, assim, o cliente terá a garantia de que o seu fornecedor de genética está lhe oferecendo o produto que ele precisa, e todos os

agentes envolvidos na cadeia produtiva da bovinocultura de corte serão beneficiados. Mas, para isso, será necessário um grande esforço para a integração dos dados gerados nas fazendas de seleção com os dados gerados nas fazendas comerciais, para a definição do objetivo de seleção na pecuária bovina de corte, que é o escopo do presente PAT para a tecnologia de MGA.

Quadro 86 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Integração de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos para o aprimoramento da definição do objetivo de seleção na pecuária bovina de corte.	Desenvolver uma plataforma para integração, disseminação, capacitação e análise de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte até 2030.

Elaboração do autor.

A bovinocultura de corte é uma atividade dinâmica, na qual muitos dados gerados da porteira para dentro (inerentes, principalmente, ao processo de produção) e da porteira para fora (mercado consumidor) precisam ser analisados em conjunto, de maneira rápida e eficiente, para gerar informações e auxiliar os produtores em suas decisões. Sendo assim, as ações e as atividades necessárias para alcançar o escopo proposto foram

identificadas e descritas. Tais ações e atividades serão executadas para o desenvolvimento de uma plataforma capaz de integrar os dados gerados nas fazendas de seleção e nas fazendas comerciais até 2030. Essa plataforma vai contribuir para agilizar a transformação de dados gerados rotineiramente em informações estratégicas para tomadas de decisões nas fazendas de seleção e nas fazendas comerciais.

9.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Durante a descrição da cadeia de valor da tecnologia de MGA na pecuária bovina de corte foram identificados sete nós críticos (definição do objetivo de seleção, fenotipagem, genotipagem, avaliação genética, seleção/acasalamento, reprodução e comercialização) e oito barreiras. Na etapa de priorização, a definição do objetivo de seleção foi considerada o nó mais importante, uma vez que está no início da cadeia de valor, e que o conhecimento do objetivo de seleção é necessário para delinear e executar todas as atividades em um programa de melhoramento genético. Na sequência, as quatro barreiras mais importantes, que impediriam a disseminação

dessa tecnologia, caso não fossem superadas, foram identificadas. Entre as três barreiras priorizadas, uma delas é física (diferenças entre os sistemas de produção no Brasil), uma está relacionada com a disseminação e a qualificação (falta de conhecimento da importância econômica das características) e a outra é tecnológica (falta de integração e agilidade entre os agentes envolvidos em programas de MGA). Para superar essas barreiras, foi proposto o desenvolvimento de uma plataforma para integração, disseminação, capacitação e análise de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte até 2030.

Nós críticos priorizados

**DEFINIÇÃO
DO OBJETIVO
DE SELEÇÃO**

Barreiras priorizadas

Diferenças entre os sistemas de produção no Brasil

Falta de conhecimento da importância econômica das características

Falta de integração e agilidade entre os agentes envolvidos em programas de melhoramento genético animal

Nível de prontidão tecnológica dos objetivos de seleção testados, qualificados e demonstrados (TRL 8)

Ambição



Desenvolver uma plataforma para integração, disseminação, capacitação e análise de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte até 2030

Figura 22 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

As duas primeiras ações selecionadas consistem, basicamente, em etapas de diagnóstico da bovinocultura de corte e das percepções dos fornecedores e dos usuários de genética bovina. Na Ação 3, pretende-se ampliar o conhecimento existente a respeito dos recursos genéticos disponíveis para a produção de carne bovina. A Ação 4 será importante para demonstrar o potencial de impacto econômico do melhoramento genético na bovinocultura de corte. Essa ação depende dos resultados das ações anteriores. Por sua vez, a Ação 5 é necessária para que os benefícios desse Plano contribuam para o desenvolvimento da cadeia produtiva da carne bovina mesmo após a conclusão de todas as ações previstas. O desenvolvimento da

plataforma para integração e análise dos dados e geração de relatórios vai permitir que os dados econômicos e de desempenho zootécnico coletados nas fazendas de seleção e nas fazendas comerciais sejam rotineiramente e continuamente analisados, para que as informações sejam extraídas e disponibilizadas rapidamente para os selecionadores e os produtores de carne. Por fim, mas não menos importante, foi proposta a Ação 6, que contempla a disseminação dos resultados obtidos nas etapas anteriores e, também, a capacitação dos usuários da plataforma desenvolvida. Cada ação é composta de um conjunto de atividades que constituem o passo a passo para sua execução.

Ação 1 e atividades relacionadas

A Ação 1 consiste em um diagnóstico produtivo e econômico da bovinocultura de corte, e contempla três atividades. Na subatividade 1.1, será realizado um levantamento do estado da arte de indicadores produtivos (desempenho animal, taxa de lotação etc.), econômicos (custos com mão de obra, insumos de produção, impostos, manutenção de equipamentos e instalações, investimentos etc.), físicos (área de produção, tamanho de rebanho, produção etc.), climáticos (precipitação, temperatura, umidade, tipo de solo, município, estado, região etc.) e perfil produtivo (tecnologias utilizadas etc.) em 300 fazendas comerciais, distribuídas nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil. Esses dados serão extraídos diretamente das bases de dados das empresas de gestão que, potencialmente, poderão participar da implantação deste Plano. Como os dados virão de fontes diferentes (empre-

sas diferentes), haverá necessidade de se desenvolver e padronizar uma metodologia para cálculo de indicadores adicionais (a partir dos indicadores obtidos na subatividade 1.1), com poder de caracterização e discriminação dos sistemas de produção (subatividade 1.2). Além disso, uma metodologia padronizada de análise dos dados será desenvolvida e técnicas de análise multivariada para agrupamento das fazendas serão aplicadas. Esses grupos de fazendas (sistemas de produção) serão caracterizados com base nas médias dos seus indicadores.

A subatividade 1.3 é complementar às atividades anteriores, e consistirá na quantificação das contribuições (absoluta e relativa) de cada sistema de produção (grupos de fazendas, identificados na subatividade 1.2) na produção total de carne bovina no Brasil.

Quadro 87 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA E ECONÔMICA DA BOVINOCULTURA DE CORTE	
Subatividade 1.1	Realizar um levantamento do estado da arte de indicadores produtivos, econômicos, físicos, climáticos e perfil produtivo em 300 fazendas, distribuídas nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil
Subatividade 1.2	Desenvolver e padronizar uma metodologia para cálculo e análise de dados de indicadores adicionais, com poder de caracterização e discriminação dos sistemas de produção
Subatividade 1.3	Quantificar a contribuição (absoluta e relativa) de cada sistema de produção (grupos de fazendas identificados na subatividade 1.1) na produção total de carne bovina no Brasil

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 objetiva caracterizar a oferta e a demanda de material genético para produção de carne bovina. A subatividade 2.1 consiste em levantamento de projetos executados e de resultados disponíveis sobre o tema dessa ação, bem como da definição de duas amostras de fazendas para aplicação de formulários de pesquisa. A primeira amostra será composta por 150 fazendas comerciais, e a segunda amostra será composta de 100 fazendas de seleção. Será importante definir fazendas comerciais representativas dos principais sistemas de produção identificados na ação anterior e fazendas de seleção que fornecem material genético para o grupo de fazendas da amostra anterior.

A subatividade 2.2 consiste na caracterização das estratégias utilizadas pelos produtores de carne para aquisição de material genético, por meio da elaboração e da aplicação de formulários. As contribuições relativas da inseminação artificial, da inseminação artificial em tempo fixo e da monta natural também serão quantificadas. Os critérios utilizados para aquisição de material genético (sêmen, touros, embriões ou fêmeas de reposição) serão identificados. Os anseios e as expectativas dos produtores de carne com relação ao material genético adequado para seu sistema de produção, bem como com relação aos fornecedores de genética, serão caracterizados. Também haverá necessidade de se identificar as expectativas com

relação à contribuição do melhoramento genético na cadeia produtiva da bovinocultura de corte. Os formulários serão aplicados com o auxílio dos consultores das empresas de gestão envolvidas.

A subatividade 2.3 tem por objetivo caracterizar estratégias utilizadas pelos fornecedores de genética em seus sistemas de produção. Também serão aplicados formulários para coleta de dados com o apoio dos técnicos de campo dos programas de melhoramento genético. Será realizado um levantamento dos indicadores relacionados com o mérito genético dos animais, os critérios de seleção, a intensidade de seleção, o intervalo de gerações e o fluxo de material genético nas fazendas de seleção. Os anseios e as expectativas dos fornecedores de genética com relação à utilização do material genético fornecido serão caracterizados. Além disso, será necessário construir e analisar uma base de dados com registros genealógicos, de nascimentos e de valores genéticos de animais em 100 fazendas que se dedicam à produção e ao fornecimento de genética. Isso será feito com o apoio dos programas de melhoramento genético animal.

Finalmente, a subatividade 2.4 contempla a análise e interpretação conjunta dos resultados das subatividades 2.2 e 2.3. O produto dessa última atividade deve ser um relatório de oportunidades para o MGA.

Quadro 88 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA E A OFERTA DE MATERIAL GENÉTICO PARA PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA	
Subatividade 2.1	Levantamento de resultados disponíveis e identificação das localidades e da amostra para caracterização de estratégias dos produtores de carne e fornecedores de genética
Subatividade 2.2	Caracterizar estratégias utilizadas pelos produtores de carne para aquisição de material genético (desenvolvimento e aplicação de pesquisa em fazendas)
Subatividade 2.3	Caracterizar estratégias utilizadas pelos fornecedores de genética em seus sistemas de produção, e construir e analisar uma base de dados com registros genealógicos, de nascimentos e de valores genéticos de animais (pesquisa em fazendas que se dedicam à produção e ao fornecimento de genética)
Subatividade 2.4	Análise e interpretação conjunta dos resultados das subatividades 2.2 e 2.3 para gerar um relatório de oportunidades para o MGA

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

A Ação 3 consiste no delineamento e na execução de experimentos de campo para caracterização dos recursos genéticos disponíveis para produção de carne bovina, por meio de três atividades.

Novos critérios de seleção nas principais raças e nos sistemas de produção de bovinos de corte devem ser identificados na subatividade 3.1. Inicialmente, será realizada uma revisão sistemática dos projetos executados ou em andamento, bem como de seus resultados, a respeito de critérios de seleção e, de forma complementar, bases de dados com novas características importantes (relacionadas a crescimento, eficiência alimentar, resistência a parasitos, adaptação, precocidade e fertilidade, qualidade da carne etc.) serão construídas e parâmetros genéticos necessários para o delineamento de programas de melhoramento genético serão estimados.

A subatividade 3.2 envolve a caracterização da variabilidade genética nas principais raças de bovinos de corte, bem como a construção de bases de dados (genótipos e genomas) e caracterização do genoma das principais raças de bovinos de corte, e, finalmente, o desenvolvimento de estratégias para mitigar a redução da variabilidade genética.

Por fim, rotinas e *softwares* para coleta e armazenamento de dados, para realização de análises estatísticas envolvendo os fenótipos (subatividade 3.1) e os genótipos (subatividade 3.2), e para identificação de regiões do genoma associadas com as características de interesse, devem ser desenvolvidos e validados como parte da subatividade 3.3.

Quadro 89 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS GENÉTICOS DISPONÍVEIS PARA PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA	
Subatividade 3.1	Identificação de novos critérios de seleção nas principais raças de bovinos de corte, e construção de base de dados com novas características importantes e estimativa de parâmetros genéticos necessários para o delineamento de programas de melhoramento genético
Subatividade 3.2	Caracterização da variabilidade genética nas principais raças de bovinos de corte, bem como construção de bases de dados (genótipos e genomas) e caracterização do genoma das principais raças de bovinos de corte
Subatividade 3.3	Desenvolvimento de rotinas e <i>software</i> para coleta e armazenamento de dados, para realização de análises estatísticas envolvendo os fenótipos (subatividade 3.1) e os genótipos (subatividade 3.2), e para identificação de regiões do genoma associadas com as características de interesse

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

Uma das maneiras mais eficientes de fomentar a utilização comercial de uma tecnologia é demonstrar sua capacidade de geração de benefícios, quais sejam: econômicos, ambientais, produtivos e sociais. A Ação 4 é composta por duas atividades, tem como objetivo demonstrar os benefícios econômicos do MGA para os produtores comerciais. Para tanto, haverá necessidade de desenvolver e implementar uma metodologia para cálculo dos valores econômicos das características importantes (subatividade 4.1), considerando-se as particularidades daqueles diferentes sistemas de produção identificados na Ação 1, as demandas dos usuários, identificadas na Ação 2, e os parâmetros genéticos, obtidos na Ação 3.

Na subatividade 4.2, devem ser desenvolvidos modelos teóricos (considerando-se os parâmetros genéticos – subatividade 3.1 – e os valores econômicos das características de interesse – subatividade 4.1) e reais (avaliação sob condições reais de produção), para quantificar os benefícios econômicos, ambientais e produtivos da utilização de material genético superior (seleção), bem como de diferentes sistemas de acasalamento (cruzamentos de raças). Os dados reais serão extraídos das bases de dados de fazendas comerciais disponibilizados por empresas de gestão, que são potenciais parceiras técnicas para a execução da atividade. Serão definidas as estratégias de amostragem e agrupamento das fazendas e espera-se compor uma base de dados com, pelo menos, 50 fazendas.

Quadro 90 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO MGA	
Subatividade 4.1	Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para cálculo dos valores econômicos das características mapeadas nas atividades anteriores
Subatividade 4.2	Quantificação dos benefícios econômicos, ambientais e produtivos da utilização de material genético superior (seleção), bem como de diferentes sistemas de acasalamento (cruzamentos de raças) em 50 fazendas

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

Atualmente, os selecionadores deparam-se com um problema de agilidade para análise dos dados gerados na fazenda e retorno das informações para tomadas de decisões. Isso acontece porque os programas de melhoramento genético geralmente realizam as avaliações genéticas uma ou duas vezes por ano, em datas específicas, conforme a disponibilização dos dados fenotípicos pelos associados e a disponibilidade de recursos humanos e computacionais para realização das avaliações genéticas. Contudo, essa periodicidade nem sempre atende às necessidades dos selecionadores que geram os dados fenotípicos constantemente, mas não recebem as avaliações genéticas a tempo de tomar as decisões de seleção em seus rebanhos no momento desejado. O desenvolvimento de uma plataforma para integração e análise automatizada dos dados vai reduzir esse problema, ou até mesmo eliminar, porque será possível realizar avaliações em intervalos muito curtos (mensais, quinzenais).

Quatro atividades serão necessárias para execução da Ação 5. As subatividades 5.1, 5.2 e 5.3 consistem no desenvolvimento de três módulos da plataforma de integração de dados, quais sejam: "Controle de produção"; "Recursos genéticos"; e "Avaliação econômica", respectivamente. Estes módulos poderão ser desenvolvidos a partir de outros pré-existentes ou em desenvolvimento, ou poderão ser desenvolvidos inteiramente. Nesse caso, dentro das subatividades 5.1, 5.2 e 5.3, devem ser realizados os levantamentos a respeito do estágio atual do desenvolvimento junto aos parceiros. Esses módulos deverão receber os dados e processá-los. Por sua vez, a subatividade 5.4 consiste na integração dos módulos descritos anteriormente, em uma plataforma *on-line*, para que os usuários possam alimentar a base de dados e obter as informações necessárias para a sua atividade. Cada usuário, seja ele técnico, seja produtor, ao inserir as informações de sua fazenda na plataforma, contribuirá para a construção de uma base de dados robusta, e, também, irá se beneficiar das informações já disponíveis.

Quadro 91 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA PARA INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS E GERAÇÃO DE RELATÓRIOS DE MGA	
Subatividade 5.1	Elaboração do módulo "Controle de produção", para importação dos dados obtidos na Ação 1, bem como a execução das análises e a produção dos relatórios de resultados
Subatividade 5.2	Elaboração do módulo "Recursos genéticos", para execução da Ação 3, especialmente da subatividade 3.3
Subatividade 5.3	Elaboração do módulo "Avaliação econômica" para execução da Ação 4
Subatividade 5.4	Integração dos módulos em uma plataforma <i>on-line</i> , para que os usuários possam alimentar a base de dados e obter as informações necessárias para a sua atividade

Elaboração do autor.

Ação 6 e atividades relacionadas

A Ação 6 envolve a capacitação de técnicos e produtores para utilização do MGA, a difusão de informações referentes à tecnologia em questão e a proposição de adaptações em ementas de disciplinas relacionadas ao MGA oferecidas por instituições de ensino superior. Essa ação será composta por cinco atividades.

Devem ser desenvolvidos materiais didáticos, em linguagem acessível aos técnicos de campo e usuários de material genético, sobre os principais conceitos e ações necessárias para o entendimento do MGA (subatividade 6.1). Conforme apresentado no cronograma, essa atividade pode ser executada ao longo do segundo ano do Plano, uma vez que ela não depende de quaisquer resultados que já não estejam disponíveis. Todo esse material, assim como as demais atividades da ação, será baseado em plano de comunicação a ser proposto com vistas a identificar o público-alvo, bem como impulsionar as ações de disseminação e capacitação do PAT.

Um manual sobre o uso da plataforma e para interpretação dos resultados gerados também deverá ser desenvolvido (subatividade 6.2). A equipe deverá produzir materiais que realmente sejam efetivos para atender à missão de transmitir conhecimentos para os usuários.

Além da produção de materiais didáticos, propõe-se que sejam oferecidos cursos nas modalidades EaD e presencial para técnicos e produtores (subatividade 6.3), e eventos de disseminação dos resultados e para lançamento da plataforma serão organizados (subatividade 6.4).

Essas quatro ações iniciais devem contar com as colaborações de instituições experientes na preparação de materiais de divulgação e no treinamento de recursos humanos. A ideia central é desenvolver materiais e utilizar metodologias eficientes para transferência de conhecimentos e qualificação de recursos humanos. As linguagens dos materiais e dos treinamentos que compõem essa ação deverão respeitar o plano de comunicação referido anteriormente.

A subatividade 6.5 tem a finalidade de contribuir para a melhoria da qualificação e do engajamento de futuros técnicos na área de melhoramento animal. A experiência e os resultados acumulados com a execução deste Plano poderão ser utilizados para direcionar a proposição de adaptações nas ementas de disciplinas na área de melhoramento animal. É de conhecimento comum a existência de disciplinas, obrigatórias ou eletivas, na área de melhoramento animal nos cursos de graduação em Zootecnia, Medicina Veterinária e Agronomia (e outros cursos nas especialidades do conhecimento Ciências Agrárias, Ciências Biológicas etc.). Os conhecimentos exigidos para a execução destas profissões evoluem constantemente, e as instituições formadoras precisam se adaptar a estas mudanças para que os seus egressos estejam cada vez mais aptos a atuar no mercado de trabalho. Então, este plano de ações poderá auxiliar as instituições de ensino superior na formação de seus egressos.

Quadro 92 – Ação 6 e atividades relacionadas

AÇÃO 6 – DISSEMINAÇÃO, CAPACITAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO DE TÉCNICOS E PRODUTORES PARA UTILIZAÇÃO DO MGA	
Subatividade 6.1	Desenvolvimento de materiais, em linguagem acessível aos técnicos de campo e usuários de material genético, sobre os principais conceitos e ações necessárias para o entendimento do MGA
Subatividade 6.2	Desenvolvimento de manual de uso da plataforma e para interpretação dos resultados gerados
Subatividade 6.3	Ministrar dois cursos de EaD, com carga horária de 40 horas cada, e dois cursos presenciais, de 16 horas cada, para técnicos e produtores
Subatividade 6.4	Eventos de disseminação de resultados e lançamento da plataforma
Subatividade 6.5	Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o ajuste de ementas de disciplinas em tecnologias de MGA para cursos superiores de Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e afins

Elaboração do autor.

9.4. Identificação de *stakeholders* e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A plena execução deste PAT depende da colaboração de atores do setor público (instituições de ensino, pesquisa, extensão, agências de fomento) e do setor privado (programas de melhoramento genético, associações de criadores, empresas de consultoria, laboratórios de genotipagem, empresas de desenvolvimento de *software*), que possuem missões e funções alinhadas com a demanda da proposta apresentada no a seguir. A seguir, serão citadas algumas instituições que podem ser parceiras nesse Plano. Isso não significa que elas já estão comprometidas, tampouco que sejam os únicos atores capazes de contribuir para a execução das atividades sugeridas.

Propõe-se que este Plano seja gerenciado por um Comitê, composto por um coordenador e membros consultivos. O coordenador pode ser um técnico (professor ou pesquisador) reconhecidamente capacitado, vinculado a uma instituição com estrutura de suporte coerente com a demanda do projeto, e com bom relacionamento junto aos demais agentes necessários para a execução das ações propostas. É imprescindível não haver conflitos de interesse do coordenador e de sua instituição com a proposta e com os demais agentes envolvidos. Os demais membros serão os parceiros consultivos do Plano, sejam eles instituições de fomento, sejam parceiros na execução, sejam agentes públicos ou privados.

Inicialmente, o Comitê deverá elaborar e aprovar um plano de trabalho, com definição clara de suas atribuições, da metodologia de trabalho e de gerenciamento do Plano aqui proposto. Os membros do Comitê serão os principais responsáveis pela formação de uma Rede de colaboradores e pela definição dos responsáveis pelas ações, pelo gerenciamento e pelo acompanhamento das etapas.

A definição do coordenador desse Plano não é objeto neste momento, mas, reconhecidamente, existem profissionais de várias instituições nacionais (Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Universidade Estadual Paulista – Unesp, por exemplo) aptos a esta função. De modo semelhante, os demais membros poderão representar agências de fomento (Mapa, CNPq, por exemplo), associações de criadores, programas de

melhoramento e empresas de consultoria. Universidades e institutos de pesquisa, empresas de pesquisa, de extensão rural e qualificação tecnológica e agências de fomento já possuem ampla experiência no desenvolvimento e na transferência de tecnologias, bem como na formação de recursos humanos. Professores e pesquisadores ligados a essas instituições desempenham, rotineiramente, atividades de coordenação e execução de projetos semelhantes a esse. As universidades e as empresas de pesquisa também possuem corpo técnico qualificado (estudantes, técnicos de nível superior) para execução de parte das atividades aqui propostas. De forma complementar, as empresas de extensão possuem grande capilaridade no grupo de potenciais beneficiários do MGA, e as empresas de qualificação tecnológica já têm conhecimento sólido sobre métodos e ferramentas para difusão da tecnologia em pauta. Dentro dessas instituições existem grupos de profissionais altamente qualificados e envolvidos com MGA, bovinocultura de corte, economia e estatística que podem compor a equipe desse Plano.

As empresas de gestão agropecuária possuem bases de dados fundamentais para a execução de algumas atividades propostas, motivo pelo qual podem atuar como parceiras na execução de atividades do PAT. As empresas de gestão, por exemplo, auxiliam os fazendeiros comerciais na gestão de seus negócios. Elas já têm bases de dados de desempenho zootécnico e econômico de centenas de fazendas espalhadas pelas principais regiões produtoras de carne no Brasil. Essas empresas podem contribuir com este Plano por meio do compartilhamento de dados já disponíveis em suas bases ou, caso necessário, auxiliar na obtenção de registros adicionais.

Os programas de melhoramento genético, tal qual o Programa Embrapa de Melhoramento Genético de Bovinos de Corte (Geneplus), são coordenados e conduzidos por técnicos qualificados e experientes. Estes programas são parceiros de longa data de criadores e associações de raças que promovem melhoramento genético de bovinos de corte, possuem conhecimento das particularidades do MGA e gozam de confiança junto aos desenvolvedores da tecnologia em questão. Eles serão

fundamentais para o planejamento e a execução das ações e das atividades deste Plano. Os programas de melhoramento genético já possuem rotinas de coleta e processamento de dados, bem como técnicos de campo que interagem diretamente com os selecionadores. Essas rotinas de coleta e processamento de dados poderão ser aproveitadas para facilitar a execução de algumas atividades do Plano proposto, e os técnicos de campo representam um grande capital intelectual para treinamento e disseminação de informações junto aos desenvolvedores e usuários do MGA.

Adicionalmente, associações de criadores podem ser parceiras e grandes beneficiárias desse Plano. Essas instituições já possuem grandes bases de dados genalógicos e fenotípicos, necessários para os estudos de variabilidade genética e estimação de parâmetros genéticos. Elas também serão fundamentais para a execução de atividades de campo, que envolvam a coleta de novos fenótipos ou entrevistas com criadores dedicados à seleção. Os programas de melhoramento e as associações de criadores poderão utilizar a plataforma desenvolvida e o objetivo de seleção obtido para auxiliar seus associados (fazendas de seleção) nas tomadas de decisões.

Os resultados gerados neste projeto também serão de interesse de grupos de produtores comerciais, que dependem de material genético de qualidade superior para manutenção de suas operações. Esses parceiros

podem ser grandes beneficiários desse Plano e são potenciais financiadores de algumas ações específicas, que geram resultados diretamente relacionados com seus campos de atuação.

Apesar de este Plano ser predominantemente de ordem tecnológica e direcionado ao agronegócio, seus resultados também têm impacto direto em outros setores do governo, como na economia (Ministério da Economia – ME) e no meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente – MMA). Portanto, esses dois Ministérios também podem ser atores importantes para o desenvolvimento desta proposta.

O BNDES e o ME poderiam atuar na sensibilização de outros atores necessários para o desenvolvimento deste Plano, bem como no financiamento direto de algumas ações. Em contrapartida, a melhoria do potencial genético do rebanho bovino de corte no Brasil contribuirá para o aumento da receita dos produtores e do arrecadamento de impostos.

O melhoramento genético também pode ter impacto direto na sustentabilidade ambiental. É possível melhorar a eficiência alimentar e reduzir o impacto ambiental da produção de carne bovina por meio dessa tecnologia. Portanto, o MMA pode ser um ator fundamental para o desenvolvimento desta proposta. Ele pode atuar como financiador de algumas ações e mobilização de outros atores do processo.

Quadro 93 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Grupos de pesquisa ligados às áreas de melhoramento genético, bovinocultura de corte, estatística e economia de universidades e empresas de pesquisa (Mapa, Embrapa, UFMG, UFV, Unesp, USP, entre outras)	Em face da ampla <i>expertise</i> em MGA, poderiam atuar na execução de atividades desse Plano.
Empresas de consultoria na área de gestão agropecuária	São empresas de assessoria e gestão agropecuária que realizam levantamento de custos e receitas na bovinocultura de corte. Possuem grandes bases de dados históricos de fazendas comerciais. Podem atuar como parceiras técnicas nas subatividades 1.1, 1.2, 2.2, 4.1, 4.2 e 6.2 a 6.4.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
IBGE	Principal provedor de dados e informações do país, que atendem às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil, bem como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal. Poderia fornecer dados para a realização das subatividades 1.1 e 1.3.
Associações de produtores, programas de melhoramento genético e produtores comerciais	São instituições/empresas responsáveis pelo melhoramento genético de raças bovinas ou de atuação no setor. Poderiam atuar como parceiras técnicas no auxílio à identificação de criadores e aplicação dos questionários previstos nas subatividades 2.1 a 2.3; contribuição para a obtenção de dados e material genético para execução das subatividades 3.1 e 3.2; contribuição para a elaboração dos documentos de requisitos para execução das subatividades 3.3, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4; e divulgação dos resultados e treinamentos previstos nas subatividades 6.3 e 6.4.
Empresas desenvolvedoras de <i>software</i>	Podem atuar no desenvolvimento das ferramentas computacionais para as subatividades 3.3, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.
Emater	Em geral, as Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) têm como missão "Promover o desenvolvimento rural sustentável, coordenando, articulando e executando assistência técnica e extensão rural em benefício da sociedade" (EMATER-PR..., [s.d.]). A Emater pode ser responsável pelo desenvolvimento de material didático e pela capacitação de recursos humanos (subatividades 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4).
Sebrae	O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) tem como missão "Promover a competitividade e o desenvolvimento sustentável dos pequenos negócios e estimular o empreendedorismo" (SEBRAE, [s.d.]). No PAT, pode atuar no desenvolvimento de material didático e na capacitação de recursos humanos (subatividades 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4).
ME	Poderia atuar na sensibilização de atores do sistema de fomento para auxiliar a implantação do PAT.
MMA	O presente Plano está diretamente relacionado com a sustentabilidade da pecuária bovina de corte. Dessa forma, seu tema está alinhado com a missão do MMA, que é formular e implementar políticas públicas ambientais nacionais, de forma articulada e pactuada com os atores públicos e a sociedade, para o desenvolvimento sustentável. Poderia atuar no suporte ao monitoramento de execução das atividades do PAT.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, tempo considerado adequado para a execução das ações que envolvem coleta de dados em campo, desenvolvimento das plataformas de análise e integração de dados, treinamento de usuários e validação dos processos necessários para o desenvolvimento e a difusão do MGA na pecuária bovina de corte. O início das atividades está previsto para o segundo semestre de 2021.

Algumas ações podem ser realizadas de forma independente e em paralelo. É o caso das Ações 1 e 2. A subatividade 1.1 tem um carácter contínuo, pois envolve levantamento de custos e receitas com a produção de carne. Para evitar os efeitos das oscilações de preços entre anos, recomenda-se que essa atividade seja realizada continuamente ao longo de cinco anos, possibilitando a utilização de dados mais precisos e livres de oscilações momentâneas.

A Ação 3 contempla o delineamento de um experimento de campo para coleta de dados de animais. Teoricamente, esse experimento também poderia começar junto com as ações anteriores. Mas é prudente avançar no entendimento das demandas dos produtores (Ação 2) e realizar um amplo levantamento bibliográfico para identificar questões científicas que ainda carecem de resposta antes de investir recursos financeiros na coleta de novos dados.

A execução da Ação 4 demanda conhecimento da estrutura e de parte dos dados obtidos nas Ações 1 e 2, principalmente. A conclusão desta ação também depende da análise conjunta dos dados obtidos na Ação 3.

A Ação 5 é a mais complexa entre todas, e sua execução é dependente do conhecimento das estruturas (tipo de dados e de arquivos, quantidade de dados, fenótipos coletados, formato dos arquivos com genótipos) dos dados que serão inseridos na plataforma. Portanto, o início dessa atividade deve considerar dados e resultados obtidos em ações anteriores. As fases de validação das plataformas serão mais efetivas se as ações anteriores (1 a 4) estiverem concluídas, ou muito próximas de seu término.

A execução da Ação 6 pode ser fracionada ao longo do período de execução. Como essa ação envolve, basicamente, o treinamento de técnicos e usuários da plataforma, algumas atividades podem ser realizadas tão logo as ações anteriores tenham sido concluídas ou, pelo menos, a partir do momento em que os primeiros resultados do projeto sejam disponibilizados.

As subatividades que envolvem coleta de dados em campo (1.1 e 3.1) ou desenvolvimento de sistemas de informática para integração e análise dos dados (3.3, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4) são aquelas que demandam mais tempo de execução. Por isso, será importante desenvolver uma estratégia eficiente de acompanhamento e gerenciamento das atividades e seus resultados.

Quadro 94 – Cronograma de implementação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
1.2	■	■																
1.3	■	■																
2.1		■																
2.2		■	■															
2.3		■	■															
2.4			■															
3.1			■	■	■	■	■	■	■									
3.2					■	■	■	■										
3.3						■	■	■	■	■								
4.1						■	■	■	■									
4.2								■	■	■	■							
5.1										■	■	■	■	■	■			
5.2										■	■	■	■	■	■			
5.3										■	■	■	■	■	■			
5.4												■	■	■	■	■	■	■
6.1			■	■				■	■					■	■	■	■	■
6.2			■	■				■	■					■	■	■	■	■
6.3																■	■	■
6.4				■					■									■
6.5																■	■	■

Elaboração do autor.

9.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do Plano foi estimado em cerca de R\$ 9,4 milhões. As Ações 3 e 5 demandam, aproximadamente, 35% do orçamento, cada uma. De fato, são ações com-

plexas e amplamente dependentes de serviços especializados e terceirizados.

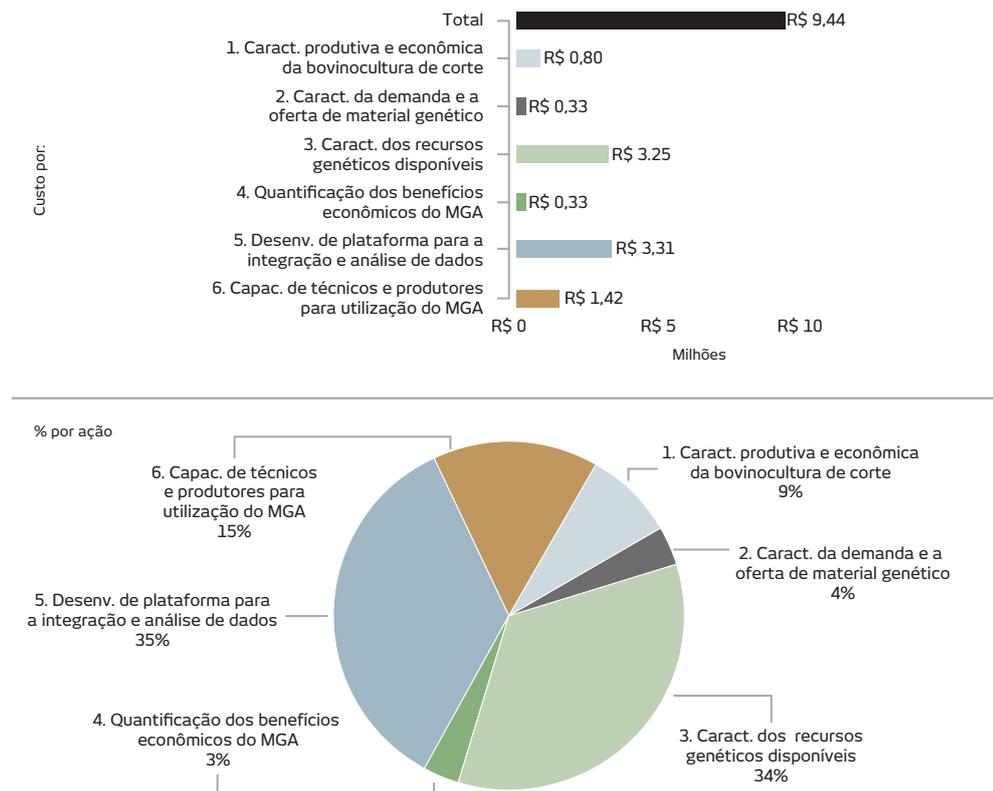


Figura 23 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de MGA na pecuária bovina de corte
Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

9.6 Plano de riscos e contingenciamento

As definições de riscos e planejamentos de contingência não são triviais. O conhecimento de iniciativas anteriores, seus sucessos e insucessos, foi importante para essa etapa. Procurou-se definir adequadamente cada ação e atividade, conforme apresentado anteriormente, bem como suas complexidades, seus custos e seus impactos. Os possíveis entraves para execução e as consequências da não execução também foram avaliados. Foram considerados riscos dos tipos político, institucional, organizacional, técnico e de custos que, em conjunto, foram classificados como baixos, médios ou altos. Em geral, “risco baixo” indica consequências pouco significativas; “risco médio” indica consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” sugere consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Adicionalmente, a relevância da ação para o alcance do objetivo proposto também foi considerada na definição do nível de risco. Por fim, algumas ações de contingenciamento foram propostas para evitar ou mitigar os riscos previstos. Riscos altos foram associados às subatividades 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

As subatividades 3.2 e 3.3 estão, juntas, expostas aos cinco tipos de riscos considerados neste documento (custo, técnico, organizacional, institucional e político). Essas atividades: concentram, aproximadamente, um terço do orçamento, e os insumos necessários ainda estão expostos à variação cambial (risco de custo); devem ser executadas por pessoal altamente qualificado (risco técnico); precisam ser subdivididas em etapas que dependem de agentes e organizações diferentes, o que vai exigir altos níveis de controle e coordenação (risco organizacional); também precisarão ser executadas por agentes de diferentes instituições públicas e privadas, com objetivos e visões diferentes (risco institucional). O risco político é representado pela possibilidade de conflitos de interesse na definição das raças que serão estudadas e, principalmente, na forma de utilização das informações geradas. Para ilustrar esse conflito de interesses, vale destacar que a subatividade 3.2 envolve a genotipagem de animais. Em geral, os proprietários dos animais fornecem o material genético (pelo, sangue ou sêmen para extração de DNA) sem custo; a genotipagem é paga com recursos públicos; os genótipos são utilizados para pesquisas, mas há restri-

ções para a transferência desse genótipo para a base de dados do programa de melhoramento genético que fornece assessoria ao criador que disponibilizou o material para genotipagem. A falta de definições de responsabilidades, forma de compartilhamento e utilização dos dados já foi (e ainda é) causa de conflitos de interesses que podem ser evitados. Como forma de evitar ou mitigar os riscos previstos, foram sugeridas ações de contingenciamento para escolher as raças estudadas de maneira objetiva (considerando-se suas contribuições proporcionais na produção de carne bovina): acordar e registrar, oficialmente e com antecedência, as formas de compartilhamento dos dados, informações e *royalties* gerados com o projeto; especificar claramente serviços, custos e prazos de execução; contratar pessoal e empresas qualificados e experientes para execução das atividades; firmar contratos com direitos, deveres e eventuais penalidades das partes envolvidas; contratar especialistas externos para validação das atividades e dos dados; e manter métodos eficientes de comunicação entre os envolvidos e de gestão das atividades.

As subatividades 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 também compartilham todos os riscos considerados neste documento, no nível alto. Em conjunto, os custos destas atividades correspondem a, aproximadamente, um terço do orçamento previsto (risco de custo), com alto grau de incerteza acerca da definição prévia de custos e dificuldades na identificação de fontes de financiamento e parceiros para manutenção e validação contínua da plataforma (risco institucional); os diversos agentes financiadores podem ter objetivos diferentes, o que pode gerar conflitos de interesse (riscos institucional e político); elas exigem especificações detalhadas dos tipos de dados que serão inseridos nas plataformas, dos procedimentos que deverão ser executados e das funcionalidades dos produtos (plataformas) que precisam ser entregues (risco técnico); também dependem de uma coordenação eficiente, especialmente para definição dos documentos de requisitos e atendimento dos prazos (risco organizacional); e compõem uma das ações mais complexas e difíceis de serem executadas e que, até o momento, nunca foram implementadas na escala em que se pretende fazer. Para maximizar as chances de sucesso, será fundamental especificar claramente a função de cada participante;

manter um método de comunicação eficiente; definir metas e seus responsáveis e acompanhar a execução das atividades; contratar instituições e pessoal experientes e qualificados na área do melhoramento genético e na construção de *softwares*; estabelecer e

firmar contratos com direitos e deveres relacionados com os serviços necessários, bem como eventuais penalidades pelo não cumprimento dos deveres; e organizar *workshops* para validação dos módulos e das plataformas desenvolvidos.

Quadro 95 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Realizar um levantamento de indicadores produtivos, econômicos, físicos, climáticos e perfil produtivo em 300 fazendas, distribuídas nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil	Risco técnico e risco organizacional	Existem poucas empresas com dados disponíveis. Cada empresa adota uma metodologia diferente para coleta e análise dos dados. Ademais, tem-se o desafio de encontrar mão de obra qualificada para compor a equipe técnica do estudo, sendo particularmente relevante a designação de um coordenador técnico que garanta a integração das atividades.	Médio	Buscar empresas com experiência na área. identificar quais tipos de dados são coletados por cada empresa antes de firmar as parcerias. Contratar equipe técnica com ampla experiência na área, junto a centros de pesquisa e universidades de referência.
1.2 Desenvolver e padronizar uma metodologia para cálculo e análise de dados de indicadores adicionais com poder de caracterização e discriminação dos sistemas de produção	Risco técnico e risco organizacional	Existem muitos indicadores disponíveis para análise, mas estes não são avaliados em todas as fazendas. Falta de integração dos profissionais contratados com a coordenação técnica do projeto.	Baixo	Identificar uma equipe experiente para coordenar a atividade. Definir indicadores (variáveis) e métodos estatísticos robustos. Realizar reuniões trimestrais da equipe com a coordenação técnica do projeto. Contratar equipe técnica com ampla experiência na área, junto a centros de pesquisa e universidades de referência.
1.3 Quantificar a contribuição (absoluta e relativa) de cada sistema de produção (grupos de fazendas identificados na subatividade 1.1) na produção total de carne bovina no Brasil	Risco técnico e risco organizacional	Existem muitos métodos para classificação de sistemas de produção, e a amostragem pode ter impacto no perfil dos sistemas de produção amostrados. Ausência de mão de obra qualificada. Falta de integração dos profissionais contratados com a coordenação técnica do projeto.	Baixo	Caracterizar os sistemas de produção identificados. Verificar a representatividade da amostra de fazendas. Utilizar dados do Censo Agropecuário para auxiliar na interpretação dos resultados. Realizar reuniões trimestrais da equipe com a coordenação técnica do projeto. Contratar equipe técnica com ampla experiência na área, junto a centros de pesquisa e universidades de referência.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Levantamento de resultados disponíveis e identificação das localidades e da amostra para caracterização de estratégias dos produtores de carne e dos fornecedores de genética	Risco técnico e risco organizacional	Erro no tratamento dos dados ocasionando a seleção de localidades inapropriadas. Falta de coordenação da atividade e dificuldade de contratação de mão de obra qualificada.	Baixo	Contratação de fundações de apoio à pesquisa de centros de PD&I de excelência. Contratar coordenador técnico para elaborar o Termo de Referência, supervisionar e preparar o formulário de pesquisa.
2.2 Caracterizar estratégias utilizadas pelos produtores de carne para aquisição de material genético (desenvolvimento e aplicação de pesquisa em fazendas)	Risco técnico	Os respondentes podem ter dificuldades de entendimento dos termos utilizados no questionário. As respostas podem não refletir exatamente o que acontece na realidade. Erro na tabulação dos dados.	Baixo	Elaborar um questionário objetivo, incluir questões úteis para validação da qualidade da informação disponibilizada. Elaborar um glossário com termos técnicos e um tutorial para preenchimento do formulário. Supervisionar a aplicação da pesquisa.
2.3 Caracterizar estratégias utilizadas pelos fornecedores de genética em seus sistemas de produção, e construir e analisar uma base de dados com registros genealógicos, de nascimentos e de valores genéticos de animais (pesquisa em fazendas que se dedicam à produção e ao fornecimento de genética)				
2.4 Análise e interpretação conjunta dos resultados das subatividades 2.2 e 2.3 para gerar um relatório de oportunidades para o melhoramento genético animal	Risco técnico e risco político	Dificuldade de interpretação dos resultados das duas atividades anteriores. Pode haver conflito de interesse. Atraso na produção do relatório.	Baixo	Desenvolver os dois formulários que serão utilizados nas atividades anteriores de maneira conjunta. Definir claramente as obrigações e os benefícios para os parceiros. Definir como será a estratégia de divulgação dos resultados preliminarmente. Estabelecer, em contrato, o prazo para a entrega do relatório.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.1 Identificação de novos critérios de seleção nas principais raças de bovinos de corte, e construção de base de dados com novas características importantes e estimativa de parâmetros genéticos necessários para o delineamento de programas de melhoramento genético	Risco de custo, risco técnico e risco organizacional	Risco advindo de variação nos custos de serviços de terceiros. Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada para realizar a atividade. Falta de coordenação técnica nos estudos. Atraso na construção da base de dados.	Médio	Contratar parceiro técnico com ampla experiência nas atividades. Estabelecer cláusulas contratuais que fixem o custo das atividades e as penalidades em caso de atrasos. Validar os resultados da atividade e da base de dados com especialista. Contratar profissionais de centros de pesquisa de referência na área.
3.2 Caracterização da variabilidade genética nas principais raças de bovinos de corte, bem como construção de bases de dados (genótipos e genomas) e caracterização do genoma das principais raças de bovinos de corte	Risco de custo, risco técnico, risco organizacional e risco político	Risco advindo de variação nos custos de serviços de terceiros. Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada para realizar a atividade. Falta de coordenação técnica nos estudos. Atraso na construção da base de dados. Possibilidade de conflitos de interesse na definição das raças e na forma de utilização das informações geradas.	Alto	Definir critérios objetivos para identificação das raças estudadas. Definir corretamente como as informações geradas seriam utilizadas. Definir a distribuição de <i>royalties</i> . Contratar parceiro técnico com ampla experiência nas atividades. Estabelecer cláusulas contratuais que fixem o custo das atividades e as penalidades em caso de atrasos. Validar os resultados da atividade e da base de dados com especialista. Contratar profissionais de centros de pesquisa de referência na área.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.3 Desenvolvimento de rotinas e <i>software</i> para coleta e armazenamento de dados, para realização de análises estatísticas envolvendo os fenótipos (subatividade 3.1) e os genótipos (subatividade 3.2), e para identificação de regiões do genoma associadas com as características de interesse	Risco técnico, risco organizacional, risco institucional e risco político	A atividade é complexa, pois depende de muitos agentes e do detalhamento de serviços. Pode haver conflitos de interesses entre os participantes. Dificuldade de identificação de um líder para coordenação. Atraso na entrega do <i>software</i> .	Alto	Especificar claramente a função de cada participante. Ter um método de comunicação eficiente. Definir metas e seus responsáveis e acompanhar a execução das atividades. Definir muito bem os serviços. Contratar prestadores de serviços experientes. Registrar oficialmente as parcerias (contratos). Estabelecer cláusulas contratuais que fixem as penalidades em caso de atrasos.
4.1 Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para cálculo dos valores econômicos das características mapeadas nas atividades anteriores	Risco organizacional e risco técnico	Há dificuldades para integração de dados necessários no processo. Os próprios beneficiários, em algumas situações, não contribuem para divulgação e utilização racional dos resultados, porque isso pode levar a uma mudança na forma de comercializar material genético. Falta de validação da metodologia.	Baixo	Identificar grupos de trabalho com perfil integrador, que consiga interagir com diferentes elos da cadeia produtiva da carne bovina. Identificar parceiros com perfil técnico, com ampla <i>expertise</i> na área. Contratar especialista para validar a metodologia.
4.2 Quantificação dos benefícios econômicos, ambientais e produtivos da utilização de material genético superior (seleção), bem como de diferentes sistemas de acasalamento (cruzamentos de raças) em 50 fazendas	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldade de obtenção de dados robustos. Falta de coordenação técnica e compreensão da metodologia desenvolvida na subatividade 4.1. Falta de elaboração de formulário para coleta de dados.	Baixo	Identificar fazendas organizadas para geração dos dados. Realizar uma revisão de literatura profunda para obter dados adicionais. Realizar reuniões com o coordenador técnico e com a equipe da subatividade 4.1 para esclarecimento da metodologia e das questões do formulário de pesquisa.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.1 Elaboração do módulo "Controle de produção", para importação dos dados obtidos na Ação 1, bem como a execução das análises e a produção dos relatórios de resultados	Risco técnico, risco organizacional, risco institucional, risco político e risco de custo	A atividade é complexa, depende de muitos agentes e do detalhamento de serviços. Pode haver conflitos de interesses entre os participantes. Falta de mão de obra qualificada para exercer a coordenação técnica. Possíveis atrasos podem comprometer a elaboração da plataforma integrada. Falta de interesse dos atores na validação dos módulos.	Alto	Especificar claramente a função de cada participante. Ter um método de comunicação eficiente. Definir metas e seus responsáveis e acompanhar a execução das atividades. Procurar contratar equipe técnica em centro de referência na área do melhoramento genético e elaboração de <i>softwares</i> . Estabelecer penalidades para descumprimentos de prazos em contrato. Organizar <i>workshops</i> de validação por módulo.
5.2 Elaboração do módulo "Recursos genéticos" para executar a Ação 3, especialmente a subatividade 3.3				
5.3 Elaboração do módulo "Avaliação econômica" para executar a Ação 4				
5.4 Integração dos módulos em uma plataforma <i>on-line</i> , para que os usuários possam alimentar a base de dados e obter as informações necessárias para a sua atividade				

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.1 Desenvolvimento de materiais, em linguagem acessível aos técnicos de campo e aos usuários de material genético, sobre os principais conceitos e as ações necessários para o entendimento do MGA	Risco organizacional e risco técnico	Falta de identificação do público-alvo e diretrizes de comunicação. Utilização de uma linguagem inadequada para os usuários. Falta da supervisão dos materiais produzidos. Atrasos na entrega.	Baixo	Identificar parceiros com experiência na transferência de tecnologia e produção de conteúdo acessível. Contratar equipe diversificada, contemplando supervisor de atividades com ampla experiência em atividades de capacitação, disseminação e comunicação. Estabelecer penalidades contratuais para atrasos na entrega dos materiais previstos. Elaboração e monitoramento da adoção de plano de comunicação.
6.2 Desenvolvimento de manual de uso da plataforma e para interpretação dos resultados gerados		Falta de conhecimento das aplicações da plataforma. Utilização de uma linguagem inadequada para os usuários. Falta da supervisão dos materiais produzidos. Atrasos na entrega.		Envolver membros da equipe da Ação 5. Identificar parceiros com experiência na transferência de tecnologia e produção de conteúdo acessível. Contratar equipe diversificada, contemplando supervisor de atividades com ampla experiência em atividades de capacitação, disseminação e comunicação. Estabelecer penalidades contratuais para atrasos na entrega dos materiais previstos.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.3 Ministrando dois cursos de EaD, com carga horária de 40 horas cada, e dois cursos presenciais, de 16 horas cada, para técnicos e produtores	Risco organizacional	Não levar a informação até os principais usuários da tecnologia. Falta de argumentos para convencimento de potenciais beneficiários.	Baixo	Definir um plano de capacitação que envolva atividades que atestem o aprendizado e forneçam certificados de conclusão. Identificar parceiros experientes em condução de cursos e formadores de opinião para planejar e executar as atividades. Apresentar dados robustos e confiáveis a respeito dos benefícios da tecnologia.
6.4 Eventos de disseminação de resultados e lançamento da plataforma	Risco organizacional e risco institucional	Atraso na entrega dos resultados. Falta de interesse dos atores.	Baixo	Supervisionar as entregas por meio de uma coordenação técnica. Estabelecer penalidades contratuais para atrasos. Elaborar estratégia de comunicação e engajamento de atores.
6.5 Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o ajuste de ementas de disciplinas em tecnologias de MGA para cursos superiores de Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e afins	Risco institucional e risco organizacional	Falta de engajamento de professores não habituados ao uso de recursos didáticos digitais. Dificuldade de compreensão da proposta didática. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Capacitação prévia de docentes que farão a proposta na área e resultados do projeto. Contratar mão de obra especializada em processo de formulação de propostas de educação em ensino superior. Realizar atividades de engajamento nas universidades, baseadas em plano de comunicação da ação de capacitação e disseminação.

Elaboração do autor.

10.

Plano de Ação Tecnológica **para Silvicultura e Melhoramento Genético de Espécies Nativas**



10. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA SILVICULTURA E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS

10.1. Definição da tecnologia

No novo paradigma tecnológico, os ganhos de produtividade nos processos de produção, na eficiência energética e a melhoria na qualidade dos produtos são precursores da competitividade e, conseqüentemente, da conquista de espaço no mercado, principalmente no mercado externo.

Nesse contexto, o setor florestal apresenta um potencial bastante promissor. Embora a silvicultura de nativas apresente ciclos de produção relativamente longos, essa atividade possui alto potencial de desenvolvimento e de gerar benefícios de ordem econômica, social e ambiental, principalmente quando são considerados os usos múltiplos das florestas plantadas, como, por exemplo, a conservação do solo, da água e da fauna.

O ponto de partida para se alcançar esses benefícios é a implementação de programas de melhoramento genético e de manejo das espécies arbóreas com potencial econômico e, a partir destes, obter sementes com qualidade genética para atender às demandas das indústrias do setor florestal em um contexto de sustentabilidade, com potencial de geração de renda e bem-estar social para os agricultores brasileiros. Especificamente para a mitigação das emissões de GEE, essa tecnologia possui um potencial bastante relevante em função da ampliação dos estoques de carbono e do restabelecimento de serviços ecossistêmicos. Além disso, com o uso de nativas em reflorestamento, espe-

ra-se melhorar o processo de geração e armazenamento de água no solo, incrementar a matriz de utilização da madeira, principalmente pela incorporação e pela ampliação dos usos múltiplos para, dessa forma, aliviar a pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa dos diferentes biomas brasileiros.

Adicionalmente, espera-se alcançar um aumento nos estoques de carbono no solo em comparação com plantios tradicionais de espécies exóticas, como as dos gêneros *Eucalyptus*, *Corymbia* e *Pinus*. Essa expectativa decorre dos processos coevolutivos entre espécies arbóreas nativas e micro-organismos do solo que, em suas atividades mutualísticas, constituem a parte viva do solo capaz de estocar o carbono na forma de C-microbiano. É importante salientar que essa associação é variável de acordo com a espécie arbórea. Além do carbono, algumas associações entre leguminosas e bactérias fixadoras, bem como leguminosas e fungos micorrízicos, são capazes de aumentar a disponibilidade de nitrogênio e fósforo, respectivamente, para as plantas.

Deve-se salientar que, tanto a estocagem de carbono, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes do solo, quanto os processos de reciclagem decorrentes das ações de micro-organismos do solo aumentam a funcionalidade dos ecossistemas pelo favorecimento de uma maior biodiversidade, tanto vegetal quanto da fauna.

10.2 Escopo e ambição

A biodiversidade da vegetação arbórea brasileira apresenta-se com caracterizações fitofisionômicas bem distintas entre e dentro de seis biomas terrestres: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa. Entre esses, priorizou-se os quatro primeiros para o desenvolvimento do presente PAT, tendo em vista que o Pantanal apresenta uma flora arbórea consti-

tuida, principalmente, por espécies migradas do Cerrado e da Amazônia, enquanto no Pampa a flora nativa é basicamente constituída por gramíneas.

Dos quatro biomas priorizados, quando se considera o estabelecimento de ações estratégicas para o uso sustentado dos recursos florestais, atenção especial

deve ser voltada para espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica, dado o fato de que estes são os dois biomas brasileiros, listados entre os 25 *hotspots* mundiais estudados por Myers *et al.* (2000), que necessitam de ações, públicas e privadas, mais urgentes.

Apesar de os biomas constituídos pela Amazônia e pela Caatinga não serem considerados na relação dos *hotspots* mundiais, a sua importância, para as referidas ações, também deve ser fortemente considerada. Para o bioma amazônico, a sua priorização deve-se à altíssima biodiversidade e ao alto grau de endemismo, que o torna estratégico para a segurança alimentar e para o suprimento de matéria-prima para as indústrias de base florestal. Não obstante, a importância da Caatinga contextualiza-se quando se considera a sua alta vulnerabilidade, que decorre, principalmente, de um alto índice de pressão antrópica e de uma aumentada aridez, que se origina de mudanças ambientais severas (SILVA; RYLANDS; FONSECA, 2005).

A diversidade de espécies arbóreas existentes nesses mencionados biomas permite a escolha de espécies para a formação e a condução de povoamentos florestais, visando à produção de produtos madeireiros e não madeireiros que possam gerar renda e benefícios sociais/ambientais. Entretanto, quando se considera a silvicultura dessas espécies para um determinado espaço e tempo, tanto a eficácia quanto a eficiência podem ser comprometidas pelo baixo nível de desenvolvimento tecnológico que não permite o alcance de metas, uma

vez que as atividades envolvidas nesse sistema não podem ser conduzidas de forma otimizada.

É nesse contexto de diversidade de espécies potenciais para a silvicultura e de baixo conteúdo tecnológico que se estabeleceu o escopo e a ambição do PAT.

Por se tratar de espécies arbóreas nativas, que demandam tempo de rotação superior a oito anos e meio (prazo previsto para a execução do presente PAT) e que apresentam ciclos reprodutivos que podem ultrapassar tal tempo, torna-se factível esperar que, dentro desse prazo, seja possível obter dados para a geração de modelos de prognose de produção e para validar, mesmo que precocemente, conjecturas que possam nortear tomadas de decisão, tanto para a condução de sistemas silviculturais quanto para a implantação de programas de melhoramento genético.

Contudo, ressalta-se a grande oportunidade para a condução da presente proposta para se alcançar os resultados necessários ao desenvolvimento de tecnologias para fomentar a silvicultura brasileira. O grande desafio é, portanto, o longo prazo para o desenvolvimento e a difusão de tais tecnologias. É de se esperar que esse desafio seja vencido com a continuidade na obtenção de dados e análises complementares que deverão ser conduzidas após 2030, visando à reavaliação dos referidos modelos e à geração de novos conhecimentos científicos.

Quadro 96 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Implantar programas de melhoramento genético e dar continuidade aos existentes, bem como desenvolver e aprimorar tecnologias silviculturais de espécies arbóreas nativas da flora brasileira que tenham alto valor, atual ou potencial, para gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais.	Até 2030, implantar programas de melhoramento genético de, pelo menos, dez espécies arbóreas de ocorrência natural nos biomas brasileiros e desenvolver tecnologias silviculturais para que, se possível, em sinergia com os genótipos a serem selecionados, possam tornar os empreendimentos florestais economicamente viáveis.

Elaboração do autor.

10.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

A partir das barreiras ao desenvolvimento da silvicultura e do melhoramento genético de espécies nativas anteriormente listadas, foram selecionadas aquelas que, caso não superadas, impediriam a disseminação da tecnologia, considerando-se o prazo de aplicação do projeto até 2030.

Foram identificadas cinco barreiras críticas para a implantação do PAT, sendo que três são barreiras de ti-

pologia econômica e de mercado e duas de tipologia tecnológica e científica. Para superar tais barreiras, propõe-se, até 2030, implantar programas de melhoramento genético de, pelo menos, dez espécies arbóreas de ocorrência natural nos biomas brasileiros e desenvolver tecnologias silviculturais para que, se possível, em sinergia com os genótipos a serem selecionados, possam tornar os empreendimentos florestais economicamente viáveis.

Nós críticos priorizados

VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS PRODUTOS MADEIREIROS E NÃO MADEIREIROS

DEFINIÇÃO DE POPULAÇÕES POR ESPÉCIE DE INTERESSE

TESTES COMBINADOS DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES

PRODUÇÃO DE SEMENTES

SELEÇÃO DE INDIVÍDUOS

Barreiras priorizadas

Rejeição das madeiras juvenis produzidas pelo sistema de silvicultura de árvores nativas

Longo prazo para o alcance de ganhos em produtividade

Alto custo para implementação de programas de melhoramento florestal

Baixo nível de confiança dos empreendedores por insuficiência de conteúdo tecnológico

Nível de prontidão tecnológica de validação apenas de conceito em laboratório do melhoramento genético de nativas (TRL 3)

Ambição



Até 2030, implementar programas de melhoramento genético de pelo menos dez espécies arbóreas de ocorrência natural nos biomas brasileiros e desenvolver tecnologias silviculturais para que, se possível, em sinergia com os genótipos selecionados, possam tornar os empreendimentos florestais economicamente viáveis

Figura 24 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

As ações a serem realizadas para o desenvolvimento de técnicas silviculturais seguirão os conceitos relacionados às florestas de produção equiâneas. Como as espécies alvo de estudos e de desenvolvimento tecnológico somente serão definidas após avaliações iniciais, fundamentadas na literatura especializada, em opiniões de especialistas e em experiências de instituições de ensino e pesquisa (públicas e privadas), a natureza do sistema de cultivo, se puro ou misto, dependerá do conhecimento da sucessão ecológica destas em condições naturais.

Após a definição das dez espécies-alvo, a condução das ações e das atividades, abaixo relacionadas, de-

verá, prioritariamente, ser realizada de forma simultânea, para que o tempo de estudo seja otimizado para uma dada espécie ou para um conjunto específico de espécies. Naturalmente, várias dessas ações e atividades não podem ser feitas simultaneamente, visto que o início de uma depende da conclusão da outra, por exemplo; os estudos de mercado somente poderão ser conduzidos após o conhecimento das propriedades da madeira juvenil, da adequação de seus usos e da construção de unidades demonstrativas.

Cada ação indicada é composta de um conjunto de atividades que constituem o passo a passo para sua execução.

Ação 1 e atividades relacionadas

Esta ação é constituída por quatro atividades, sendo que a primeira tem a função básica de definição das dez espécies alvo de estudo e de desenvolvimento tecnológico. Para a definição dessas espécies, além do conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira e da adequação de usos, também é necessário acessar conhecimento acerca das aplicações prévias (experiências anteriores) e do comportamento silvicultural quando cultivadas para a formação de povoamentos equiâneos, puros ou mistos. A priorização da(s) espécie(s) também deverá considerar o contexto econômico, social e ambiental do bioma no qual ela(s) se insere(m). Os pontos e os respectivos pesos para a classificação das espécies dentro de cada bioma deverão ser definidos por especialistas que atuam nos campos da tecnologia da madeira, da ecologia, do manejo florestal, da silvicultura e do melhoramento genético. Salienta-se que todos os biomas terão pelo menos uma espécie selecionada, seguindo uma classificação de prioridade. Entretanto, o número de espécies por bioma pode variar.

Talvez o principal pré-requisito para a escolha da(s) espécie(s) por bioma seja o nível de desenvolvimento tecnológico em termos silviculturais e de melhoramento das espécies sob avaliação. Pode-se mencionar, a título de exemplo, o pinheiro brasileiro (*Araucária angustifolia*) na Mata Atlântica; a candeia (*Eremanthus erythropapus*)

no Cerrado; a castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) na Amazônia; e o umbuzeiro (várias espécies do gênero *Spondias*) na Caatinga.

A inclusão de estudos das propriedades tecnológicas da madeira juvenil, relatadas nas atividades da Ação 1, decorreu das seguintes razões:

1. A literatura apresenta muitas informações científicas importantes sobre a madeira das espécies arbóreas brasileiras, porém estas, em sua quase totalidade, referem-se às propriedades da madeira de árvores não cultivadas e com idades avançadas, cuja madeira produzida ao longo de anos e até mesmo séculos apresenta alta proporção de madeira adulta em relação à madeira juvenil;
2. No presente PAT, o que se almeja é a produção de árvores pela atividade de reflorestamento que são relativamente jovens e, portanto, produtoras de madeira com alta proporção de madeira juvenil em relação à adulta. Esses dois tipos de madeira apresentam distintas propriedades anatômicas, físicas, mecânicas e químicas que podem definir ou não determinados tipos de usos;
3. A produção da referida madeira juvenil também segue o conceito universal de que as suas

propriedades tecnológicas e possibilidades de usos constituem-se no fenótipo (F) que se deseja obter pela melhoria do ambiente (A), pela adoção de boas práticas silviculturais e pela melhoria da constituição genética das árvores (G), decorrente do melhoramento genético. Adicionalmente, deve-se considerar a interação de G por A que, provavelmente, ocorrerá, principalmente, quando se considera a grande variação ambiental entre e dentro de biomas.

As atividades que sucedem a definição de espécies prioritárias (subatividade 1.1) devem ser conduzidas para avaliar as propriedades tecnológicas da madeira juvenil, visando à sua adequação aos usos industriais, comerciais e múltiplos (subatividade 1.2), bem como à construção de unidades demonstrativas de uso (subatividade 1.3) e posteriores avaliações de mercado para conhecimento do grau de aceitação dos produtos madeireiros e não madeireiros, com foco principal nas caracterizações de inovações tecnológicas (subatividade 1.4).

Quadro 97 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E DO GRAU DE ACEITAÇÃO DE MERCADO DA MADEIRA JUVENIL DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS ALVO DE CULTIVOS	
Subatividade 1.1	Levantamento do estado atual de conhecimento (estado da arte) acerca das propriedades tecnológicas e de resultados prévios do uso de madeiras juvenis para definir dez espécies alvo de estudo, considerando os biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga
Subatividade 1.2	Avaliar as propriedades químicas, anatômicas, físicas e mecânicas das madeiras juvenis para adequá-las aos usos industriais, comerciais e múltiplos
Subatividade 1.3	Empregando madeira juvenil das espécies-alvo, construir 60 unidades demonstrativas de usos na produção artesanal de objetos decorativos; indústria moveleira; e setor de construção civil
Subatividade 1.4	Conduzir estudos de mercado para a avaliação do grau de aceitação das unidades demonstrativas de usos (subatividade 1.3) da madeira juvenil e, conseqüentemente, caracterizá-los como inovação tecnológica

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A subatividade 2.1 caracteriza-se pela avaliação dos valores de mercado dos produtos madeireiros e não madeireiros, os quais fornecerão subsídios para orientar a elaboração das atividades subsequentes, que deverão ter foco principal no melhoramento da quantidade e da qualidade de produtos que tenham maior valor agregado.

A subatividade 2.2 deve ser realizada com o propósito de selecionar populações de cada espécie-alvo, que possam constituir procedência de sementes superiores e que tenham uma ampla variação intrapopulacional para propiciar a seleção fenotípica de árvores matrizes. A partir dessas duas seleções serão constituídos os testes genéticos relatados na subatividade 2.3, em que se combinam os efeitos de procedências e progênes, bem como de indivíduos dentro de progênie. Salienta-

-se que cada bioma terá, pelo menos, uma espécie selecionada, com suas respectivas procedências e progênes, e que o número de espécies por bioma pode variar.

A implantação dos referidos testes deve, preferencialmente, ser nos quatro biomas de estudo. Na escolha dos ambientes de teste que se encontram fora da área de ocorrência natural da espécie, as correspondências entre os ambientes de origem e de destino deverão ser consideradas para as variáveis edáficas e climáticas. A partir das análises de correspondência e de dados a serem obtidos nos testes, ao longo dos anos, serão conhecidas a plasticidade fenotípica de cada progênie e procedência, visando à definição da amplitude ambiental para cultivo dos materiais genéticos a serem selecionados e a geração de modelos para futuros planos de migração assistida.

Quadro 98 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – IMPLANTAÇÃO DE TESTES COMBINADOS DE PROCEDÊNCIA/PROGÊNES COM UNIDADES EXPERIMENTAIS DE MEIOS-IRMÃOS OU DE PLANTAS CLONADAS POR MATRIZ, NO CASO DE ESPÉCIES QUE PODEM SER PROPAGADAS VEGETATIVAMENTE	
Subatividade 2.1	Estimar os valores econômicos, nos mercados nacional e internacional, dos produtos madeireiros e não madeireiros
Subatividade 2.2	Selecionar populações (procedências) e matrizes dentro de populações para a implantação dos testes combinados de procedência/progênie
Subatividade 2.3	Implantar os referidos testes em quatro condições ambientais distintas, considerando as características edáficas e climáticas predominantes nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

Essa ação e suas duas atividades estão relacionadas no quadro a seguir. As subatividades 3.1 e 3.2 complementam-se e, também, complementam a subatividade 2.3. Contudo, podem ser realizadas concomitantemente, para reduzir o tempo demandado nessa etapa inicial de melhoramento genético.

As sementes colhidas nas populações e nas matrizes selecionadas devem ser destinadas ao viveiro de produção de mudas em quantidades suficientes para a implantação dos testes relatados nas subatividades 2.3 e 3.1. Para cada espécie priorizada, as mudas serão divididas em dois lotes, um para a condução da subatividade 2.3 e outro para a subatividade 3.1, a qual deverá ser implantada nos quatro biomas anteriormente mencionados.

Os ambientes que se localizam fora da área de ocorrência natural devem apresentar, o quanto possível, similaridades com o ambiente de ocorrência natural da espécie, considerando as variáveis edáficas e climáticas mais estreitamente relacionadas com a sobrevivência e a produtividade. Assim, a subatividade 3.1 refere-se a um máximo de 40 unidades de produção de sementes (dez espécies em cada um dos quatro biomas). Para dar clareza à implantação de, no máximo, 40 pomares, mencionamos como exemplo uma possível situação em que uma das espécies selecionadas no bioma Mata Atlântica seja o pinheiro brasileiro (*Araucária angustifolia*). Consequentemente, a implantação do pomar da referida espécie em outros biomas poderá não ser possível (por exemplo, na Caatinga).

No planejamento da implantação dos pomares de produção, deve-se considerar o sistema reprodutivo, o tipo

e o modo de reprodução das espécies para estabelecer o tipo de pomar (seminal ou clonal) e os arranjos de distribuição espacial que minimizam a endogamia e maximizam a polinização e a produção de sementes. Em um pomar de uma dada espécie cultivado em bioma(s) fora da sua área de ocorrência natural, deve ser observado o nível de correspondência entre as variáveis edáficas e climáticas do local de origem da espécie e de destino de implantação do pomar.

Deve-se salientar que, por um lado, para as espécies cuja tecnologia de clonagem é desconhecida, as unidades experimentais e as unidades de produção de sementes (pomares) serão constituídas por plantas de origem seminal. Por outro lado, naquelas com processo conhecido de clonagem, as referidas unidades e os pomares podem ou devem ser constituídos por mudas de origem clonal.

A subatividade 3.2 deve ser conduzida após a obtenção e a análise de dados anuais de produtividade e qualidade dos produtos desejados. As árvores das progênes reprovadas nos testes genéticos serão anualmente desbastadas para transformar os pomares de produção de semente não testados em testados e, assim, alcançar maiores ganhos genéticos.

A definição da quantidade de árvores produtoras de sementes por progênie selecionada deve ser feita com base em previsões futuras da quantidade de semente a ser produzida. Na ausência de dados que possibilitam essa previsão, deve-se considerar a capacidade de reprodução da espécie, os níveis de predação de sementes e o tamanho das sementes.

Quadro 99 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – IMPLANTAR PRECOCEMENTE, POR REPRODUÇÃO SEXUAL OU ASSEXUAL (DEPENDENDO DA ESPÉCIE), OS POMARES DE PRODUÇÃO DE SEMENTES	
Subatividade 3.1	Concomitantemente à implantação dos referidos testes combinados (Ação 2), implantar 40 pomares de produção de sementes não testados, utilizando mudas de origem clonal ou seminal de cada matriz amostrada
Subatividade 3.2	Iniciar os desbastes de árvores das progênes reprovadas pelos testes de procedência/progênes (Ação 2), para transformar os pomares de produção de sementes não testados em testados, utilizando dados anuais obtidos nos referidos testes

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

Essa ação é de grande importância para o desenvolvimento da presente tecnologia, uma vez que as qualidades morfológica, fisiológica e bioquímica das sementes e mudas a serem produzidas para os processos e os estudos subsequentes é que garantirão o alcance dos resultados pretendidos. Essas qualidades são altamente correlacionadas com a capacidade de resiliência das plantas quando se deparam com as variações nas condições ambientais.

A subatividade 4.1 visa ao estabelecimento de protocolos necessários para o reconhecimento da qualidade da semente que será destinada ao processo de produção de mudas. Erros nos trabalhos de coleta, transporte, beneficiamento e armazenamento de sementes trazem consequências danosas para as suas capacidades de germinação e de manutenção de vigor. Entretanto, a primeira obtenção das sementes nas populações e nas árvores matrizes selecionadas somente poderá ser realizada seguindo protocolos já desenvolvidos para as espécies-alvo. Na inexistência destes, deverão ser utilizados os

protocolos desenvolvidos para outras espécies ou grupos de espécies que produzem sementes com propriedades similares.

Os resultados a serem obtidos na subatividade 4.2 permitem o estabelecimento de protocolos mais específicos para cada uma das dez espécies, visto que é nessa atividade que serão conduzidos os estudos fisiológicos e bioquímicos demandados pelas avaliações de qualidade da semente em condições de armazenamento.

A subatividade 4.3 propõe o desenvolvimento ou a adaptação de protocolos para a avaliação da qualidade de mudas e árvores, conduzida por análises morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Esses protocolos, além de avaliar as metodologias envolvidas na produção de mudas e árvores, serão úteis para a condução dos programas de melhoramento genético, dada a importância de se conhecer as variações genéticas entre e dentro de populações, com relação à capacidade de tolerar e reagir favoravelmente às variações na intensidade dos estresses ambientais.

Quadro 100 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS DE SEMENTES E MUDAS PARA AUMENTO DE DESEMPENHO NO CAMPO	
Subatividade 4.1	Estabelecer protocolos de coleta, transporte, beneficiamento e armazenamento de sementes para cada uma das espécies selecionadas
Subatividade 4.2	Desenvolver ou adaptar protocolos para o controle de qualidades de sementes, por meio de estudos fisiológicos e bioquímicos, principalmente com relação à longevidade de armazenamento, dormência, germinação e vigor
Subatividade 4.3	Desenvolver ou adaptar protocolos para controle de qualidade de mudas no viveiro e de árvores cultivadas no campo, por meio de estudos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, principalmente com relação à tolerância/resistência/resiliência aos estresses bióticos e abióticos

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

A Ação 5 possui três atividades relacionadas aos estudos para o desenvolvimento dos processos de nutrição de mudas e árvores cultivadas no campo. Todas as atividades relacionadas seguem metodologias usuais nos estudos de nutrição de plantas de uso agrônômico, quando se trata de cultivos no solo, ou de uso florestal. Neste segundo caso, a produção de mudas deve considerar aquelas para usos nos cultivos de campo, ou para usos em processos de enxertia (produção de porta-enxertos) e em sistemas de multiplicação clonal, seja por cultura de tecidos, seja por miniestaquia (em que se utiliza processos de hidroponia ou de semi-hidroponia).

A subatividade 5.1 deve ser conhecida para estudar as demandas das espécies por macro e

micronutrientes, considerando os efeitos de suas carências e excessos na produção e na fitotoxicidade. Complementarmente aos resultados dessa atividade, deve-se conduzir a subatividade 5.2 para construir programas de nutrição mineral específicos para cada espécie, em diferentes idades e considerando a fase de viveiro e campo.

A partir da implementação da subatividade 5.1 e dos resultados obtidos, deve-se implementar a subatividade 5.3, que visa à geração de conhecimentos e imagens que possam, rapidamente, auxiliar no diagnóstico de carência ou de toxidez, para que medidas mitigadoras possam ser realizadas para o crescimento de mudas e a manutenção da produtividade das árvores cultivadas no campo.

Quadro 101 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – DEFINIÇÃO DE PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS NO VIVEIRO E DE ÁRVORES NO CAMPO	
Subatividade 5.1	Avaliar as demandas de elementos minerais (macro e micronutrientes) de cada espécie-alvo, tanto na fase de mudas no viveiro quanto na de árvores cultivadas no campo
Subatividade 5.2	Desenvolver programas de nutrição mineral específicos para cada uma das dez espécies-alvo
Subatividade 5.3	Definir metodologia para diagnósticos de carência nutricional pela análise visual de órgãos de mudas no viveiro e árvores cultivadas no campo

Elaboração do autor.

Ação 6 e atividades relacionadas

A Ação 6 e a condução das quatro atividades partem do princípio de que as grandes experiências de sucesso, adquiridas nas atividades de reflorestamento e melhoramento genético de espécies exóticas e de algumas nativas cultivadas no Brasil, podem ser usadas ou adaptadas para o desenvolvimento de tecnologias a serem aplicadas na silvicultura e no melhoramento genético das dez espécies-alvo, a serem selecionadas para o presente PAT.

Assim, a subatividade 6.1 objetiva avaliar a aplicabilidade dos zoneamentos ecológicos para reflorestamentos das referidas espécies exóticas ou nativas, preferencialmente. Após avaliações de correspondência entre as variáveis edáficas e climáticas (definidas em zoneamentos construídos para o cultivo dessas espécies e as predominantes nas áreas de ocorrência natural das espécies nativas) e depois do conhecimento das necessidades nutricionais destas, gerados pela Ação 5, torna-se possível validar os zoneamentos já realizados ou auxiliar na elaboração de zoneamentos específicos.

O zoneamento referido na subatividade 6.1 também tem o propósito de implantação de estratégias para a adoção dos programas de melhoramento, de condução de estudos sobre plasticidade fenotípica e de geração de modelos para migração assistida de genótipos de determinado bioma para regiões similares de outros biomas. Nesse último contexto, cita-se o exemplo da

seringueira (bioma amazônico), que possui clones que podem ser cultivados em outros biomas, como a Mata Atlântica e o Cerrado.

No contexto de desenvolvimento tecnológico das espécies tradicionais na silvicultura brasileira com relação à multiplicação vegetativa, seja por enraizamento de estacas, seja por cultura de tecido, a subatividade 6.2 é importante para definir, estabelecer e melhorar protocolos de clonagem em algumas das espécies-alvo, para o desenvolvimento da silvicultura clonal ou para o aceleração das atividades de melhoramento genético.

Na subatividade 6.3, deverão ser analisadas as metodologias de avaliação de mercados para os produtos madeireiros provenientes de espécies com conhecimentos preexistentes, visando a adaptações para avaliação de mercados para os mesmos produtos originados de plantios florestais.

A elaboração de planos de monitoramento e controle de pragas e doenças de plantas é bastante trabalhosa e complexa. A subatividade 6.4 foi estabelecida para avaliar a aplicabilidade dos planos desenvolvidos para as espécies arbóreas tradicionais na silvicultura brasileira, que possam ser utilizados ou adaptados para uso no monitoramento e no controle das possíveis pragas e doenças que ocorrerem nos cultivos das espécies nativas a serem selecionadas.

Quadro 102 – Ação 6 e atividades relacionadas

AÇÃO 6 – ESTABELECIMENTO DE ESTRATÉGIAS SILVICULTURAIS E DE MELHORAMENTO GENÉTICO COM BASE NAS EXPERIÊNCIAS ADQUIRIDAS EM ESTUDOS DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM MAIS CONTEÚDOS TECNOLÓGICOS	
Subatividade 6.1	Avaliar a aplicabilidade dos zoneamentos edáfico-climáticos realizados para cultivos de espécies arbóreas tradicionais nas práticas de reflorestamento no Brasil
Subatividade 6.2	Testar a clonagem por ministaquia e cultura de tecido, seguindo protocolos para a cultura de espécies arbóreas tradicionais desenvolvidos por instituições de pesquisa
Subatividade 6.3	Desenvolver ou adaptar metodologias de estudos de mercado dos produtos madeireiros e não madeireiros a serem gerados pelas espécies arbóreas nativas constantes no presente projeto
Subatividade 6.4	Avaliar a aplicabilidade dos conhecimentos gerados nos projetos de monitoramento e controle de pragas e doenças de espécies arbóreas tradicionalmente cultivadas no Brasil

Elaboração do autor.

Ação 7 e atividades relacionadas

A ação 7 possui duas atividades. A subatividade 7.1 tem o propósito de divulgar os resultados semestrais com relação aos custos, à produção e à lucratividade que se pode alcançar em empreendimentos florestais com as espécies arbóreas nativas e com a comercialização dos produtos a serem obtidos pela atividade. As apresentações serão organizadas por projetos de extensão, em que a demonstração de técnicas silviculturais e de processamentos dos produtos gerados será feita em cultivos das espécies em pequena escala. Adicionalmente, a subatividade 7.2 prevê a elaboração e a disponibilização de uma plataforma *on-line* que divulgará os resultados de todas as ações e

técnicas realizadas, bem como os resultados alcançados. Por último, a subatividade 7.3 constitui uma metodologia adicional para divulgação dos resultados alcançados. Todo o conhecimento adquirido até o final dos estudos silviculturais e de melhoramento genético, incluindo os relativos à ciência e tecnologia dos produtos não madeireiros e madeireiros, oriundos de madeira juvenil produzida em plantios das dez espécies arbóreas nativas, permitirá a constituição de novas ementas e conteúdos programáticos de disciplinas, seja para ofertas como obrigatórias/eletivas em cursos de graduação e pós-graduação, seja para ofertas em EaD.

Quadro 103 – Ação 7 e atividades relacionadas

AÇÃO 7 – DESENVOLVIMENTO E CONDUÇÃO DE PLANOS DE EXTENSÃO E CAPACITAÇÃO COM FOCO NAS TECNOLOGIAS SILVICULTURAIS DE NATIVAS E NAS PERSPECTIVAS DE MERCADO	
Subatividade 7.1	Desenvolver, implantar e conduzir testes de cultivos em pequena escala, visando à demonstração de técnicas silviculturais, de processamento dos produtos madeireiros e não madeireiros, e divulgar os resultados de produtividade, acompanhados de dados de custos, produção e lucratividade
Subatividade 7.2	Elaborar e disponibilizar uma plataforma online para divulgar as técnicas, produtos e resultados referentes às atividades relacionadas nas ações apresentadas
Subatividade 7.3	Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas e oferta de cursos de ensino à distância (EaD) em tecnologias silviculturais e melhoramento genético de espécies nativas

Elaboração do autor.

10.4. Identificação de stakeholders e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

Recentemente, várias organizações dos setores público, privado e não governamental têm apresentado um crescente interesse para o desenvolvimento científico e tecnológico para a implementação de cultivos e usos das espécies florestais nativas em todo território nacional, abrangendo, principalmente, os biomas constituídos pela Amazônia, pelo Cerrado, pela Mata Atlântica e pela Caatinga. Esse interesse tem sido despertado em decorrência do potencial e da importância das espécies nativas para os usos regionais tradicionais, envolvendo os madeireiros e os não madeireiros – principalmente o alimentar, o medicinal e o artesanal, entre outros.

Considerando as sete ações para o desenvolvimento da silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas, foram prospectados os vários atores apresentados que podem vir a participar no aperfeiçoamento e na condução das atividades envolvidas.

Há destaque de atores-chave que são reconhecidos na condução de políticas públicas ligadas às atividades florestais e na condução de estudos e geração de importantes conhecimentos científicos relacionados às espécies arbóreas nativas.

As instituições e os institutos de ensino e pesquisa, localizados nos biomas Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, não foram nomeados, dada a quantidade existente e a diversidade de competências. Por se tratar de um plano de alta complexidade e grande abrangência territorial, a formação de parcerias entre estas instituições, com o envolvimento dos setores público e privado, será requerida para ampliar as competências técnicas, científicas e de apoio logístico, necessárias para uma boa condução e conclusão do presente PAT.

Como exemplo de atores e suas missões no desenvolvimento das ações programadas, podem ser destacados:

1. Mapa, principalmente com referência a setores ou comissões específicos, que podem contribuir para o apoio logístico e que, também, tratam das questões sanitárias de sementes e mudas e exercem a fiscalização necessária para o controle de qualidade destas;
2. MCTI, tendo a Iniciativa Regenera Brasil, criada por meio da Portaria MCTI nº 3.206/2020, que objetiva contribuir com a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a inovação para a geração de diretrizes que promovam a recuperação efetiva dos ecossistemas nativos brasileiros. O Regenera Brasil inicia com três projetos-pilotos em parceria com unidades de pesquisa vinculadas ao MCTI: dois na Amazônia, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG); e um na Mata Atlântica, em parceria com o Instituto Nacional da Mata Atlântica (Inma) (BRASIL, 2020m);
3. Instituições e institutos de ensino e pesquisa, tais como as universidades inseridas em contextos multidisciplinares, que possibilitam a geração de conhecimentos nos campos econômico, social e ambiental de cada bioma. Adicionalmente, destaca-se a Embrapa, que, reconhecidamente, tem importantes atuações em todo território nacional para o desenvolvimento científico e tecnológico florestal, e o Inpa, que tem ampla atuação e experiência no contexto florestal da Amazônia;
4. MMA e organizações parceiras que realizaram relevante trabalho sobre as plantas nativas da flora brasileira: "Plantas para o futuro – regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul". Nesse trabalho, há caracterizações de usos das espécies de ocorrências em todos os biomas pretendidos para o alcance da presente tecnologia (CORADIN; CAMILLO; PAREYN, 2018);
5. Reserva Natural Vale, da Vale, que está localizada no estado do Espírito Santo e apresenta importantes pesquisas de desenvolvimento florestal do bioma constituído pela Mata Atlântica;
6. Sebrae, entidade privada, sem fins lucrativos, que trabalha para estimular o empreendedorismo e possibilitar a competitividade dos empreendimentos de micro e pequeno porte.

De fato, compreende-se que este Plano poderia ser coordenado pelo Mapa e pelo MCTI, tendo a Embrapa como principal parceira técnica e responsável pela coordenação técnica das ações e atividades. O MMA poderia, ainda, fazer parte do Comitê Técnico Consultivo do Plano, em conjunto com as instituições anteriormente citadas, enquanto instituições e

institutos de pesquisa e ensino localizados nos biomas poderiam atuar como parceiros técnicos e agentes de disseminação dos resultados do PAT. Finalmente, deverá ser contratada uma equipe permanente para atuar na coordenação da execução das atividades, que deve se reportar diretamente às instituições coordenadoras acima citadas.

Quadro 104 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Responsável pela coordenação da implementação do PAT, em face do alinhamento da ambição do Plano com a iniciativa Regenera Brasil.
Mapa	Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e pela normatização de serviços vinculados ao setor. Busca integrar, sob sua gestão, os aspectos mercadológico, tecnológico, científico, ambiental e organizacional do setor produtivo e, também, dos setores de abastecimento, armazenagem e transporte de safras, além da gestão da política econômica e financeira para o agronegócio. Poderia atuar na coordenação do PAT.
Embrapa	Tem como missão viabilizar soluções de PD&I para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Poderia atuar como parceira na coordenação técnica das ações do PAT.
MMA	Tem como área de competência os seguintes assuntos: a) política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos; b) política de preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas e biodiversidade e florestas; c) proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais; d) políticas para a integração do meio ambiente e produção; e) políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e f) zoneamento ecológico-econômico. Poderia atuar no Comitê Técnico Consultivo do PAT.
Instituições e institutos de ensino e pesquisa localizados nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga	Poderiam atuar como parceiros técnicos nas subatividades 1.1 a 1.4; 2.2 e 2.3; 3.1 e 3.2; 4.1 a 4.3; 5.1 a 5.3; 6.1 a 6.4; e agentes de disseminação e público-alvo de capacitação nas subatividades 7.1 a 7.3.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União, bem como por apoiar o processo de financiamento do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como financiador do PAT.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como financiadora do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar como financiador do PAT.
Sebrae	Entidade privada que promove a competitividade e o desenvolvimento sustentável dos empreendimentos de micro e pequeno porte. Poderia atuar como parceira técnica na execução das subatividades 2.1 e 6.3.
Senar	A missão do Senar consiste em "realizar a educação profissional, a assistência técnica e as atividades de promoção social, contribuindo para um cenário de crescente desenvolvimento da produção sustentável, da competitividade e de avanços sociais no campo. Entre suas ações, estão: formação profissional rural, assistência técnica e promoção social" (CNA, [s.d.]b). Poderia atuar como potencial parceira para a execução das subatividades 7.2 e 7.3.
Emater	Em geral, as Emater têm como missão "Promover o desenvolvimento rural sustentável, coordenando, articulando e executando assistência técnica e extensão rural em benefício da sociedade" (EMATER-PR..., [s.d.]). No PAT, a Emater pode ser responsável pelo desenvolvimento das subatividades 7.1 e 7.3.
Associações, fundações, cooperativas e empresas do setor	Poderiam atuar no apoio institucional à implementação de atividades do projeto, assim como seriam público-alvo das ações de disseminação e capacitação do PAT.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do PAT é de oito anos e meio, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação financeira e técnica e a implementação das atividades relativas às sete ações do presente plano de desenvolvimento tecnológico. Dentro desse prazo, também se pretende processar a coleta de dados de crescimento para a elaboração de modelos de prognose do crescimento e da produção e para a validação de conjecturas relativas aos processos de desenvolvimento silvicultural e de condução dos programas de melhoramento genético.

Destaca-se que a subatividade 1.1, referente ao levantamento do estado atual de conhecimento (estado da arte) acerca das propriedades tecnológicas e de resultados prévios do uso de madeiras juvenis para definir dez espécies alvo de estudo, considerando os biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, é a única a ser condu-

zida no primeiro semestre, visto que é a partir da sua conclusão que todas as demais atividades serão realizadas.

De modo geral, as subatividades relativas aos estudos tecnológicos da madeira (1.2, 1.3 e 1.4) e de tecnologia de sementes e de produção de mudas (4.1, 4.2 e 4.3) precedem o início das subatividades de melhoramento genético propriamente dito (2.1, 2.2, 2.3, 3.1 e 3.2). A princípio, do ponto de identificação numérica dessas atividades da Ação 4, percebe-se que há uma inversão com relação às atividades das Ações 2 e 3. Porém, tal inversão teve que ser realizada, tendo em vista que a subatividade 2.2, "Selecionar populações (procedências) e matrizes dentro de populações para a implantação dos testes combinados de procedência/progênie", é uma ação de melhoramento genético que tem precedência em relação às atividades da Ação 4.

Quadro 105 – Cronograma de implantação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	█																	
1.2		█	█	█														
1.3			█	█														
1.4					█													
2.1					█													
2.2		█	█															
2.3				█	█		█		█		█		█		█		█	
3.1					█	█												
3.2							█		█		█		█		█		█	
4.1		█	█															
4.2		█	█	█														
4.3			█	█	█													
5.1						█	█			█	█			█	█			
5.2							█	█		█	█		█	█		█	█	
5.3								█		█		█		█		█		█
6.1		█																
6.2		█	█	█														
6.3							█											
6.4				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
7.1					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
7.2						█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
7.3															█	█	█	█

Elaboração do autor.

10.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do Plano foi estimado em cerca de R\$ 16,3 milhões. Entre todas as ações/atividades, estima-se que, aproximadamente, 29% de todo o orçamento foi

previsto para a implementação da Ação 2, que é a mais capital-intensiva.

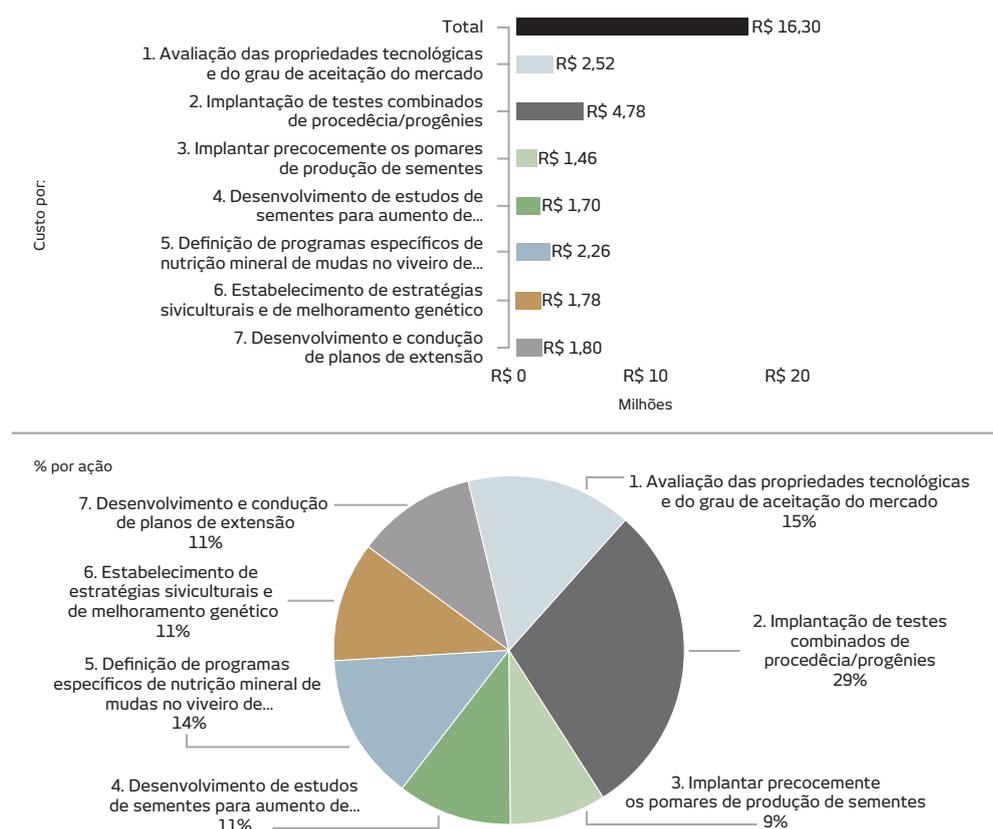


Figura 25 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

10.6 Plano de riscos e contingenciamento

Os riscos na implementação por atividades propostas pelo presente PAT foram categorizados para os contextos político, institucional, organizacional, técnico e de custos, e os seus graus de intensidade foram avaliados de acordo com os seguintes critérios: i) "risco baixo", para as atividades com riscos de consequências pouco significativas; ii) "risco médio", para as atividades com riscos de consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e iii) "risco alto" para aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos.

Das 22 atividades programadas, 12 (54%) foram de baixo risco, oito (36%) de médio risco e duas (10%) de alto risco. Especial atenção deve ser dada para a subatividade 2.3, referente à implantação dos testes

genéticos em quatro condições ambientais distintas, considerando as características edáficas e climáticas predominantes nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, e para a subatividade 3.1, que se refere à implantação de 40 pomares de produção de sementes não testados, considerando dez espécies e quatro biomas. Em ambas as atividades, o risco alto decorre do fato de que as referidas implantações, com o objetivo de redução de custo, devem ser mantidas por um longo período. Esse período, dependendo da espécie, pode ser de dezenas de anos, e envolver utilização de áreas de terras públicas ou privadas (estabelecidas por parcerias), cujo uso pode ser comprometido por alterações de finalidade ou transferência de propriedade por comercialização ou por processos de herança.

Quadro 106 – Riscos e ações de contingenciamento para à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Levantamento do estado atual de conhecimento (estado da arte) acerca das propriedades tecnológicas e de resultados prévios do uso de madeiras juvenis para definir dez espécies alvo de estudo, considerando os biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga	Risco técnico e risco organizacional	O levantamento do estado da arte referente às propriedades da madeira juvenil de algumas espécies arbóreas, por bioma de estudo, e seus respectivos usos e resultados prévios, pode ser uma atividade complexa em face da falta de informações na literatura. Falta de coordenação da atividade.	Baixo	O coordenador responsável pela atividade, por bioma, deve buscar informações complementares em instituições de ensino e pesquisa que atuam no setor da ciência e tecnologia da madeira. Informações complementares também podem ser obtidas em projetos de pesquisa implantados e em andamento no campo, como, por exemplo: Embrapa (várias unidades), Reserva Florestal da Vale no estado do ES, Instituto Florestal de São Paulo etc. Os usos de madeira juvenil também podem ser obtidos por profissionais de marcenaria. Por fim, os resultados devem ser validados em reunião com especialistas.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.2 Avaliar as propriedades químicas, anatômicas, físicas e mecânicas das madeiras juvenis para adequá-las aos usos industriais, comerciais e múltiplos	Risco técnico e risco organizacional	Algumas espécies, que se destacam com relação ao uso da madeira juvenil, podem não estar disponíveis para a amostragem tradicional, caso os exemplares estejam em pesquisas de desenvolvimento silvicultural, de melhoramento genético ou de manejo florestal no campo. Podem ocorrer atrasos nos testes, bem como falta de coordenação da atividade.	Baixo	O coordenador dessa atividade, por bioma, deve localizar exemplares jovens não cultivados e em condições de florestas naturais. A amostragem da madeira produzida por esses exemplares deve ser feita considerando as idades de sua formação, as quais podem ser estimadas por dendrocronologia ou microscopicamente por observações das variações radiais nas estruturas anatômicas da madeira. Estabelecer prazos em contrato para a realização dos testes.
1.3 Empregando madeira juvenil das espécies-alvo, construir 60 unidades demonstrativas de usos na produção artesanal de objetos decorativos; indústria moveleira; e setor de construção civil	Risco técnico e risco organizacional	Algumas espécies, que se destacam com relação ao uso da madeira juvenil, podem não estar disponíveis para a obtenção da madeira demandada para a construção de todas as unidades demonstrativas projetadas, principalmente se os exemplares desejados, pelo crescimento e pela forma, estiverem em pesquisas de desenvolvimento silvicultural, de melhoramento genético ou de manejo florestal no campo. Falta de supervisão das unidades demonstrativas. Atrasos na atividade.	Médio	O coordenador dessa atividade, por bioma, deve localizar exemplares jovens não cultivados e em condições de florestas naturais. A madeira juvenil a ser obtida deve ser proveniente de exemplares com crescimento em DAP e forma do fuste compatíveis com a construção das unidades demonstrativas. Antes do abate dos exemplares localizados, é necessária a condução de estudos para avaliar a idade de cada exemplar, como mencionado na subatividade 1.2. No entanto, nesse caso, os estudos devem ser em amostras obtidas com o trado de incremento. Estabelecer penalidades para descumprimento de prazos nos contratos de serviço de terceiros.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.4 Conduzir estudos de mercado para a avaliação do grau de aceitação das unidades demonstrativas de usos (subatividade 1.3) da madeira juvenil e, conseqüentemente, caracterizá-los como inovação tecnológica	Risco técnico e risco organizacional	As empresas de estudo de mercado não têm experiência para a avaliação da aceitação de produtos madeireiros e não madeireiros, dado o ineditismo do tema.	Médio	Procurar empresas de estudo de mercado que tenham experiência na condução de estudos de mercado de madeira. Na ausência dessas, deve-se procurar experiências em empresas especializadas no mercado de produtos com inovação tecnológica. Finalmente, é preciso que o coordenador da atividade supervisione o estudo de mercado.
2.1 Estimar os valores econômicos, nos mercados nacional e internacional, dos produtos madeireiros e não madeireiros	Risco técnico e risco organizacional	Poderá ocorrer dificuldades para estimar valores de mercado dos produtos não madeireiros, principalmente quando se trata de objetos de arte, como as obras de artesanato. Também poderá haver dificuldades de avaliação de valor dos objetos com conteúdo de inovação. Falta de coordenação e de atingimentos dos objetivos da atividade.	Baixo	Procurar empresas de estudo de mercado que tenham experiência na condução de estudos ligados à comercialização de obras artísticas ou com experiências no mercado de produtos com inovação tecnológica. Garantir a presença de coordenador para selecionar e supervisionar a pesquisa.
2.2 Selecionar populações (procedências) e matrizes dentro de populações para a implantação dos testes combinados de procedência/progênie	Risco técnico e risco organizacional	Várias espécies arbóreas apresentam fenologia de floração e frutificação não anual e, em outros casos, determinadas populações e árvores matrizes sofrem intensa predação das sementes por animais. Falta de coordenação e mão de obra qualificada para conduzir as análises.	Médio	A falta de sementes no momento da coleta pode demandar a substituição da espécie. Nesse caso, deve-se substituí-la por outra que também conste na lista de espécies de usos conhecidos ou potenciais, mesmo que os estudos mencionados na Ação 1 tenham de ser refeitos. Contratar equipe técnica, contemplando coordenador, com grande <i>expertise</i> na área.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.3 Implantar os referidos testes em quatro condições ambientais distintas, considerando as características edáficas e climáticas predominantes nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	A implantação dos testes genéticos no campo depende de parcerias com instituições públicas ou privadas para que áreas de terra sejam disponibilizadas por longo período. Atraso e inconsistências nos resultados.	Alto	Por ocasião da elaboração dos projetos, as parcerias para a concessão de áreas experimentais devem ser oficializadas e regulamentadas em contratos, visto que áreas públicas podem ser destinadas a outros fins, e as privadas podem ser repassadas para outros proprietários, seja pela comercialização, seja pela transferência para herdeiros. Além disso, é preciso supervisionar os testes e garantir a entrega dos resultados.
3.1 Concomitantemente à implantação dos referidos testes combinados (Ação 2), implantar 40 pomares de produção de sementes não testados, utilizando mudas de origem clonal ou seminal de cada matriz amostrada	Risco técnico, risco organizacional e risco político	A implantação de unidades de produção de sementes no campo depende de parcerias com instituições públicas ou privadas para que áreas de terra sejam disponibilizadas por longo período. Falta de coordenação e atraso na implantação dos pomares.	Alto	Por ocasião da elaboração dos projetos, as parcerias para a concessão de áreas para implantação de unidades de produção de sementes devem ser oficializadas e regulamentadas em contratos, visto que áreas públicas podem ser destinadas a outros fins, e as privadas podem ser repassadas para outros proprietários, seja pela comercialização, seja pela transferência para herdeiros. Supervisionar as atividades e garantir cumprimento de prazos por contrato.
3.2 Iniciar os desbastes de árvores das progênes reprovadas pelos testes de procedência/progênes (Ação 2), para transformar os pomares de produção de sementes não testados em testados, utilizando dados anuais obtidos nos referidos testes	Risco técnico e risco organizacional	Tanto os testes genéticos quanto os pomares para futura produção de sementes podem sofrer danos antrópicos ou por estresses bióticos e abióticos. Atraso na Ação 2.	Médio	Evitar áreas experimentais muito próximas às comunidades, estabelecer as quatro áreas experimentais por bioma (como planejado) e realizar semestralmente o monitoramento dos testes e dos pomares, principalmente quanto à manutenção de aceiros e à ocorrência de pragas e doenças. Garantir a entrega e a coordenação centralizada nas Ações 2 e 3.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.1 Estabelecer protocolos de coleta, transporte, beneficiamento e armazenamento de sementes para cada uma das espécies selecionadas	Risco técnico e risco organizacional	Algumas espécies arbóreas possuem sementes que não se mantêm viáveis durante o tempo de transporte, beneficiamento e, principalmente, de armazenamento, comprometendo as suas capacidades de produção de mudas na quantidade demandada. Falta de supervisão da atividade.	Baixo	No processo de seleção das espécies, além dos estudos prévios de uso dos produtos madeireiros e não madeireiros, bem como de comportamento silvicultural, na medida do possível, deve-se seguir o protocolo padrão para a manutenção da viabilidade das sementes da espécie em questão. A atividade deve ser coordenada por especialista na área.
4.2 Desenvolver ou adaptar protocolos para o controle de qualidades de sementes, por meio de estudos fisiológicos e bioquímicos, principalmente com relação à longevidade de armazenamento, dormência, germinação e vigor	Risco técnico	Estudos fisiológicos e bioquímicos de sementes são indispensáveis para o desenvolvimento ou a adaptação de protocolos de armazenamento e de quebra de dormência; entretanto, algumas espécies selecionadas podem apresentar resultados inconclusivos, dificultando a adoção de técnicas adequadas para manutenção da taxa de germinação das sementes e do vigor das plântulas em níveis aceitáveis.	Baixo	Deve ser realizada a coleta de sementes, por árvore matriz, em maior quantidade quanto possível. As matrizes marcadas e geograficamente referenciadas que, no momento da colheita de sementes, tenham baixa produção de sementes devem ser substituídas por outras que vegetam na própria população.
4.3 Desenvolver ou adaptar protocolos para controle de qualidade de mudas no viveiro e de árvores cultivadas no campo, por meio de estudos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, principalmente com relação à tolerância/resistência/resiliência aos estresses bióticos e abióticos	Risco técnico e risco de custo	Geralmente, os estresses bióticos e abióticos são imprevisíveis, principalmente em termos de intensidade. Tal fato pode demandar a produção de mais mudas ou o replantio no campo.	Médio	Conduzir as técnicas de controle dos agentes que provocam os estresses bióticos e abióticos. Para o primeiro caso, deve-se manter as pulverizações que impedem ou controlam as pragas e as doenças; e, para o segundo, deve-se promover, no momento adequado, a rustificação das mudas no viveiro e o controle das operações necessárias durante e após o plantio no campo. Finalmente, propõe-se recurso de contingenciamento para a atividade.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.1 Avaliar as demandas de elementos minerais (macro e micronutrientes) de cada espécie-alvo, tanto na fase de mudas no viveiro quanto na de árvores cultivadas no campo	Risco técnico e risco organizacional	Resultados inconclusivos em algumas espécies podem levar a estimativas de demandas nutricionais errôneas, provocando a redução do desenvolvimento de mudas ou árvores no campo, seja por deficiência nutricional, seja por fitotoxidez pelo excesso de alguns elementos minerais. Falta de supervisão da atividade.	Médio	Promover o parcelamento temporal e quantitativo das aplicações de fertilizantes, tanto no viveiro quanto no campo. Fazer o monitoramento e o controle da nutrição por avaliação de sintomas ou por análises foliares. Garantir profissional que supervisione a atividade na equipe de trabalho.
5.2 Desenvolver programas de nutrição mineral específicos para cada uma das dez espécies-alvo		A falta de conhecimento das demandas adequadas dos nutrientes minerais (subatividade 5.1) poderá impedir o desenvolvimento de programas adequados de nutrição mineral. Também seria crítica a falta de supervisão conjunta com a subatividade 5.1.	Baixo	Aperfeiçoar os métodos de monitoramento e controle de deficiências nutricionais por meio de análises periódicas de solo e de sintomas de deficiência (subatividade 5.3). Intervir com adubações complementares no momento certo, para garantir o bom desenvolvimento de mudas e árvores. Contratar supervisor para as atividades que compõem a ação.
5.3 Definir metodologia para diagnósticos de carência nutricional pela análise visual de órgãos de mudas no viveiro e árvores cultivadas no campo		Diagnósticos de deficiência mal elaborados induzem a aplicação inadequada de nutrientes, reduzindo o desenvolvimento de mudas e árvores. Falta de validação da metodologia. Falta de supervisão da atividade.	Baixo	Os diagnósticos de deficiência ou excesso de nutrientes feitos por análises de sintomas nos órgãos da planta devem ser realizados de forma rápida e a mais precisa possível. Para isso, deve-se elaborar cartilhas com descrições e fotos dos sintomas associados à deficiência ou ao excesso de algum elemento nutricional. Devem ser realizadas validações da metodologia por especialista, e supervisão para garantir as entregas das atividades.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
6.1 Avaliar a aplicabilidade dos zoneamentos edáfico-climáticos realizados para cultivos de espécies arbóreas tradicionais nas práticas de reflorestamento no Brasil.		Zoneamentos edáfico-climáticos realizados para o cultivo de uma outra espécie vegetal podem ter erros de interpretação. Isso pode induzir a escolha de áreas que não são verdadeiramente apropriadas.	Médio	Realizar a adaptação de uso de zoneamentos para o cultivo de espécies arbóreas tradicionalmente reflorestadas no Brasil. Caso não seja possível, realizar de forma específica para as espécies e o bioma.
6.2 Testar a clonagem por miniestquia e cultura de tecido, seguindo protocolos para a cultura de espécies arbóreas tradicionais desenvolvidos por instituições de pesquisa	Risco técnico e risco institucional	O processo de clonagem de algumas espécies arbóreas, principalmente por miniestquia, é bastante conhecido. Entretanto, os problemas para uso dessa técnica na silvicultura clonal podem ter consequências danosas dado o desconhecimento dos resultados em longo prazo.	Baixo	Nesta atividade, o objetivo é apenas a condução de testes com avaliação experimental em mudas no viveiro. A adoção dessa técnica para o desenvolvimento da silvicultura clonal somente poderá ser feita por estudos de longo prazo. Caso alguma espécie tenha boa adaptação à referida técnica, esta deve ser minimamente cultivada em condições de campo para avaliações futuras. Portanto, deve ser elaborado ACT com instituição com <i>expertise</i> na área para realização de estudos de longo prazo (pós-projeto).
6.3 Desenvolver ou adaptar metodologias de estudos de mercado dos produtos madeireiros e não madeireiros a serem gerados pelas espécies arbóreas nativas constantes no presente projeto	Risco técnico	Os estudos de mercado para as madeiras e derivados de algumas espécies arbóreas já são relativamente bem conhecidos. No entanto, a adaptação das metodologias desses estudos pode incorrer em risco por revelar resultados inverídicos.	Baixo	Contratar empresas especializadas em identificação e análises de mercado, principalmente para o internacional, tanto para produtos madeireiros quanto para os não madeireiros. Fazer a validação da metodologia elaborada ou adaptada com especialistas.
6.4 Avaliar a aplicabilidade dos conhecimentos gerados nos projetos de monitoramento e controle de pragas e doenças de espécies arbóreas tradicionalmente cultivadas no Brasil	Risco técnico	Os programas de monitoramento de pragas e doenças são trabalhosos e demandam muito tempo para elaboração. A coleta de informação existente é necessária, e esse trabalho pode demandar muito tempo.	Baixo	Identificar as principais pragas e doenças de cada espécie selecionada e conduzir pesquisas na literatura, principalmente sobre a biologia reprodutiva e a ecologia comportamental, visando ao estabelecimento de um plano de manejo integrado de pragas e doenças, minimamente adequado para cada espécie.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
7.1 Desenvolver, implantar e conduzir testes de cultivos em pequena escala, visando à demonstração de técnicas silviculturais, de processamento dos produtos madeireiros e não madeireiros, e divulgar os resultados de produtividade, acompanhados de dados de custos, produção e lucratividade	Risco técnico e risco organizacional	Tal como os testes genéticos e os pomares de produção de sementes, os testes de cultivo demonstrativo podem sofrer danos antrópicos ou por estresses bióticos e abióticos.	Médio	Evitar áreas para cultivo em escala-piloto muito próximas às comunidades; estabelecer pelo menos quatro áreas demonstrativas por bioma; e realizar semestralmente o monitoramento de aceiros e a ocorrência de pragas e doenças.
7.2 Elaborar e disponibilizar uma plataforma <i>on-line</i> para divulgar as técnicas, os produtos e os resultados referentes às atividades relacionadas nas ações apresentadas	Risco técnico	A comunicação também é uma fonte de riscos em relação à ineficiência, por falta de mídias confiáveis e conflitos sobre o conteúdo e a segurança das informações, as quais podem afetar tanto a comunicação externa quanto interna da plataforma.	Baixo	Identificar e solucionar falhas de comunicação assim que detectadas. Garantir o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações.
7.3. Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas e oferta de cursos de EaD em tecnologias silviculturais e melhoramento genético de espécies nativas	Risco organizacional	A criação de disciplinas e inserção de ementas tanto na grade curricular de cursos (graduação e pós-graduação) quanto para EaD requer trâmites legais junto às coordenadorias de curso e às instâncias superiores das instituições de ensino	Baixo	Na elaboração dos projetos, deve constar a anuência do gestor responsável pela grade curricular da instituição de ensino e pela oferta de disciplinas a distância.

Elaboração do autor.

11.

Plano de Ação Tecnológica **para Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração**



11. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO

11.1. Definição da tecnologia

O presente escopo tecnológico propõe a utilização de plantios mistos em áreas de RL e APPs, utilizando espécies exóticas e nativas com enfoque silvicultural, como alternativa para o Prad, considerando as definições do CF brasileiro. A implementação dessa tecnologia visa, portanto, desenvolver plantios para fins de restauração ambiental, aliados à possibilidade de ganhos socioeconômicos para os proprietários que precisam realizar as adequações propostas pelo PRA.

Essa abordagem delimita o uso de espécies arbóreas como a alternativa mais adequada para a restauração ambiental, aliada à possibilidade de produção e comercialização de produtos relacionados para subsistência e geração de renda nas propriedades. O uso de componentes não arbóreos, ligados à agricultura e à criação animal (ILPF), representa uma expansão das possibilidades originais, flexibilizando a aplicação da silvicultura com plantios mistos.

Apesar de o principal alvo da tecnologia ser a restauração ambiental, permitir aos proprietários o uso das respectivas áreas para produção e comercialização de diversos tipos de produtos também constitui uma oportunidade para que estes atores tornem-se protagonistas nas ações de restauração e conservação. Além disso, esse envolvimento pode proporcionar geração de emprego e renda em caráter regional, assim contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico em regiões com baixo IDH. A possibilidade de adesão dos produtores à tecnologia com fins de produção e comercialização deverá atender a critérios que considerem a aptidão das áreas (por exemplo, fatores edafoclimáticos) e dos proprietários para as atividades em questão, além de aspectos regionais e de viabilidade de mercado. Além dos benefícios ao produtor, a ampliação da silvicultura com plantios mistos para a restauração possui relevante potencial de mitigação às mudanças climáticas em razão do aumento da remoção de CO₂ pelo crescimento da biomassa, e, também, pela redução potencial do uso de fertilizantes.

11.2 Escopo e ambição

De forma geral, nos plantios mistos, árvores exóticas e nativas são plantadas de maneira integrada com as atividades agrícolas e pecuárias, sem desconsiderar o seu potencial de geração de produtos econômicos, visando múltiplos propósitos. Constitui-se uma opção viável para melhor utilização do solo, reversão dos processos de degradação dos recursos naturais e aumento da disponibilidade de madeira, alimentos e serviços ambientais (RIBASKI, 2019).

Entretanto, ainda existe um desconhecimento sobre a sua eficiência ecológica e socioeconômica. Não existe uma definição explícita de “sistemas eficientes”, mas se entende-se esses sistemas constituem-se como uma opção viável para melhor utilização do solo, reversão dos processos de degradação dos recursos naturais e aumento da disponibilidade de madeira, alimentos e serviços ambientais. Devido ao caráter de múltiplo uso, esses sistemas integrados de produção do tipo ILPF constituem-se em alternativas econômicas, ecológicas e sociais viáveis para o fortalecimento da agricultura. Consequentemente, promovem uma série de benefícios, como aumentos da produção, do nível de emprego e da renda dos produtores rurais, sempre primando pelo desenvolvimento sustentável (RIBASKI, 2019). No momento em que esses sistemas conseguem conciliar todas essas atividades de conservação e produção, mensurados a partir de indicadores ecológicos e financeiros, julga-se que se tornaram eficientes.

Outro ponto central dessa tecnologia é a comprovação e a disseminação do potencial dos plantios mistos na restauração, no contexto do CF (Lei Federal nº 12.651/2012). Estes sistemas trazem uma abordagem transversal que consegue conciliar o ponto de vista regulatório, econômico e ecológico, fator essencial para o impulsionamento da cadeia de valor dessa tecnologia. Todavia, é necessário um esforço para que sejam geradas informações refinadas, consonantes com as regulamentações estaduais do PRA e com outros instrumentos legais existentes nessa temática. Essas informações precisam ter a sua validação em campo, principalmente levando em consideração a diversidade de biomas brasileiros e suas diferentes características edafoclimáticas.

Nesse sentido, definiu-se como escopo do PAT avaliar o potencial ecológico e econômico da silvicultura com plantios mistos para restauração, por meio de ações para abastecer e dar escala à sua cadeia florestal, em conformidade com as regulamentações florestais vigentes.

Naturalmente, para que esses sistemas sejam escaláveis, eles precisam estar apoiados sobre bases sólidas em termos de infraestrutura, logística, entre outros aspectos. Assim, a ambição consiste na construção ou no aperfeiçoamento de políticas relacionadas à restauração por meio de plantios mistos, bem como à validação em campo de sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório, com a finalidade de restaurar diferentes tipos de biomas e ambientes protegidos até 2030.

Quadro 107 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Avaliar o potencial ecológico e econômico da silvicultura com plantios mistos para restauração, por meio de ações para abastecer e dar escala à sua cadeia florestal, em conformidade com as regulamentações florestais vigentes.	Até 2030, construir ou aperfeiçoar políticas relacionadas à restauração por plantios mistos, e validar em campo sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório, com a finalidade de restaurar diferentes biomas e ambientes protegidos.

Elaboração do autor.

11.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Em etapa anterior do projeto, foram identificadas 15 importantes barreiras ao desenvolvimento da silvicultura com plantios mistos para restauração. Entre estas, foram selecionadas aquelas que, caso não superadas, impediriam a disseminação da tecnologia em um horizonte da implantação até 2030.

Foram identificadas nove barreiras críticas para o desenvolvimento e a gestão da silvicultura com plan-

tios mistos para restauração. Dessas, quatro são barreiras regulatórias, duas tecnológicas e científicas, uma de disseminação e capacitação e, por fim, duas físicas. Para superar tais barreiras, propõe-se, até 2030, construir institucionalmente e validar em campo sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório desenvolvidos com a finalidade de restaurar diferentes biomas e ambientes protegidos.

Nós críticos priorizados

PRAD

PLANTIOS MISTOS

VIVEIROS

COMERCIALIZAÇÃO

Barreiras priorizadas

- Burocratização nos trâmites federais, estaduais e municipais;
- Reposição florestal preferencialmente com nativas; e
- Limitação de uso de exóticas para propriedades de até quatro módulos fiscais.

- Pouca bibliografia e resultados relatados;
- Baixo nível de investimento na pesquisa;
- Falta de assistência técnica especializada;
- Dificuldade de acesso à equipamentos; e
- Nível de prontidão tecnológica de validação em viveiros para nativas.

- Alto custo de insumos, transporte e implantação; e
- Pequeno raio logístico viável para recepção de insumos e suprimentos e para o envio dos produtos

Ambição



Até 2030, construir institucionalmente e validar em campo sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório desenvolvidos com a finalidade de restaurar diferentes tipos de biomas e ambientes protegidos

Figura 26 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Inicialmente, é necessário propor ou aperfeiçoar a base regulatória e institucional, e fazer com que essa informação chegue à base florestal. Já no segundo momento, é importante fazer o levantamento e o refinamento das informações já existentes sobre os plantios mistos e realizar novos estudos, quando necessário, levando em consi-

deração a necessidade de validação dessas informações em campo. Por fim, é necessária a disseminação das informações e das proposições mais práticas e estruturais que possam alavancar a cadeia da restauração. Cada uma das ações é composta de um conjunto de atividades que constituem o passo a passo para sua execução.

Ação 1 e atividades relacionadas

Essa ação está diretamente relacionada à elaboração ou ao aperfeiçoamento de instrumentos regulatórios e/ou infralegais, além da disseminação deles para todos os atores envolvidos na cadeia da restauração. Nesse sentido, foram propostas quatro atividades que procuram traduzir a intenção dessa ação.

A título de contextualização, seis estados brasileiros (Alagoas, Amapá, Ceará, Rio Grande do Norte, Roraima e Sergipe) encontram-se em fase preliminar visando à implementação do CF. A regulamentação do Cadastro Ambiental Rural e do PRA ainda está na fase de minuta, sem apresentar grandes avanços com relação à implementação do Plano (CHIAVARI; LOPES, 2019). Dessa forma, a primeira atividade consistiria na realização de *workshops* com diferentes atores, a fim de construir um instrumento de alcance compatível, que atenda aos requisitos da regulamentação.

A segunda atividade é voltada para os estados brasileiros que já regulamentaram seus PRAs, mas que precisam editar normas complementares para promover adequadamente a regularização ambiental dos imóveis rurais, como é o caso do Amazonas, de Goiás, do Paraná, do Pernambuco, de Santa Catarina e do Tocantins. Como exemplo a esses outros regramentos estão

as regulamentações específicas para implantação de SAFs em áreas de RL e APPs.

Já as subatividades 1.3 e 1.4 estão relacionadas à implantação em campo, ao buscar traduzir e comunicar esses instrumentos regulatórios com todos os entes da cadeia da restauração. A subatividade 1.3 visa, especificamente, divulgar os PRAs e os outros instrumentos propostos/criados pelas subatividades 1.1 e 1.2. E, para auxiliar nesse processo de disseminação, essa atividade também propõe a construção de instrumentos infralegais, como manuais técnicos operacionais para restauração e a elaboração de cartilhas que orientem a implantação dos plantios mistos.

Entretanto, para que esse processo seja eficiente, é essencial o apoio ou a construção de um calendário conjunto e em Rede de atividades de Ater, bem como de pesquisa, que envolva a temática da restauração para os diferentes *stakeholders* de restauração florestal no país. Por isso a proposição da subatividade 1.4 e a sua importância na efetividade do processo. Elemento importante é a institucionalização da Rede, motivo pelo qual foi considerado orçamento para elaboração de minuta de Portaria visando à sua criação.

Quadro 108 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – ELABORAÇÃO, APERFEIÇOAMENTO E DISSEMINAÇÃO INSTITUCIONAL DE INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS, INFRALEGAIS E DE PESQUISA	
Subatividade 1.1	Mapear o estado da arte dos instrumentos regulatórios existentes e promover <i>workshops</i> e reuniões com a presença dos diferentes atores para a construção/implantação da regulamentação do PRA
Subatividade 1.2	Avaliar a necessidade de proposição da criação de outros instrumentos a fim de garantir a segurança jurídica em campo, a citar as regulamentações específicas para SAF
Subatividade 1.3	Elaborar instrumentos infralegais e, também, cartilhas e mídia web, para difundir o que foi proposto nas atividades anteriores para os diferentes atores da cadeia
Subatividade 1.4	Incentivar, criar e implementar um cronograma conjunto e em Rede de atividades de capacitação em Ater e pesquisa entre órgãos de assistência e extensão e institutos de pesquisa/academia

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

A Ação 2 tem como objetivo principal a validação em campo dos plantios mistos, provando, assim, sua eficiência ecológica e econômica. Todas as atividades demandarão esforço da equipe técnica do projeto com vistas a preparar editais e contratar parceiras para a execução das atividades.

Inicialmente, na subatividade 2.1 foi proposto um mapeamento das áreas que seriam alvo dessa restauração. Sabendo que essa extensão pode ser considerável, será necessário um exercício de priorização dessas áreas, segundo critérios que serão definidos nessa mesma atividade.

Já a subatividade 2.2 evidencia a necessidade de se criar uma base científica sólida sobre esses sistemas, aproveitamento, inclusive, da *expertise* de iniciativas preexistentes em áreas onde existe uma lacuna de conhecimento. Nesse sentido, a elaboração de pesquisas para identificação das melhores espécies a serem consorciadas observando características edafoclimáticas será necessária.

Outro ponto a se observar é a temporalidade da restauração e a sua sensibilidade a fatores externos ecológi-

cos e antrópicos. Dessa forma, é necessário encontrar metodologias e protocolos padronizados, logicamente observando a diversidade dos biomas, as fitofisionomias e as diferenças entre os ambientes protegidos, que visam mensurar o progresso da restauração por meio dos plantios mistos. Esse é o objetivo da subatividade 2.3, que, especificamente, propõe a elaboração de estudos técnico-científicos e pesquisas em campo para construção de indicadores ecológicos e seus valores de referência. Alguns estados brasileiros foram pioneiros nessa iniciativa, como São Paulo, Mato Grosso e Distrito Federal, e já possuem instrumentos infralegais com essa finalidade.

Por fim, a subatividade 2.4 trata de validar todas as pesquisas e os estudos realizados no âmbito das subatividades 2.2 e 2.3 com outros especialistas das áreas e, particularmente, proprietários rurais que irão implantar esses sistemas e acompanhar o seu progresso. Essa validação pode culminar em uma calibração desses sistemas e, posteriormente, uma nova rodada das subatividades 2.2 e 2.3, tendo em vista a heterogeneidade ambiental do território brasileiro e sua dinâmica de uso e ocupação do solo.

Quadro 109 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – VALIDAÇÃO EM CAMPO DE SISTEMAS MISTOS EFICIENTES DO PONTO DE VISTA ECOLÓGICO, ECONÔMICO E REGULATÓRIO PARA OS DIFERENTES TIPOS DE BIOMAS	
Subatividade 2.1	Mapeamento, por meio de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, das áreas que demandam restauração para priorização, levando em consideração critérios ecológicos e econômicos
Subatividade 2.2	Mapear iniciativas preexistentes e, em áreas de lacunas de conhecimento validadas, elaborar estudos e pesquisas de campo para identificação das melhores espécies a serem consorciadas e mais adequadas a cada ambiente que será restaurado considerando características edafoclimáticas
Subatividade 2.3	Elaboração de estudo e pesquisas de campo para construção de indicadores ecológicos e seus valores de referência com objetivo de mensurar o progresso da restauração em cada um dos estados e biomas
Subatividade 2.4	Apresentação, validação e calibração dos estudos por meio de <i>workshops</i> com agricultores, produtores e outros especialistas

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

Após a estruturação regulatória e científica, e sua validação em campo, é necessária uma ação para incentivar o desenvolvimento da cadeia de valor dos plantios mistos. Essa ação tem a finalidade de testar arranjos e otimizar recursos, direcionando-os para os principais gargalos. Por esta razão, é proposta a subatividade 3.1, para identificar gargalos e oportunidades nas cadeias florestais nos diferentes biomas. Em seguida, para testar arranjos produtivos e levando em consideração a complexidade e a necessidade de acompanhamento da restauração, foi proposta, na subatividade 3.2, a implementação de 12 unidades-piloto demonstrativas de sistemas de plantios mistos voltados para restauração. As unidades demonstrativas também servirão de modelos ou “grupo de controle” a serem comparados com outras iniciativas/pesquisas já existentes.

Aspecto relevante para o desenvolvimento da cadeia é a atuação na sua infraestrutura, possibilitando o acesso facilitado aos recursos e aos insumos e garantindo a comercialização dos produtos oriundos da exploração desses sistemas. A subatividade 3.3 é focada em um recurso de base fundamental, as mudas. Por esta razão, a estruturação de viveiros florestais e a definição de protocolos para produção de mudas tornam-se necessárias.

Já a subatividade 3.4 visa, por meio de uma plataforma, criar um canal de comunicação para disseminação dos benefícios dos plantios mistos para restauração, por meio do compartilhamento de artigos, mapeamentos, instrumentos regulatórios realizados por universidades e centros de pesquisa, iniciativa privada, órgãos estaduais e municipais, entre outros. Mais do que isso, trata-se de uma estratégia de escoamento da produção oriunda desses sistemas e da eficiência econômica da cadeia. A plataforma deve ser um elo entre os produtores e os consumidores, viabilizando, assim, a comercialização e a otimização da logística. Também é importante para fornecedores de insumos e maquinários, podendo servir de plataforma para minimizar os custos da atividade ou mesmo horizontalizar a inovação.

Por fim, a subatividade 3.5 possui um viés de formação de recursos humanos, tendo em vista que propõe a elaboração e a divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias da silvicultura com plantios mistos para cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias. É importante destacar que essa atividade também tem relação com a Ação 2, especificamente as subatividades 2.2 e 2.3, podendo, assim, utilizar resultados delas.

Quadro 110 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – INCENTIVO AO DESENVOLVIMENTO DA SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO A FIM DE MINIMIZAR OS CUSTOS E TORNAR A PRODUÇÃO MAIS EFICIENTE	
Subatividade 3.1	Mapear as cadeias florestais existentes em cada um dos biomas brasileiros e identificar seus principais gargalos e oportunidades ecológicas e econômicas
Subatividade 3.2	Implementar e monitorar 12 unidades-piloto demonstrativas de plantios mistos para restauração
Subatividade 3.3	Diagnóstico e estruturação de viveiros para abastecimento da cadeia florestal da restauração
Subatividade 3.4	Desenvolvimento de plataforma para disseminação dos benefícios e ferramentas de estímulo à silvicultura com plantios mistos na cadeia de restauração
Subatividade 3.5	Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias da silvicultura com plantios mistos para cursos superiores de Ciências da Terra e Exatas e Engenharias

Elaboração do autor.

11.4. Identificação de stakeholders e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

A identificação dos atores-chave para implantação de cada uma das ações é fundamental para o escalamento dos plantios mistos voltados para restauração. Por ser uma tecnologia que possui sinergia com a área de atuação de inúmeras organizações, a diversidade desses atores é ampla. Além disso, o mapeamento de atores locais e Redes é uma etapa imprescindível para o sucesso e o escalamento da cadeia da restauração, a fim de valorizar e potencializar iniciativas e elos que já existem, assim como solucionar os gargalos e as conexões que ainda precisam ser estabelecidos. Assim, foram elencados atores que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia e cuja missão alinha-se aos propósitos do Plano.

Foram muitos os atores enumerados e importantes para a implementação deste PAT, mas é necessário

destacar o papel fundamental das seguintes instituições: Mapa, Embrapa, MCTI e MMA. O Mapa poderia exercer o papel de coordenação-geral das ações devido à sua *expertise*, inclusive de algumas de suas secretarias e de setores em específico, como o Setor de Controle de Qualidade de Muda e Fiscalização de Viveiros Florestais e a Ceplac, que possuem vasto conhecimento em SAF. Já a Embrapa, devido à sua qualidade técnica-científica, enquadra-se como principal parceiro técnico para execução das atividades. O MCTI poderia coordenar tecnicamente a Ação 2, tendo em vista o alinhamento do escopo e a ambição do PAT à Iniciativa Regenera Brasil, criada por meio da Portaria nº 3.206/2020 (BRASIL, 2020m). Finalmente, o MMA poderia atuar na coordenação técnica das subatividades 1.1 e 1.2.

Quadro 111 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Mapa	Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e pela normatização de serviços vinculados ao setor. Busca integrar sob sua gestão os aspectos mercadológico, tecnológico, científico, ambiental e organizacional do setor produtivo, e, também, dos setores de abastecimento, armazenagem e transporte de safras, além da gestão da política econômica e financeira para o agronegócio. O Mapa poderia coordenar o projeto e atuar na coordenação técnica das subatividades 1.1, 1.2, 3.1, 3.4 e 3.5.
MMA	Tem como área de competência os seguintes assuntos: a) política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos; b) política de preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas e biodiversidade e florestas; c) proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais; d) políticas para a integração do meio ambiente e produção; e) políticas e programas. Poderia atuar em parceria com o Mapa Na coordenação técnica das subatividades 1.1 e 1.2.
Embrapa	A Embrapa viabiliza soluções de PD&I para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Poderia atuar como principal parceira técnica na execução de inúmeras subatividades, entre as quais: 1.1 a 1.4; 2.1 a 2.4; 3.2 e 3.3.
MCTI	Poderia exercer papel de coordenação técnica da Ação 2, tendo em vista o alinhamento da iniciativa Regenera Brasil ao escopo e à ambição do PAT.
SFB	O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) é o órgão responsável pela gestão das florestas públicas (cadastro e concessão florestal, manejo e monitoramento) e pelo desenvolvimento florestal sustentável (inventário, pesquisa e fomento florestal e Cadastro Ambiental Rural). Poderia atuar como parceira no Comitê Técnico de supervisão das subatividades 1.1, 1.2, 2.4, 3.1 e 3.3.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Incra	Autarquia federal, cuja missão prioritária é executar a reforma agrária e realizar o ordenamento fundiário nacional. O Incra é o órgão responsável pela regularização fundiária no âmbito federal. A regularização fundiária é uma impulsionadora ou etapa anterior à regularização ambiental. Dessa forma, destaca a importância da sua participação institucional, junto a um Comitê Técnico, nas subatividades 1.1, 1.2 e 2.4.
Secretarias de Meio Ambiente e Agricultura dos estados brasileiros	Poderiam atuar na condição de parceiras subnacionais e no apoio institucional à validação das subatividades 1.1, 1.2, 2.4 e 3.3.
Institutos Estaduais de Florestas	Os Institutos Estaduais de Florestas estão intimamente ligados à cadeia florestal. São uma grande base de dados sobre o mapeamento florestal dos seus respectivos estados e, também, de alguns componentes da cadeia. Por isso a necessidade da sua presença na construção de instrumentos regulatórios, ou seja, subatividades 1.1 e 1.2, e no diagnóstico e na estruturação de viveiros florestais, que seria a subatividade 3.3. Nesse caso, o ideal seria criar um Comitê Técnico para congregar todos os institutos.
Emater	As Emater poderiam atuar como parceiras técnicas para o desenvolvimento das subatividades 1.1 a 1.4; 2.1 a 2.4; e 3.2 a 3.4.
Inpe	Instituto de referência nacional e internacional nas áreas espacial e do ambiente terrestre que tem a missão de produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil. Atuaria especificamente no fornecimento de dados espaciais nas subatividades 2.1 e 3.1.
Confederações e órgãos de classe	Poderiam fornecer apoio institucional para a execução das subatividades 1.3 e 1.4, e serem público-alvo das subatividades 3.4 e 3.5.
Agência de bacias	As agências de bacias hidrográficas são unidades executivas descentralizadas de apoio aos seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica, destinadas a prestar-lhes suporte administrativo, técnico e econômico. Os Planos de Bacia Hidrográfica são, inclusive, instrumentos importantes para gestão dos corpos hídricos e que possuem diversas ações que acabam por se relacionar diretamente com a temática da restauração florestal. Por isso a importância da sua presença na construção de instrumentos regulatórios, especificamente nas subatividades 1.1 e 1.2, até mesmo pelo seu conhecimento e pelo diagnóstico da paisagem.
ONGs	Público-alvo da subatividade 3.4.
Universidades federais e estaduais e respectivos laboratórios ligados à temática	Poderiam atuar como parceiros técnicos nas subatividades 1.1 a 1.4; 2.1 a 2.4; e 3.4 e 3.5.
Senar	Como dentre suas ações, estão a formação profissional rural, assistência técnica e promoção social, poderia atuar nas atividades de capacitação e disseminação do PAT (1.3, 1.4 e 3.4).
Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica	Alcançar ampla representatividade entre as universidades, os institutos de pesquisa, as empresas de consultoria, as ONGs, as organizações ligadas à extensão rural e florestal e o setor privado, além de englobar todas as regiões, os biomas, os ecossistemas e as partes interessadas na restauração de ecossistemas no Brasil. Essa organização acaba por representar diversos especialistas renomados na temática da restauração florestal, e que seriam de grande valia na Ação 2, especificamente nas subatividades 2.2, 2.3 e 2.4.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Capes	Desempenha papel fundamental na expansão e na consolidação da pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) em todos os estados da federação. Além disso, atua na formação de professores da educação básica, ampliando o alcance de suas ações na formação de pessoal qualificado, no Brasil e no exterior. Poderia atuar no fomento às Ações 2 e 3 do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no fomento às Ações 2 e 3 do PAT.
ICMBio	Poderia atuar como parceiro institucional de suporte à realização da subatividade 3.1.
Ibama	Poderia atuar como parceiro institucional de suporte à realização da subatividade 3.1.
Funai	Poderia atuar como parceiro institucional de suporte à realização da subatividade 3.1.
IBGE	Poderia atuar como parceiro institucional de suporte à realização da subatividade 3.1.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União. Poderia atuar no apoio à mobilização de recursos para execução do PAT.
Febraban	Contribuir para o desenvolvimento econômico, social e sustentável do país, representando os seus associados e buscando a melhoria contínua do sistema financeiro e de suas relações com a sociedade. Poderia atuar no apoio institucional à mobilização de recursos para execução da subatividade 3.2.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar no fomento à implementação do PAT.
Associações e cooperativas	Público-alvo da subatividade 3.4.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do Plano é de oito anos e meio. Notadamente, as ações não seguem um cronograma sequencial. Algumas atividades acontecem de forma concomitante a outras: subatividades 1.1, 2.1, 3.1 e 3.4 no curto prazo; 1.2, 1.3, 1.4, 2.3, 2.4 e 3.2 no médio prazo; e 3.2, 3.4 e 3.5 no longo prazo. Isso permite que o conhecimento técnico-científico e as atividades de campo

estejam atrelados às definições institucionais e regulatórias. Além disso, algumas ações podem aproveitar ou se beneficiar da conclusão do trabalho realizado em outras ações, sendo o caso das subatividades 3.1 e 3.3. As atividades de maior duração são justamente as que dependem de múltiplos atores ou esferas de poder, e que demandam maior quantidade de recursos externos.

Quadro 112 – Cronograma de implantação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	■	■	■	■	■													
1.2						■	■											
1.3							■	■	■	■	■							
1.4						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.1	■	■																
2.2			■	■	■													
2.3						■	■	■										
2.4									■	■								
3.1	■	■																
3.2											■	■	■	■				
3.3	■	■	■	■														
3.4														■	■	■	■	■
3.5															■	■	■	■

Elaboração do autor.

11.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O total previsto para implementação foi estimado em R\$ 31,4 milhões. Esse orçamento previsto foi distribuído de forma homogênea entre as três ações do

Plano, sendo que, entre todas as atividades, aquelas que envolvem estudos e infraestrutura são as de maior custo.

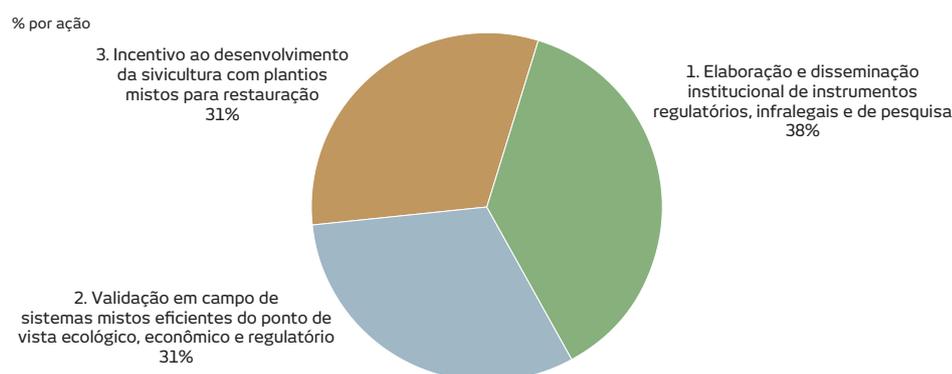
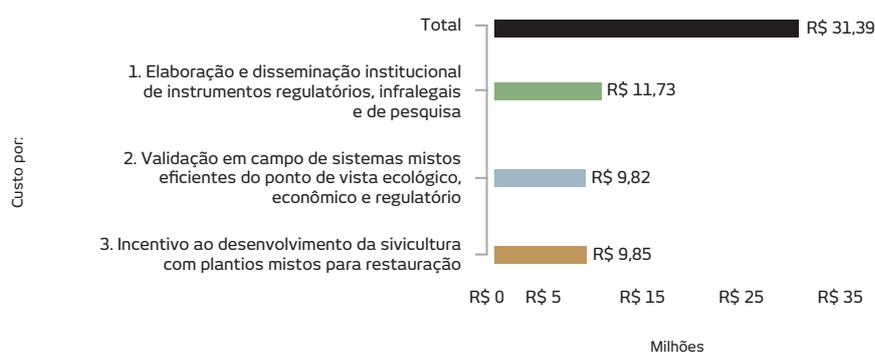


Figura 27 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de silvicultura com plantios mistos para restauração

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se, para as Ações 1 e 2, que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. No caso da Ação 3, em face da implantação de unidades demonstrativas, também poderia ser acessada a modalidade pagamento por serviços ambientais.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

11.6 Plano de riscos e contingenciamento

Os riscos indicam pontos de atenção na hora de implementar o projeto e realizar as atividades. As ações de contingenciamento são de caráter preventivo e corretivo, e a avaliação do nível de severidade do risco diz respeito às suas consequências. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles que

possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos.

Em geral, as atividades classificadas de médio risco são aquelas que envolvem um grande número de atores quem têm diferentes expectativas, e, por isso, podem ocorrer conflitos de interesses e redução do engajamento. Já as atividades que demandam o desenvolvimento de uma infraestrutura e, assim, dependem de um maior aporte de recursos, principalmente para sua manutenção em longo prazo, receberam um alto risco.

Quadro 113 – Riscos e ações de contingenciamento para à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Mapear o estado da arte dos instrumentos regulatórios existentes e promover <i>workshops</i> e reuniões com a presença dos diferentes atores para a construção/implantação da regulamentação do PRA	Risco político, risco organizacional, risco técnico e risco institucional	Risco de conflito de interesses, devido às organizações participantes terem expectativas diferentes para a atividade. Há também o risco da falta de compromisso político-institucional dos participantes, principalmente dos que compõem as esferas superiores de poder, já que tal atividade demanda um engajamento mais intenso.	Médio	Mapeamento dos atores sociais e seu histórico e impacto atual na cadeia da restauração. Mapear organizações pelas quais o produtor e o agricultor rural sintam-se apoiados e convidar para o evento. Garantir a presença das esferas superiores de poder nos eventos, por meio de reuniões bilaterais para apresentar claramente os objetivos da atividade. Contratar profissionais com ampla <i>expertise</i> na área, incluindo o coordenador técnico da atividade. Prever penalidades em contrato para atraso na entrega de resultados.
1.2 Avaliar a necessidade de proposição da criação de outros instrumentos a fim de garantir a segurança jurídica em campo, a citar as regulamentações específicas para SAFs		Falta de coordenação técnica e profissionais qualificados para conduzirem a atividade.	Médio	

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.3 Elaborar instrumentos ilegais e, também, cartilhas e mídia <i>web</i> , para difundir o que foi proposto nas atividades anteriores para os diferentes atores da cadeia	Risco político, risco técnico e risco institucional	Risco de conflito de interesses, devido às organizações participantes terem expectativas diferentes para a atividade. Há também o risco da falta de compromisso político-institucional dos participantes, principalmente dos que compõem as esferas superiores de poder, já que tal atividade demanda um engajamento mais intenso. Risco de atraso na entrega dos resultados das atividades anteriores.	Baixo	Mapeamento dos atores sociais e seu histórico e impacto atual na cadeia da restauração. Mapear organizações pelas quais o produtor e o agricultor rural sintam-se apoiados e convidar para o evento. Contratar profissionais com ampla <i>expertise</i> na área, incluindo o coordenador técnico da atividade. Garantir que todos os resultados das etapas anteriores estejam disponíveis para a equipe técnica.
1.4 Incentivar, criar e implementar um cronograma conjunto e em Rede de atividades de capacitação em Ater e pesquisa entre órgãos de assistência e extensão e institutos de pesquisa/ academia	Risco institucional, risco político e risco organizacional	Risco de conflito de interesses, devido às organizações participantes terem expectativas diferentes para a atividade. Falta de interesse nas atividades capacitadoras. Falta de articulação entre atores. Dificuldade de implementação das atividades de Ater e pesquisa em Rede. Falta de institucionalização da Rede.	Médio	Antes da reunião com todos os atores, baseada em dados secundários, devem ser traçadas possíveis temáticas de Ater que poderiam ser adicionadas à Agenda para garantir apoio institucional. Fazer ampla divulgação das atividades por ferramentas digitais. Articular com atores em nível nacional e subnacional acerca da institucionalização da Rede. Contratar estudo jurídico para proposição de Portaria, e equipe permanente do projeto para institucionalizar as atividades em Rede.
2.1 Mapeamento, por meio de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, das áreas que demandam restauração para priorização, levando em consideração critérios ecológicos e econômicos	Risco técnico e risco organizacional	Dificuldades de acesso a bases finas para um mapeamento mais semelhante ao visto em campo. Dificuldade em encontrar mão de obra qualificada. Falta de coordenação técnica. Atraso na entrega do resultado.	Baixo	Adotar e validar metodologias que possam contornar a falta de bases mais finas. Aproveitar de todos os atores da Rede para compartilhamento de informação e de <i>expertises</i> para compor a equipe técnica da atividade. Atribuir a especialista contratado o papel de coordenação técnica. Apresentar plano de trabalho e cronograma de subatividades.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
<p>2.2 Mapear iniciativas preexistentes e, em áreas de lacunas de conhecimento validadas, elaborar estudos e pesquisas de campo para identificação das melhores espécies a serem consorciadas e mais adequadas a cada ambiente que será restaurado considerando características edafoclimáticas</p> <p>2.3 Elaboração de estudo e pesquisas de campo para construção de indicadores ecológicos e seus valores de referência com objetivo de mensurar o progresso da restauração em cada um dos estados e biomas</p>	Risco técnico e risco organizacional	Complexidade do estudo e acesso a informações. Erro no tratamento dos dados da subatividade 2.1, ocasionando a seleção de áreas inapropriadas. Falta de coordenação da atividade e dificuldade de contratação de mão de obra qualificada. Atraso na conclusão da atividade.	Baixo	Uso de tecnologias e ferramentas eficazes por meio da contratação de institutos de pesquisa com <i>expertise</i> na área. Garantir que sejam validados os resultados da subatividade 2.1. Estabelecer penalidades contratuais para atraso nas entregas.
2.4 Apresentação, validação e calibração dos estudos por meio de <i>workshops</i> com agricultores, produtores e outros especialistas				
2.4 Apresentação, validação e calibração dos estudos por meio de <i>workshops</i> com agricultores, produtores e outros especialistas	Risco institucional e risco técnico	Risco de conflito de interesses, devido às organizações participantes terem expectativas diferentes para a atividade. Necessita de técnicas de mobilização e controle social para engajamento, principalmente de agricultores e produtores nessa atividade. Atraso na entrega das subatividades 2.2 e 2.3. Erro na validação dos resultados.	Médio	Mapeamento dos atores sociais e seu histórico e impacto atual na cadeia da restauração. Mapear organizações pelas quais o produtor e o agricultor rural sintam-se apoiados e convidar para o evento. Mapear conjunto de atores com ampla <i>expertise</i> para contribuir na validação. Garantir a presença do coordenador técnico nos <i>workshops</i> de validação.
3.1 Mapear as cadeias florestais existentes em cada um dos biomas brasileiros e identificar seus principais gargalos e oportunidades ecológicas e econômicas	Risco técnico	Dificuldade em captar as nuances e as características peculiares de cada cadeia em cada bioma e estado. Falta de validação dos resultados da atividade.	Baixo	Elencar estudos anteriores na mesma temática e procurar o que poderia ser refinado para essa atividade. Realizar <i>workshop</i> de início das atividades para definição da metodologia do estudo, e validar os resultados com os mesmos atores no final da atividade.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.2 Implementar e monitorar 12 unidades piloto demonstrativas de plantios mistos para restauração	Risco técnico, risco institucional e risco de custo	Dificuldade em implantar e manter as unidades. Dificuldade em manter o proprietário da área engajado na atividade.	Alto	Necessita de um forte componente de planejamento e coordenação para que as unidades se tornem autossustentáveis e mantenham-se no longo prazo. No curto prazo, deve ser elaborado contrato de concessão de recurso para a implementação das unidades, e previsão de monitoramento pelo período de dois anos. Após, deve elaborado ACT com empresas de Ater para manutenção das unidades.
3.3 Diagnóstico e estruturação de viveiros para abastecimento da cadeia florestal da restauração		Dificuldade em implantar e manter os viveiros. Além disso, há o desafio da inserção de novos viveiros e manutenção dos existentes na dinâmica da cadeia da restauração. Dificuldade em manter os atores engajados na manutenção dos viveiros.	Alto	Necessita de um forte componente de planejamento e coordenação para que os viveiros se tornem autossustentáveis e mantenham-se no longo prazo. No curto prazo, deve ser elaborado contrato de concessão de recurso para a implementação dos viveiros, e previsão de monitoramento pelo período de dois anos. Após, deve elaborado ACT com empresas de Ater para manutenção dos viveiros.
3.4 Desenvolvimento de plataforma para disseminação dos benefícios e ferramentas de estímulo à silvicultura com plantios mistos na cadeia de restauração	Risco técnico, risco organizacional e risco institucional	Dificuldade de a plataforma captar múltiplos interesses e características específicas de cada organização. Dificuldade de aprendizado. Risco relacionado à qualidade dos cursos e conteúdo de divulgação. Falta de sustentabilidade da plataforma após a conclusão do projeto.	Médio	Realizar um questionário e aplicá-lo a uma amostra de associações, cooperativas e coletivos para direcionar a construção da plataforma. Estudar plataformas semelhantes e suas principais vantagens e desvantagens. Mobilizar empresas de Ater para auxiliar no aprendizado e na comunicação da ferramenta. Estabelecer ACT com empresa de Ater objetivando a transferência e a manutenção da plataforma após a conclusão do projeto.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.5 Elaboração, divulgação de diretrizes e sensibilização para o desenvolvimento de disciplinas eletivas em tecnologias da silvicultura com plantios mistos para cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias	Risco institucional e risco organizacional	Falta de engajamento de professores não habituados ao uso de recursos didáticos digitais. Dificuldade de compreensão da proposta didática. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Capacitação prévia de docentes que farão a proposta na área e resultados do projeto. Contratar mão de obra especializada em processo de formulação de propostas de educação em ensino superior. Realizar atividades de engajamento nas universidades, baseadas em plano de comunicação da ação de capacitação e disseminação.

Elaboração do autor.

12.

Plano de Ação Tecnológica **para** **Monitoramento** **por Satélite**



12. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MONITORAMENTO POR SATÉLITE

12.1. Definição da tecnologia

Os sistemas de monitoramento por satélite são realizados com base em abordagens de sensoriamento remoto, um conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenômenos) com base no registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes – ou remotos. A tecnologia permite monitorar alterações do uso e da cobertura da terra e o monitoramento dos principais elementos da paisagem e das atividades do meio rural.

Uma das bases da AP é a disponibilidade de dados espaciais em alta resolução capazes de apoiar a decisão no nível do imóvel rural. Atualmente, as aplicações de sensoriamento remoto já auxiliam a produção agropecuária na detecção prematura de pragas e plantas acamadas e quebradas, na avaliação do nível de nutrientes nas plantas, na detecção de estresse hídrico e na previsão de safra no nível da parcela (MAES; STEPPE, 2019). Assim como no caso da restauração ecológica, atualmente, o uso de sensoriamento remoto para AP ocorre principalmente por meio de Vants. Porém, nos próximos anos, com a maior disponibilidade de imagens de alta resolução, será possível realizar análises similares por meio de dados disponibilizados por satélites. Desse modo, será possível ampliar o acesso dessa tecnologia também para os pequenos e médios produtores rurais, cumprindo uma função social importante no desenvolvimento agropecuário do país.

Outra aplicação importante do monitoramento por satélite é o rastreamento da produção agropecuária. Ao monitorar mudanças do uso da terra ao nível do imóvel rural é possível, juntamente a técnicas de modelagem espacialmente explícita, verificar o cumprimento das regras do CF, estabelecer a existência ou não de desmatamento ilegal e sua vinculação com a cadeia produtiva. Além de permitir maior transparência sobre o nível de sustentabilidade de cadeias, o monitoramento por satélite também é importante para diferenciar os produtores com um perfil produtivo mais sustentável.

Tendo em vista a importância do monitoramento para possibilitar as atividades de fiscalização do cumprimento do CF brasileiro e o aumento da produtividade agropecuária, o aprimoramento desses sistemas poderá contribuir para o aumento da restauração florestal voltada para a regularização ambiental e a diminuição do desmatamento ilegal. Desse modo, esses sistemas contribuem indiretamente para o aumento das remoções de GEE e para a redução das emissões provindas da mudança do uso do solo.

Atualmente, 713 satélites estão na órbita terrestre com instrumentos para observação da Terra, sendo que a maior parte dos sensores produz imagens de resolução moderada, com cada pixel representando entre 30 e 20 metros da superfície terrestre. Nos últimos anos, um número crescente de satélites com sensores de alta resolução foi lançado, e, atualmente, estão em órbita 65 instrumentos que fornecem imagens com 5 metros de resolução até poucos centímetros (ITC, 2019).

Em dezembro de 2019, foi lançado um dos mais modernos satélites de observação da Terra: o satélite sino-brasileiro CBERS-4, que contém três sensores – a câmera de campo largo (WFI), a câmera multiespectral (MUX) e a câmera multiespectral e pancromática de ampla varredura (WPM) (BRASIL; CHINA, 2019). A WFI fornece, a cada cinco dias, imagens de baixa resolução (55 metros), que serão utilizadas para auxiliar em ações de fiscalização do Deter-B. Já a MUX capta imagens de média resolução (16 metros), que serão importantes para o monitoramento anual do desmatamento do Prodes e do uso da terra agrícola do TerraClass. Já a câmera WPM fornece imagens pancromáticas (branco e preto) com 2 metros de resolução e multiespectrais de 8 metros, o que possibilitaria novas aplicações para o monitoramento com imagens de alta resolução.

Visto a crescente disponibilidade de imagens de satélites (muitas delas gratuitas), o principal desafio para o desenvolvimento de uma nova geração de sistemas

de monitoramento de alta resolução não está mais na disponibilidade de imagens, mas, sim, no processamento e na classificação dessas imagens para geração de dados espaciais (ZHANG *et al.*, 2020). Especificamente no contexto do monitoramento por satélite das alterações do uso e cobertura da terra, é relevante destacar a necessidade de desenvolver sistemas que utilizem os dados de cobertura e uso da terra para gerar infor-

mações sobre o risco climático, ajudem a identificar o melhor uso agropecuário no nível do imóvel, auxiliem na implementação da legislação ambiental e contribuam para o planejamento territorial. Desse modo, os usuários finais, sejam eles produtores agrícolas, bancos e compradores, seja o poder público, terão informações atualizadas e aprofundadas para embasar o seu processo decisório.

12.2. Escopo e ambição

Nesse contexto, o presente PAT tem como escopo ampliar a adoção do monitoramento por satélite para paisagens, com disponibilização de dados a partir de imagens de alta resolução para os produtores rurais e agentes públicos em todo o Brasil. Especificamente, tem como ambição desenvolver, até 2030, sistema de monitoramento que, a partir do uso de imagens de alta resolução (< 5 metros) e técnicas de reconhecimento automático, irá fornecer dados anuais de cobertura e uso da terra em, pelo menos, dois biomas (Amazônia e Cerrado), nas seguintes categorias: vegetação nativa (com diferentes níveis de degradação), vegetação

secundária (em diferentes estágios de regeneração), pastagens (com diferentes níveis de produtividade e degradação) e culturas agrícolas (com a distinção entre as principais culturas).

Ademais, visto a importância do monitoramento para possibilitar as atividades de fiscalização, em cumprimento ao CF, e o aumento da produtividade agropecuária, os dados fornecidos pelo novo sistema de monitoramento servirão de base para o desenvolvimento de um sistema de apoio à implementação do PRA do CF e da intensificação da agropecuária.

Quadro 114 – Escopo e ambição do PAT

ESCOPO	AMBIÇÃO
Ampliar a adoção do monitoramento por satélite para paisagens, com disponibilização de dados a partir de imagens de alta resolução para os produtores rurais e agentes públicos em todo o Brasil.	Desenvolver, até 2030, sistema de monitoramento que, a partir do uso de imagens de alta resolução (< 5 metros) e técnicas de reconhecimento automático, irá fornecer dados anuais de cobertura e uso da terra em, pelo menos, dois biomas (Amazônia e Cerrado), nas seguintes categorias: vegetação nativa (com diferentes níveis de degradação), vegetação secundária (em diferentes estágios de regeneração), pastagens (com diferentes níveis de produtividade e degradação) e culturas agrícolas (com a distinção entre as principais culturas). Esses dados também serão a base de um sistema de apoio à implementação do PRA do CF e da intensificação da agropecuária.

Elaboração do autor.

12.3. Ações e atividades

Nós críticos, barreiras e ambição para superá-las

Inicialmente, foram identificadas 11 importantes barreiras ao desenvolvimento do monitoramento por satélite. Entre estas, foram selecionadas aquelas que, caso não superadas, impediriam a disseminação da tecnologia, considerando o prazo de aplicação do projeto até 2030. Foram identificadas cinco barreiras críticas para o desenvolvimento e a gestão do monitoramento por satélite.

Em primeiro lugar, nota-se a falta de uma estratégia nacional para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento, com a replicação de esforços, e lacunas de planejamento para a harmonização dos sistemas atuais e a agenda de desenvolvimento de uma próxima

geração de sistemas. Outra barreira é a falta de investimento em pesquisa aplicada para o desenvolvimento de metodologias de identificação automática com base em imagens de alta resolução. Na ausência de métodos com acurácia satisfatória, hoje, a maior parte dos sistemas em uso no Brasil (por exemplo, Prodes, do Inpe, e monitoramento do uso da terra, do IBGE) adota a interpretação visual de imagens de média resolução. A terceira barreira refere-se ao pouco uso de dados espaciais em aplicações de inteligência territorial, para apoiar a implementação do CF e a intensificação da pecuária. Essas barreiras levam ao pouco uso das tecnologias geoespaciais, principalmente por pequenos e médios produtores e agentes públicos.

Nós críticos priorizados

**IDENTIFICAÇÃO
DE CLASSES DE
COBERTURA E
DE USO DA TERRA**

**OTIMIZAÇÃO
DO USO DO SOLO
NO NÍVEL
DO IMÓVEL**

Barreiras priorizadas

Falta de estratégia nacional para desenvolvimento de sistemas de monitoramento

Pouco investimento em pesquisa de base e aplicada

Falta aplicação de dados dos sistemas de monitoramento para gerar inteligência territorial

Sistemas de monitoramento consolidados, mas não plenamente difundidos (TRL 9)



Pouco uso da tecnologia principalmente pelos pequenos e médios produtores, bem como agentes públicos municipais

Ambição

Desenvolver, até 2030, sistema de monitoramento que, a partir do uso de imagens de alta resolução (< 5 metros) e técnicas de reconhecimento automático, irá fornecer dados anuais de cobertura e uso da terra em, pelo menos, dois biomas (Amazônia e Cerrado), nas seguintes categorias: vegetação nativa (com diferentes níveis de degradação), vegetação secundária (em diferentes estágios de regeneração), pastagens (com diferentes níveis de produtividade e degradação) e culturas agrícolas (com a distinção entre as principais culturas). Esses dados também serão a base de um sistema de apoio à implementação do PRA do CF e da intensificação da agropecuária

Figura 28 – Nós críticos, barreiras e ambição priorizados

Elaboração do autor.

Ações e atividades

Para atingir a ambição proposta, foram elencadas cinco ações que se relacionam entre si em uma ordem coordenada de execução. A Ação 1 serve como a base para o desenvolvimento da tecnologia e tem como objetivo criar um Comitê para o estabelecimento, o monitoramento, a revisão e a validação de critérios técnicos, diretrizes e resultados das ações para a harmonização dos sistemas atuais e futuros de monitoramento por satélite de uso e cobertura da terra. Concomitantemente a esta, a Ação 2 tem como objetivo desenvolver e validar uma metodologia de classificação automática de monitoramento de uso e cobertura da terra por

imagens de satélite de alta resolução. As Ações 3 e 4 objetivam desenvolver e disponibilizar um sistema de monitoramento de alta resolução e um sistema de inteligência territorial para apoiar a implementação do CF e a intensificação da agropecuária, respectivamente. Por fim, a Ação 5 tem por objetivo promover a capacitação e a disseminação do uso dos sistemas desenvolvidos nas Ações 3 e 4 para agentes públicos e privados.

Cada ação indicada é, por sua vez, composta de um conjunto de atividades que constituem o passo a passo para sua execução.

Ação 1 e atividades relacionadas

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento e de apoio, é necessário que estes sejam elaborados conforme as melhores práticas de qualidade. Portanto, há a necessidade de criação de um Comitê para o estabelecimento, o monitoramento, a revisão e a validação de critérios técnicos, diretrizes e resultados das ações para a harmonização de sistemas de monitoramento por satélite e de uso e cobertura da terra (Ação 1). Esse Comitê tem, como principal resultado, a harmonização dos sistemas de monitoramento atuais e a especificação de critérios para desenvolvimentos futuros. Além disso, o Comitê criado terá como função adicional validar e revisar os resultados das demais ações do PAT.

Para tanto, foram definidas cinco atividades de trabalho. A primeira remete à estrutura institucional do Comitê e propõe definir missão, objetivos, diretrizes, estratégia de atuação e papel dos atores envolvidos na organização. Também, nessa atividade serão definidos os objetivos de curto, médio e longo prazos. A segunda atividade tem como objetivo definir estratégias, modelos de atuação e atores. Para isso, serão identificados os principais produtores (por exemplo, Inpe, IBGE, Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro – DSG/EB) e consumidores (por exemplo, Mapa, MMA, Embrapa, SFB, Órgãos Estaduais de Meio Ambiente – Oemas, ONGs ambientais, representantes do setor privado) de dados de cobertura e uso da terra a partir de sensoriamento remoto por satélite. Depois, será realizada uma análise detalhada dos sistemas e projetos de monitoramento por satélite realizados pelas diferentes agências do Governo Federal, identificando sinergias,

sobreposições e demandas de aprimoramento dessas iniciativas. O resultado dessa análise será disseminado por meio da execução de um plano de comunicação.

A terceira atividade tem como objetivo estabelecer critérios técnicos e diretrizes para a harmonização de sistemas de monitoramento. Para isso, será definido um processo de avaliação dos sistemas de monitoramento atuais, emitindo pareceres técnicos sobre a necessidade de manter, expandir, extinguir (no caso de duplicação) ou aprimorar os sistemas presentes. Para tanto, será feito, dentro dessa atividade, um levantamento da demanda de dados dos diferentes usuários de dados geoespaciais, com especial atenção às legendas de classificação de cobertura e uso da terra já utilizadas nesses sistemas e a necessidade de aprimoramentos. Também serão alinhados processos de avaliação dos sistemas de monitoramento realizados pelo Comitê Nacional de Monitoramento por Satélite com os processos de alocação de recursos públicos e internacionais para o desenvolvimento de novos sistemas.

A quarta atividade possui caráter institucional, uma vez que objetiva definir estrutura física, recursos disponíveis e equipe permanente e equipe de apoio, a ser contratada para atuar na Secretaria do Comitê, enquanto quinta atividade irá realizar o monitoramento, a revisão e o processo decisório de validação dos critérios técnicos, das diretrizes e dos resultados das ações para a harmonização de sistemas de monitoramento por satélite e de uso e cobertura da terra.

Quadro 115 – Ação 1 e atividades relacionadas

AÇÃO 1 – CRIAÇÃO DE UM COMITÊ PARA O ESTABELECIMENTO, O MONITORAMENTO, A REVISÃO E A VALIDAÇÃO DE CRITÉRIOS TÉCNICOS, DIRETRIZES E RESULTADOS DAS AÇÕES PARA A HARMONIZAÇÃO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE E DE USO E COBERTURA DA TERRA	
Subatividade 1.1	Definir missão, objetivos e diretrizes organizacionais do Comitê
Subatividade 1.2	Definir estratégia, plano de comunicação, modelos de atuação e atores
Subatividade 1.3	Estabelecer critérios técnicos e diretrizes para a harmonização de sistemas de monitoramento
Subatividade 1.4	Definir estrutura física, recursos disponíveis, equipe permanente e equipe de apoio ao Comitê
Subatividade 1.5	Monitoramento, revisão e processo decisório de validação dos critérios técnicos, das diretrizes e dos resultados das ações para a harmonização de sistemas de monitoramento por satélite e de uso e cobertura da terra

Elaboração do autor.

Ação 2 e atividades relacionadas

Além da criação do Comitê, um passo fundamental para o desenvolvimento do sistema de monitoramento é desenvolver e validar o processo de classificação automática supervisionada de monitoramento de uso e cobertura da terra por imagens de satélite de alta resolução, necessário para que estes sejam elaborados conforme as melhores práticas de qualidade (Ação 2). Para executá-la, é necessário prosseguir com as cinco atividades. A primeira delas consiste em verificar a disponibilidade de oferta de imagens de satélite em alta resolução (< 5 metros) e quais são as características técnicas destas. Para isso, será definido, a partir de metodologia de avaliação multicritério, a tipologia de imagem de satélite de alta resolução com mais potencial e relação custo-benefício satisfatória para o desenvolvimento do sistema de monitoramento. Também serão estabelecidos alvos-chave (vegetação primária e secundária, pastagens e principais culturas), cobertura territorial (amostragem *versus* território nacional) e temporal (intra-anual *versus* múltiplos anos) necessária para a realização da pesquisa. Finalmente, serão feitas, no contexto dessa atividade, a compra e a sistematização (isto é, coleta e processamento) de imagens gratuitas ou via parcerias de conjunto de imagens de alta resolução com os critérios estabelecidos. Tendo em vista o alto custo para aquisição de imagens, serão feitos esforços adicionais de modo a utilizar imagens já disponíveis gratuitamente. Essa atividade também inclui uma avaliação de risco de dependência de imagens produzidas por satélites de outros países ou co-

merciais, e a necessidade de se investir na produção de imagens com satélites nacionais. Sendo assim, além da indicação da aquisição de imagens de satélites já existentes, essa atividade pode contribuir com a definição de uma agenda de desenvolvimento e lançamento de satélites brasileiros. Também será avaliada, nessa fase, a necessidade de modificar as legendas e simplificar o processo de classificação, de modo a garantir a acurácia desejada.

De posse das imagens, parte-se para a realização do mapeamento da cobertura do uso da terra por meio da interpretação visual de alvos-chave da paisagem (vegetação nativa primária com diferentes níveis de degradação, vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração, pastagens com diferentes níveis de produtividade e degradação, e culturas agrícolas com a distinção entre as principais cultura – subatividade 2.2). Para isso, será definido o protocolo de interpretação de imagens de satélite e padrão de geração de atributos, alinhado com os objetivos estabelecidos na atividade anterior. Também serão consideradas as definições de vegetação primária e secundária nos estágios iniciais, médio e avançado de regeneração como definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução nº 388/2007). Depois, será feito o mapeamento-piloto nos alvos-chave, considerando, pelo menos, uma das categorias de mapeamento em cada um dos biomas (por exemplo, 10 categorias x 6 biomas = 60 tipos de alvo). Também serão realizadas verificações de campo (isto

é, *ground truthing*) das áreas mapeadas na atividade-piloto, com o objetivo de validar e aprimorar o protocolo de interpretação visual. Finalmente, será executado um mapeamento para estabelecer as legendas utilizadas na próxima atividade.

Por fim, tem-se o desenvolvimento e a validação da metodologia de classificação automática supervisionada de imagens de satélite de alta resolução (atividade 3). Para isso, será realizada uma revisão sistemática da literatura sobre os métodos já aplicados para a classificação de cobertura e uso da terra a partir de sensoriamento remoto e métodos emergentes. Também

será definido, a partir do levantamento realizado na atividade anterior, um conjunto de métodos para serem testados. Depois, será avaliada a performance computacional e de acurácia dos métodos selecionados, em relação ao mapeamento realizado com base em interpretação visual dos alvos-chave. Finalmente, será realizado um mapeamento-piloto de um subconjunto de classes de uso da terra para toda a Amazônia e o Cerrado em dois momentos no tempo. Essa etapa também irá verificar qual grau de automação será dotado pela metodologia, de modo a considerar o nível de intervenção de interpretação humana após o processamento, de modo a corrigir erros e validar os resultados.

Quadro 116 – Ação 2 e atividades relacionadas

AÇÃO 2 – DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA DE MONITORAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA POR IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO	
Subatividade 2.1	Avaliação da disponibilidade e características técnicas da oferta de imagens de satélite com menos de 5 metros de resolução
Subatividade 2.2	Realizar mapeamento a partir de interpretação visual de alvos-chave
Subatividade 2.3	Desenvolver e validar metodologia de classificação automática supervisionada de imagens de satélite de alta resolução

Elaboração do autor.

Ação 3 e atividades relacionadas

Uma vez desenvolvida a metodologia de classificação automática de imagens de satélite em alta resolução, é necessário aplicar esse conhecimento científico no desenvolvimento de um sistema de monitoramento. Para tanto, foi definido um conjunto de seis atividades a serem realizadas. As subatividades 3.1, 3.2 e 3.3 concentram um objetivo comum, que consiste em traçar a estrutura técnica do sistema de monitoramento a ser desenvolvido, desde a definição da equipe técnica de desenvolvimento e manutenção do sistema até o detalhamento dos requisitos técnicos e do plano de sustentabilidade técnico-financeira

deste. As subatividades 3.4 a 3.6, por sua vez, implicam a implementação, a validação e o lançamento do sistema de monitoramento desenvolvido, respectivamente.

Enquanto os sistemas atualmente adotados pelo Brasil já são suficientes para o monitoramento eficaz do desmatamento, esse novo sistema será importante, pois permitirá ao país, até 2030, aproveitar as possibilidades tecnológicas oferecidas pelas imagens de alta resolução aplicadas principalmente ao monitoramento da restauração florestal e à AP.

Quadro 117 – Ação 3 e atividades relacionadas

AÇÃO 3 – DESENVOLVIMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO	
Subatividade 3.1	Definir equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema
Subatividade 3.2	Levantar requisitos técnicos detalhados do sistema de monitoramento
Subatividade 3.3	Elaborar plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema de monitoramento
Subatividade 3.4	Implementar sistema de monitoramento com geração de dados de frequência anual e cobertura de, no mínimo, Cerrado e Amazônia
Subatividade 3.5	Validar o sistema-piloto desenvolvido em <i>workshops</i> por bioma
Subatividade 3.6	Realizar o lançamento do sistema, com disponibilização de dados pela internet

Elaboração do autor.

Ação 4 e atividades relacionadas

Com base nos dados de uso e cobertura de terra provindos de imagens de alta resolução, realizados na atividade anterior, será desenvolvido um sistema de inteligência para apoiar a implementação do CF e a intensificação da agropecuária. Enquanto a Ação 3 irá fornecer um sistema de monitoramento, de modo a tornar as informações geradas por ele relevantes para a tomada de ação de agentes públicos e privados, será necessário agregar dados adicionais. No caso da implementação do CF, será preciso integrar os dados de desmatamento e, principalmente, de regeneração da vegetação, ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), de modo a permitir o monitoramento do cumprimento das etapas do PRA. Isso implica, por exemplo, implementar modelos espacialmente explícitos que avaliem as exigências do CF de recuperação de APPs no entorno de rios, levando em consideração a largura do curso d'água e o tamanho do imóvel (RA-JÃO *et al.*, 2020). Já no que concerne à intensificação

da agropecuária, o desenvolvimento de um sistema de inteligência territorial irá permitir a disseminação de informações relevantes para a implementação de práticas de AP para pequenos e médios produtores. Entre essas informações estão dados como o estado do desenvolvimento das culturas, a umidade do solo e outros parâmetros que podem ser obtidos por sensoriamento remoto.

As ações partilham do mesmo conjunto de atividades para seu desenvolvimento: as subatividades 4.1, 4.2 e 4.3 concentram um objetivo comum, que consiste em traçar a estrutura técnica do sistema de monitoramento a ser desenvolvido, desde a definição da equipe técnica de desenvolvimento e a manutenção do sistema até o detalhamento dos requisitos técnicos e do plano de sustentabilidade técnico-financeira deste. As subatividades 4.4 a 4.6, por sua vez, implicam a implementação, a validação e o lançamento do sistema.

Quadro 118 – Ação 4 e atividades relacionadas

AÇÃO 4 – DESENVOLVIMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INTELIGÊNCIA TERRITORIAL PARA APOIAR A IMPLEMENTAÇÃO DO CF E A INTENSIFICAÇÃO DA AGROPECUÁRIA	
Subatividade 4.1	Definir equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema
Subatividade 4.2	Levantar requisitos técnicos detalhados de apoio à implementação do CF
Subatividade 4.3	Elaborar plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema de inteligência territorial
Subatividade 4.4	Implementar sistema de apoio à adoção do CF e intensificação da agropecuária com cobertura de, no mínimo, Cerrado e Amazônia
Subatividade 4.5	Validar o sistema-piloto desenvolvido pela atividade em <i>workshops</i> com usuários-chave
Subatividade 4.6	Realizar o lançamento do sistema, com disponibilização de dados pela internet

Elaboração do autor.

Ação 5 e atividades relacionadas

O sucesso dos sistemas desenvolvidos nas ações anteriores depende de campanhas de capacitação e disseminação, tanto para agentes públicos quanto para agentes privados, como previsto pela Ação 5. Para tanto, foram delineadas quatro atividades para publicizar os sistemas e treinar potenciais usuários, as quais serão propostas em consonância ao plano de comunicação da ação (subatividade 1.2).

Primeiramente, serão desenvolvidos programas de treinamento presenciais e em EaD para o uso dos sistemas de monitoramento e apoio à implementação do CF e intensificação da agropecuária. Depois, esse programa de treinamento será oferecido para agentes multiplicadores da difusão do uso dos sistemas em quatro turmas de 30 alunos, com duração de um semestre

cada curso. Ao mesmo tempo, serão realizados eventos de divulgação e capacitação para uso dos sistemas (ferramentas EaD e *webinars*) em cada bioma brasileiro, e atividades de engajamento com os estados, de modo a incentivar a adoção dos sistemas por agências governamentais-chave em dez estados.

Por fim, destaca-se a importância de incorporar esse conhecimento gerado nos cursos de graduação da área de conhecimento de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias, sensibilizando universidades no sentido de revisar currículos por meio da elaboração e da divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em cursos superiores das áreas ambiental e agrícola.

Quadro 119 – Ação 5 e atividades relacionadas

AÇÃO 5 – CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DO USO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO E DE INTELIGÊNCIA TERRITORIAL PARA AGENTES PÚBLICOS E PRIVADOS	
Subatividade 5.1	Desenvolver programas de treinamento presenciais e em EaD para o uso dos sistemas de monitoramento e apoio à implementação do CF e a intensificação da agropecuária
Subatividade 5.2	Ministrar programas de capacitação com agentes multiplicadores da difusão do uso dos sistemas em quatro turmas de 30 alunos, com duração de um semestre cada curso
Subatividade 5.3	Realizar eventos de divulgação e capacitação para uso dos sistemas (ferramentas EaD e <i>webinars</i>) em cada bioma brasileiro
Subatividade 5.4	Incentivar a adoção dos sistemas por agências governamentais-chave em dez estados
Subatividade 5.5	Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas de sistemas de monitoramento em cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Elaboração do autor.

12.4. Identificação de stakeholders e determinação de prazos

Stakeholders a serem mobilizados para a implementação do PAT

Para cada uma das cinco ações, foram prospectados múltiplos atores (setores público e privado, ONGs, entre outros) que pudessem colaborar para a implementação da tecnologia de monitoramento por satélite.

Foram elencados atores que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia e cuja missão alinha-se aos propósitos do Plano. Entre os potenciais papéis, podem ser destacados: i) coordenação-geral (MCTI); ii) coordenação técnica (Inpe); iii) coordenação de fomento e captação de recursos (ME, Finep, Caixa e BNDES); iv) formalizar demandas de uso de dados do sistema de monitoramento e parceira técnica (Mapa, MMA, IBGE, DSG/EB, Embrapa, entre outros); v) apoio técnico (Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima, Centro Gestor e Ope-

racional do Sistema de Proteção da Amazônia – Censipam, pesquisadores convidados de universidades, entre outros); vi) (ONGs, CNA, Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente – Anamma, Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente – Abema, entre outras).

Especial destaque, em face da *expertise*, deve ser dado ao Inpe, tendo em vista a experiência de mais de 50 anos em toda a cadeia de valor relativa aos sistemas de monitoramento por satélite: do desenvolvimento do *hardware* ao uso dos dados em aplicações nas áreas ambientais e agrícolas. Desse modo, é recomendado que a coordenação técnica fique a cargo do Inpe, enquanto a coordenação-geral do PAT mantenha-se a cargo do MCTI.

Quadro 120 – Principais atores a serem envolvidos na implementação do PAT

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
MCTI	Tem como área de competência os seguintes assuntos: política nacional de telecomunicações, de pesquisa científica e tecnológica, informática e automação, entre outros. Possui ampla <i>expertise</i> em soluções de monitoramento por satélite, motivo pelo qual poderia exercer a coordenação-geral do PAT.
ME	Responsável pela formulação e pela execução da política econômica nacional e da administração financeira da União e por apoiar o processo de captação de recursos e parcerias com instituições financeiras para apoio ao PAT.
MMA	Tem como área de competência os seguintes assuntos: a) política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos; b) política de preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas e biodiversidade e florestas; c) proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais; d) políticas para a integração do meio ambiente e produção; e) políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e f) zoneamento ecológico-econômico. Poderia atuar na coordenação técnica relacionada à formalização da demanda de uso de dados do sistema de monitoramento para a implementação de políticas ambientais.
Mapa	Órgão responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e pela normatização de serviços vinculados ao setor. Busca integrar sob sua gestão os aspectos mercadológico, tecnológico, científico, ambiental e organizacional do setor produtivo, e, também, dos setores de abastecimento, armazenagem e transporte de safras, além da gestão da política econômica e financeira para o agronegócio. Poderia atuar na formalização das demandas de uso de dados do sistema de monitoramento para a implementação de políticas agropecuárias.
Inpe	Instituto de referência nacional e internacional nas áreas espacial e do ambiente terrestre que tem a missão de produzir ciência e tecnologia nestas áreas e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do país. Poderia atuar na coordenação técnica do PAT.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
Embrapa	Atua na viabilização de soluções de PD&I para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Poderia atuar como responsável por formalizar as demandas de uso de dados do sistema de monitoramento para a pesquisa agropecuária, bem como parceira técnica na execução de atividades do PAT.
BNDES	Principal instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira. Poderia atuar como agente financiador de atividades do PAT.
Finep	Agência de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas. Atua em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Poderia atuar como agente financiadora de atividades do PAT.
CNPq	Promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia. Poderia atuar no apoio ao fomento de atividades do PAT.
Embrapii	Apoio às instituições de pesquisa tecnológica para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial. Poderia atuar em atividades de fomento ao PAT.
IBGE	Principal provedor de dados e informações do país, que atendem às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil, bem como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal. Poderia colaborar na formalização das demandas de uso de dados do sistema de monitoramento para geração de estatísticas e dados socioeconômicos em nível federal.
DSG/EB	Órgão de apoio técnico-normativo do Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), incumbido de superintender, no âmbito do Exército, as atividades relacionadas às imagens, às informações geográficas e meteorológicas, à elaboração de produtos cartográficos, bem como ao suprimento e à manutenção do material técnico de sua gestão. Potencialmente, poderia colaborar na formalização das demandas de uso de dados do sistema e fornecer <i>expertise</i> sobre o uso de sensoriamento remoto para levantamentos cartográficos.
Censipam	Dentro de suas competências, atua, principalmente, nas seguintes áreas: meteorologia, climatologia e hidrologia; sensoriamento remoto; monitoramento ambiental e territorial; inteligência; e sistemas de informação, bancos de dados e rede de comunicação. De modo integrado, em suas diversas áreas, gera produtos e serviços de interesse estratégico para as instituições governamentais. Poderia atuar como parceiro técnico na execução de atividades do PAT.
Rede Clima	Tem como missão gerar e disseminar conhecimentos para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e pelos efeitos das mudanças climáticas globais. Poderia atuar como parceira técnica na execução de atividades do PAT.
SFB	Órgão responsável pela gestão das florestas públicas (cadastro e concessão florestal, manejo e monitoramento), desenvolvimento florestal sustentável (inventário, pesquisa e fomento florestal e Cadastro Ambiental Rural). Poderia atuar na formalização das demandas de uso de dados do sistema de monitoramento para a implementação do CF, assim como buscar a integração entre os sistemas desenvolvidos pelo PAT e o Sicar.
ANA	Entre as atribuições da Agência Nacional de Águas (ANA), destaca-se a responsabilidade de acompanhar a situação dos recursos hídricos do Brasil e coordenar informações como nível, vazão e sedimentos dos rios ou quantidade de chuva, que servem para planejar o uso da água e prevenir eventos críticos, como secas e inundações. Poderia atuar na formalização das demandas de uso de dados do sistema de monitoramento para a implementação de políticas hídricas.
ONGs	Monitoram a implementação do CF e, para isso, desenvolvem ferramentas e as disponibilizam para que seja possível acompanhar o real estabelecimento do Código. Por meio da sua Rede, também desenvolve pesquisas e promove o acesso de publicações de alto nível com análises sobre o tema. Público-alvo dos resultados, da capacitação e dos potenciais impulsionadores de ações de disseminação.

continua

continuação

ATORES	SÍNTESE DA MISSÃO E PAPÉIS DOS ATORES
AEB	A Agência Espacial Brasileira (AEB) é a instituição responsável por formular, coordenar e executar a Política Espacial Brasileira. Poderia apoiar tecnicamente a Ação 1.
CNA	Tem como missão representar, organizar e fortalecer os produtores rurais brasileiros. Defende, também, seus direitos e interesses, promovendo o desenvolvimento econômico e social do setor agropecuário. Público-alvo dos resultados, da capacitação e dos potenciais impulsionadores de ações de disseminação.
Empresas provedores de soluções de <i>software</i> e soluções tecnológicas	Poderiam atuar como parceiras técnicas na execução de atividades do PAT.
Organismos financeiros multilaterais	Poderiam atuar no apoio financeiro para implementação do PAT.
Anamma	Entidade civil, sem fins lucrativos ou vínculos partidários, representativa do poder municipal na área ambiental, com o objetivo de fortalecer os Sistemas Municipais de Meio Ambiente para implementação de políticas ambientais que venham a preservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Público-alvo dos resultados, da capacitação e dos potenciais impulsionadores de ações de disseminação.
Abema	Entidade civil, sem fins lucrativos ou vínculos partidários, representativa do poder municipal na área ambiental, com o objetivo de fortalecer os Sistemas Municipais de Meio Ambiente para implementação de políticas ambientais que venham a preservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Poderia atuar no Ação 1, representando o interesse dos Oemas, e como público-alvo dos resultados, da capacitação e dos potenciais impulsionadores de ações de disseminação.

Elaboração do autor.

Cronograma de ações e atividades

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos, tempo percebido como adequado e suficiente para a preparação técnica e financeira e a implementação das atividades visando ao desenvolvimento tecnológico do PAT de monitoramento por satélite.

Algumas atividades podem ocorrer sucessivamente ou concomitantemente a outras. Destaca-se que a suba-

tividade 1.5, realizada pelo Comitê, acontecerá ao longo de todo o desenvolvimento do Plano, uma vez que este irá validar/revisar os resultados das demais atividades.

Os últimos quatro semestres do Plano serão dedicados às subatividades 5.2 a 5.5, dado que estas terão objetivo de capacitar e disseminar os sistemas desenvolvidos em períodos anteriores.

Quadro 121 – Cronograma de implantação do PAT

SUBATIVIDADES	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO																	
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9	
	1 SMT	2 SMT	3 SMT	4 SMT	5 SMT	6 SMT	7 SMT	8 SMT	9 SMT	10 SMT	11 SMT	12 SMT	13 SMT	14 SMT	15 SMT	16 SMT	17 SMT	18 SMT
1.1	█	█																
1.2		█																
1.3		█																
1.4		█																
1.5			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
2.1		█																
2.2			█	█	█													
2.3						█	█	█										
3.1							█											
3.2								█										
3.3									█									
3.4									█	█	█	█						
3.5											█							
3.6													█					
4.1									█									
4.2										█								
4.3											█							
4.4												█	█	█				
4.5													█					
4.6															█			
5.1														█				
5.2															█	█	█	█
5.3															█	█	█	█
5.4															█	█	█	█
5.5															█	█	█	█

Elaboração do autor.

12.5. Custos de implementação e opções de financiamento do PAT

O custo total do Plano foi estimado em cerca de R\$ 193 milhões. Entre todas as ações e atividades, estima-se que, aproximadamente, 61% de todo o orçamento foi previsto para a implementação da Ação 3.

Vale notar que o item de maior custo é a aquisição de imagens de satélite de alta resolução com cobertura nacional. Como referência de custo, foi utilizado o contrato do MMA para a compra de imagens RapidEye de alta resolução

com cobertura nacional, realizado em 2012 a um custo de R\$ 87 milhões (BRASIL, 2016a). Porém, caso essas imagens com as características definidas pelas atividades estejam disponíveis gratuitamente ou a um custo inferior, será possível reduzir substancialmente os investimentos totais no projeto. Também seria relevante avaliar a possibilidade de investir esses recursos no apoio do desenvolvimento de satélites nacionais, estimulando, assim, também a indústria nacional e a transferência de tecnologia.

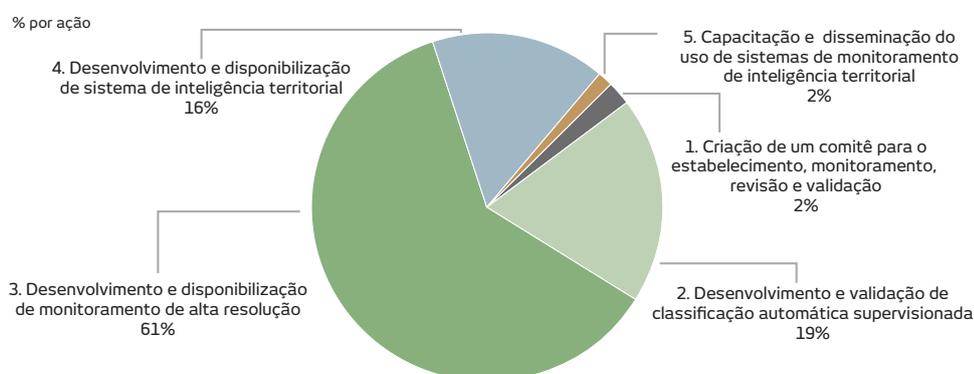
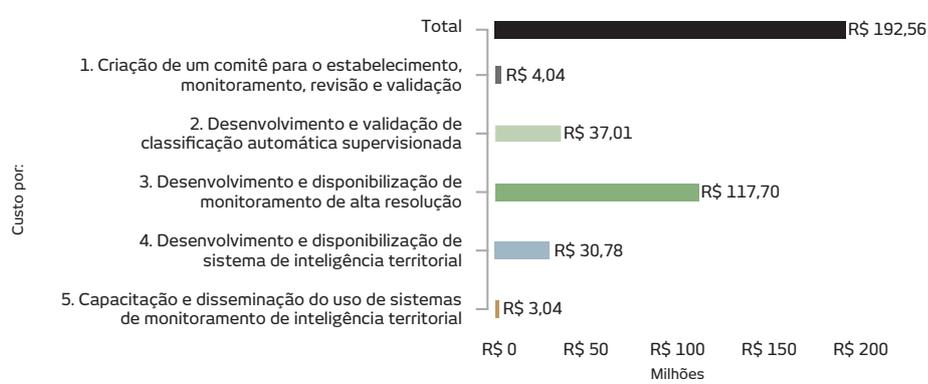


Figura 29 – Custo total e por ação, em milhões de reais e em porcentagem, do PAT de monitoramento por satélite
Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas.

Mais informações acerca dos mecanismos que contemplam o passo a passo para o preenchimento de propostas de projeto, assim como critérios de elegibilidade, taxa de juros, prazo e instituição de suporte, podem ser acessadas na publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b).

12.6. Plano de riscos e contingenciamento

Além das estimativas de recursos necessários, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Considerou-se as seguintes categorias de riscos: político, institucional, organizacional, técnico e de custos. Foram avaliados como “risco baixo” aqueles que possuem consequências pouco significativas; “risco médio” aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e “risco alto” aqueles possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Por fim, foram propostas ações de contingenciamento para evitar ou sobrepujar os riscos previstos.

Foram considerados alto os riscos associados às subatividades 2.3, 3.4 e 4.1. Para a primeira, há o risco de haver divergência entre especialistas quanto à classificação automática, dos métodos avaliados gerarem resultados abaixo das expectativas, atraso nas atividades prévias e falta de validação da metodologia. Por exemplo, especialistas podem discordar sobre os limites que definem uma área como sendo desmatada (vis-à-vis uma área com vegetação degradada) ou uma floresta secundária em estágio inicial (vis-à-vis um pasto sujo). Para superá-los, é importante exigir que as partes interessadas descrevam de forma detalhada os requisitos para harmonizá-los às expectativas, analisando a viabilidade destes em conjunto. Se necessário, reavaliar o processo de classificação, reduzindo

ou combinando classes que apresentem alto nível de incerteza na classificação automática. Estabelecer recurso de contingenciamento para eventuais revisões na classificação e convidar especialistas internacionais para auxiliar no processo de validação.

Já as subatividades 3.1 e 4.3 referem-se à definição de equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção dos sistemas de monitoramento e inteligência territorial aplicados ao CF e intensificação da agropecuária. Essas atividades foram classificadas como sendo de risco alto, pois pode ocorrer um conflito entre as instituições envolvidas no momento da definição da organização que será responsável pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema. Além disso, a contratação de mão de obra especializada é complexa e pode faltar uma coordenação técnica e articulação com o Comitê de Monitoramento por Satélite. Para mitigar esse risco, sugere-se estabelecer critério objetivo para a seleção da organização, com requisitos mínimos claros de capacidade institucional, reduzindo, desse modo, o risco de ingerência política. Também se deve articular apoio político de atores relevantes, de modo a evitar entraves significativos. Finalmente, é indicada a contratação de mão de obra em centros/instituições com ampla *expertise*, definindo plano de trabalho com validações pelo Comitê de Monitoramento e pelo coordenador técnico.

Quadro 122 – Riscos e ações de contingenciamento à implementação do PAT

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.1 Definir missão, objetivos e diretrizes organizacionais do Comitê	Risco institucional e risco organizacional	A falta de suporte executivo representa um risco nesta fase inicial, que requer uma participação mais intensa dos interessados. Há também o risco de as partes terem interesses conflituosos, por terem expectativas diferentes do projeto. Dificuldade de encontrar mão de obra qualidade para apoio técnico à Secretaria Executiva do Comitê.	Baixo	Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo de vida do projeto. Ademais, devem ser promovidas reuniões visando envolver atores com responsabilidades e <i>expertises</i> específicas para adoção das atividades. Contratar mão de obra com ampla <i>expertise</i> em sistemas de monitoramento. Validar missão, objetivo e diretrizes com especialistas.
1.2. Definir estratégia, plano de comunicação, modelos de atuação e atores	Risco institucional e risco organizacional	O planejamento de alto nível é baseado em premissas, as quais representam uma fonte de riscos durante a execução do projeto. Além disso, há o risco de não se identificar coordenadores e atores-chave capacitados para compor o Comitê e contribuir sob o ponto de vista técnico.	Baixo	O planejamento estratégico deve ser feito em detalhe para identificar premissas falhas, além de assegurar a identificação de atores comprometidos com o projeto. Deve ser realizado amplo mapeamento de <i>expertises</i> de atores para participação no Comitê. Adicionalmente, deve ser estabelecida uma equipe técnica permanente de apoio ao Comitê, com ampla <i>expertise</i> na área.
1.3. Estabelecer critérios técnicos e diretrizes para a harmonização de sistemas de monitoramento	Risco institucional, risco técnico e risco político	Há o risco de as partes terem interesses conflituosos, por terem expectativas diferentes do projeto. Também as partes tendem a defender os próprios sistemas independentemente das vantagens relativas dos outros sistemas e da necessidade de evitar duplicação de esforços.	Médio	Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder. A parte técnica também pode ser fortalecida, com a contratação de especialistas por parte da Secretaria Executiva do Comitê, de modo a garantir a qualidade das decisões. Envolver atores políticos de alto nível (secretários e/ou ministros), de modo a garantir legitimidade e apoio político às decisões.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
1.4 Definir estrutura física, recursos disponíveis, equipe permanente e equipe de apoio ao Comitê	Risco organizacional e risco técnico	Requisitos inconsistentes e conflitantes são riscos esperados quando se trabalha com diferentes organizações. As partes tendem a concentrar-se apenas em uma parte do produto, e a ideia do produto final não é clara. Além disso, a ausência de uma estrutura de divisão de trabalho representa outro risco desta etapa do projeto. Adicionalmente, tem-se o risco de não identificar mão de obra qualificada para execução da atividade.	Baixo	Exigir que as partes interessadas descrevam totalmente os requisitos de interesses para harmonizá-los às expectativas, analisando a viabilidade destes em conjunto. Assegurar que a estrutura de divisão de trabalho e dos processos tenha uma posição central nesta etapa. Por fim, contratar pessoal junto a centros de excelência em pesquisa com experiência comprovada em monitoramento por satélite ou áreas afins.
1.5 Monitoramento, revisão e processo decisório de validação dos critérios técnicos, das diretrizes e dos resultados das ações para a harmonização de sistemas de monitoramento por satélite e de uso e cobertura da terra	Risco organizacional e risco técnico	Requisitos inconsistentes e conflitantes são riscos esperados quando se trabalha com diferentes organizações. As partes tendem a concentrar-se apenas em uma parte do produto, e a ideia do produto final não é clara. Além disso, existe o risco de que as diretrizes estabelecidas na subatividade 1.3 não consigam ser implementadas por falta de recurso e adesão do corpo técnico. Finalmente, atraso na validação e falta de monitoramento podem afetar o alcance dos objetivos do plano de ação.	Médio	Exigir que as partes interessadas descrevam totalmente os requisitos de interesses para harmonizá-los às expectativas, analisando a viabilidade destes em conjunto. Assegurar que a estrutura de divisão de trabalho e dos processos tenha uma posição central nesta etapa. Garantir, contratualmente, o estabelecimento de funções e o cumprimento de prazos da equipe técnica de suporte à Secretaria Executiva. Validar os diferentes produtos por meio de <i>workshops</i> com atores do Comitê.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
2.1 Avaliação da disponibilidade e características técnicas da oferta de imagens de satélite com menos de 5 metros de resolução	Risco organizacional, risco institucional e risco técnico	Acesso à informação e a dados pode ser um risco. Além disso, a disponibilidade de imagens pode ser baixa. Também existem incertezas sobre a disponibilidade de imagens, visto os riscos inerentes ao desenvolvimento e ao lançamento de satélites. Devem ser considerados, também, fatores geopolíticos, com o risco de depender de imagens de satélites estrangeiros. Finalmente, é altamente complexa a contratação de <i>expertises</i> em face do tamanho necessário de equipe técnica. Falta de coordenação da atividade.	Médio	Assegurar o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações. Estabelecer ACTs para acesso a dados. Avaliar a necessidade de desenvolver e lançar satélites brasileiros com sensores de alta resolução. Contratar equipe com <i>expertise</i> em centros de pesquisa de excelência. Garantir supervisão do Comitê e contratar coordenador técnico da equipe.
2.2. Realizar mapeamento a partir de interpretação visual de alvos-chave	Risco técnico e risco organizacional	Complexidades da interpretação das imagens pode gerar incoerências no mapeamento. Atraso na realização das atividades.	Baixo	Estabelecer testes de habilidade para avaliar a equipe, treinamento e designar os membros da equipe para as tarefas mais apropriadas. Revisão dos resultados da atividade pela coordenação técnica. Acompanhamento e estabelecimento de metas semanais para a equipe.
2.3. Desenvolver e validar metodologia de classificação automática supervisionada de imagens de satélite de alta resolução	Risco técnico	A divergência entre especialistas quanto à classificação automática é um risco. Métodos avaliados podem gerar resultados abaixo das expectativas. Atraso nas subatividades 2.1 e 2.2. Falta de validação da metodologia.	Alto	Exigir que as partes interessadas descrevam de forma detalhada os requisitos para harmonizá-los às expectativas, analisando a viabilidade destes em conjunto. Se necessário, reavaliar o processo de classificação, reduzindo ou combinando classes que apresentem alto nível de incerteza na classificação automática. Estabelecer recurso de contingenciamento para eventuais revisões na classificação. Convidar especialistas internacionais para auxiliar no processo de validação.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.1 Definir equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema	Risco político, risco organizacional e risco institucional	Pode ocorrer um conflito entre as instituições envolvidas no momento da definição da organização que será responsável pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema. A contratação de mão de obra especializada é complexa. Falta de coordenação técnica e articulação com o Comitê de Monitoramento por Satélite. Falta de apoio institucional para desenvolvimento da ferramenta.	Alto	Estabelecer critério objetivo para a seleção da organização, com requisitos mínimos claros de capacidade institucional. Estabelecer, no contrato de financiamento do sistema, a necessidade de se definir tal instituição com base em critérios técnicos. Articular apoio político de atores relevantes. Contratar mão de obra em centros/ instituições com ampla <i>expertise</i> , definindo plano de trabalho com validações pelo Comitê de Monitorando e pelo coordenador técnico.
3.2 Levantar requisitos técnicos detalhados do sistema de monitoramento	Risco institucional e risco organizacional	Falta de apoio institucional. Além disso, objetivos mal definidos e apenas uma vaga ideia dos resultados do desafio tecnológico são um risco nessa etapa.	Médio	Desenvolver objetivos detalhados do desafio tecnológico antes do lançamento. Dedicar equipe para responder a dúvidas e criar protótipos do produto final. Capacidade de readequar orçamento e ambições do projeto.
3.3 Elaborar plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema de monitoramento	Risco político e risco técnico	Falta de sustentabilidade técnica e financeira da plataforma após a conclusão do plano de ação. Falta de interesse institucional em adotar o sistema.	Baixo	Deve ser elaborado um plano que possibilite a sustentabilidade técnica e financeira do sistema. Contratar empresa que mapeie fontes potenciais de financiamento e proponho um plano técnico de incorporação institucional do sistema.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
3.4 Implementar sistema de monitoramento com geração de dados de frequência anual e cobertura de, no mínimo, Cerrado e Amazônia	Risco de organizacional. Risco técnico e risco de custo	Objetivos mal definidos. Baixa percepção dos resultados do desafio tecnológico. Alto custo de implementação.	Médio	Garantir flexibilidade na gestão, para que o projeto seja uma plataforma de diferentes ambições e objetivos. Garantir representatividade e autoridade dos gestores do sistema, criando estratégias para atender ao interesse do mercado. Garantir a contratação do sistema na implementação e com apoio do Comitê de Monitoramento.
3.5 Validar o sistema-piloto desenvolvido em <i>workshops</i> por bioma	Risco institucional e risco técnico	Falta de apoio dos atores-chave no processo de validação. Dificuldades técnicas em representar as demandas dos usuários e modificar as especificações do sistema de modo satisfatório.		Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo de vida do projeto. Utilizar melhores práticas de engenharia de <i>software</i> para o registro dos requisitos técnicos e teste do piloto. Validar o sistema com especialistas externos à equipe do projeto e com o Comitê de Monitoramento.
3.6 Realizar o lançamento do sistema, com disponibilização de dados pela internet	Risco institucional, risco organizacional e risco político	Falta de suporte executivo e compromisso dos superiores representa um risco nesta fase. Falta de interesse no sistema. Há também o risco de as partes terem interesses conflituosos, por depositarem expectativas diferentes no projeto. Ademais, processos ineficientes de coleta e sistematização da informação do projeto, sobretudo para a elaboração de indicadores e metas de desempenho, são um risco desta etapa.		Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo de vida do projeto. Garantir o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações. Implementar o plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema. Transferência da plataforma por meio de ACT para instituição federal de pesquisa. Disseminar amplamente o sistema, iniciando por evento de lançamento.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.1 Definir equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema	Risco político, risco organizacional e risco institucional	Pode ocorrer conflito entre as instituições envolvidas no momento da definição da organização que será responsável pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema. A contratação de mão de obra especializada é complexa. Falta de coordenação técnica e articulação com o Comitê de Monitoramento por Satélite. Falta de apoio institucional para desenvolvimento da ferramenta.	Alto	Estabelecer critério objetivo para a seleção da organização, com requisitos mínimos claros de capacidade institucional. Estabelecer, no contrato de financiamento do sistema, a necessidade de se definir tal instituição com base em critérios técnicos. Articular apoio político de atores relevantes. Contratar mão de obra em centros/ instituições com ampla <i>expertise</i> , definindo plano de trabalho com validações pelo Comitê de Monitorando e pelo coordenador técnico.
4.2 Levantar requisitos técnicos detalhados de apoio à implementação do CF	Risco institucional e risco organizacional	Falta de apoio institucional. Além disso, objetivos mal definidos e apenas uma vaga ideia dos resultados do desafio tecnológico são um risco nessa etapa.	Médio	Desenvolver objetivos detalhados do desafio tecnológico antes do lançamento. Dedicar equipe para responder a dúvidas e criar protótipos do produto final. Capacidade de readequar orçamento e ambições do projeto.
4.3 Elaborar plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema de inteligência territorial	Risco político e risco técnico	Falta de sustentabilidade técnica e financeira da plataforma após a conclusão do plano de ação. Falta de interesse institucional em adotar o sistema.	Baixo	Deve ser elaborado um plano que possibilite a sustentabilidade técnica e financeira do sistema. Contratar empresa que mapeie fontes potenciais de financiamento e proponha um plano técnico de incorporação institucional do sistema.
4.4 Implementar sistema de apoio à adoção do CF e intensificação da agropecuária com cobertura de, no mínimo, Cerrado e Amazônia	Risco de organizacional. Risco técnico e risco de custo	Objetivos mal definidos. Baixa percepção dos resultados do desafio tecnológico. Alto custo de implementação.	Médio	Garantir flexibilidade na gestão, para que o projeto seja uma plataforma de diferentes ambições e objetivos. Garantir representatividade e autoridade dos gestores do sistema, criando estratégias para atender ao interesse do mercado. Garantir a contratação do sistema na implementação e com apoio do Comitê de Monitoramento.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
4.5 Validar o sistema-piloto desenvolvido pela atividade em <i>workshops</i> com usuários-chave	Risco institucional e risco técnico	Falta de apoio dos atores-chave no processo de validação. Dificuldades técnicas em representar as demandas dos usuários e modificar as especificações do sistema de modo satisfatório.	Médio	Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo de vida do projeto. Utilizar melhores práticas de engenharia de <i>software</i> para o registro dos requisitos técnicos e teste do piloto. Validar o sistema com especialistas externos à equipe do projeto e com o Comitê de Monitoramento.
4.6 Realizar o lançamento do sistema, com disponibilização de dados pela internet	Risco institucional, risco organizacional e risco político	Falta de suporte executivo e compromisso dos superiores representa um risco nesta fase. Falta de interesse no sistema. Há também o risco de as partes terem interesses conflituosos, por depositarem expectativas diferentes no projeto. Ademais, processos ineficientes de coleta e sistematização da informação do projeto, sobretudo para a elaboração de indicadores e metas de desempenho, são um risco desta etapa.	Médio	Trabalhar com métodos de gestão de projetos que visam harmonizar os objetivos pessoais de cada representante e que trabalhem o equilíbrio de poder durante o ciclo de vida do projeto. Garantir o melhor método de comunicação, canais e protocolos para compartilhar informações. Implementar o plano de sustentabilidade técnico-financeira do sistema. Transferência da plataforma por meio de ACT para instituição federal de pesquisa. Disseminar amplamente o sistema, iniciando por evento de lançamento.
5.1 Desenvolver programas de treinamento presenciais e em EaD para o uso dos sistemas de monitoramento e apoio à implementação do CF e intensificação da agropecuária	Risco técnico	Risco relacionado à qualidade dos programas de treinamento. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	A verificação do material deve ser realizada pela equipe técnica das atividades anteriores.

continua

continuação

SUBATIVIDADES	PLANO DE RISCOS E CONTINGENCIAMENTO			
	Categoria de risco	Descrição do risco	Avaliação do risco	Ações de contingenciamento
5.2 Ministar programas de capacitação com agentes multiplicadores da difusão do uso dos sistemas em quatro turmas de 30 alunos, com duração de um semestre cada curso	Risco técnico e risco organizacional	Risco relacionado à qualidade dos programas de capacitação. Objetivos do programa e resultados a serem obtidos mal definidos também são possíveis riscos. Falta de adesão de alunos.	Baixo	Simplificar tópicos complexos com infográficos ou outros recursos visuais. Realizar reuniões regularmente, permitindo a participação aberta e ampla, para que uma solução relevante seja fornecida. Divulgação ampla do curso, preferencialmente por profissional de imprensa contratado e abrangendo mídias digitais. Idealmente, professores que compuseram a equipe técnica das atividades anteriores devem ministrar os programas de capacitação.
5.3 Realizar eventos de divulgação e capacitação para uso dos sistemas (ferramentas EaD e <i>webinars</i>) em cada bioma brasileiro				
5.4 Incentivar a adoção dos sistemas por agências governamentais-chave em dez estados	Risco político e risco organizacional	Falta de apoio para adoção da tecnologia. Baixo comparecimento aos eventos.	Médio	Garantir flexibilidade no uso sistema para que o projeto seja uma plataforma de diferentes ambições e objetivos, destacando seus benefícios. Fazer divulgação ampla dos eventos, por meio de mídias digitais.
5.5 Elaboração e divulgação de diretrizes para o desenvolvimento de disciplinas eletivas de sistemas de monitoramento em cursos superiores de Ciências Exatas e da Terra e de Engenharias	Risco institucional e risco organizacional	Falta de engajamento de professores não habituados ao uso de recursos didáticos digitais. Dificuldade de compreensão da proposta didática. Dificuldade em contratar mão de obra especializada.	Baixo	Capacitação prévia de docentes que farão a proposta na área e resultados do projeto. Identificação de pesquisadores já atuantes nas instituições de ensino e incentivo para que eles apresentem propostas de disciplina para os programas de graduação e pós-graduação. Fornecimento de bolsas de pós-doutorado em sensoriamento remoto com obrigação de lecionar disciplina na área.

Elaboração do autor.

13.

Próximos Passos



13. PRÓXIMOS PASSOS

Após a conclusão dos PATs, foram desenvolvidas ações com vistas a potencializar a implementação de projetos para difusão e desenvolvimento das tecnologias priorizadas. Compreende-se que o envolvimento dos setores privado, público e de financiamento, bem como agências de cooperação, em sinergia, é fundamental para o alavancar o desenvolvimento sustentável baseado nas tecnologias mitigadoras emissões.

Entre os meses de outubro e dezembro de 2020, a Direção Nacional (DN) do projeto TNA_BRAZIL realizou o ciclo de webinários “Como as tecnologias de baixo carbono podem contribuir para o desenvolvimento sustentável”. Foram realizados sete eventos, sendo que a abertura do ciclo foi realizada pelo Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação, Marcos Cesar Pontes (MCTI, 2020j; 2020k). Durante as reuniões, a DN e especialistas convidados apresentaram os PATs, tendo como objetivo de alavancar o desenvolvimento e a difusão de tecnologias e setores priorizados pelo projeto. Os webinários contaram com ampla cobertura da assessoria de imprensa do MCTI, sendo amplamente divulgados por meio de notícias e vídeos disponibilizados no site e canal do MCTI no YouTube (MCTI, 2020c-2020i).

Durante o processo de validação dos planos com atores das CS e CTC, foi ressaltada a necessidade de aprimorar a cooperação e aumentar o apoio nacional e internacional, com maior participação do setor privado, para garantir o acesso a recursos financeiros para o desenvolvimento e implantação das tecnologias priorizadas. Além disso, para garantir sustentabilidade às ações, revelou-se como primordial a execução de ações de disseminação dos resultados dos Planos, bem como focadas na formação de capacidades para implementar e monitorar os resultados, particularmente das iniciativas piloto, após a sua implementação. Nesse sentido, o projeto TNA_BRAZIL desenvolveu atividades de capacitação e de disseminação dos Planos e em aces-

so a financiamento nacional e internacional. Para tanto, foram realizados seminários nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil para apoio à adoção dos PATs, bem como webinário focado em subsídios para financiamento nas tecnologias priorizadas pelo projeto TNA_BRAZIL”.

Diante da compreensão que o financiamento é uma questão crucial para a adoção dos Planos, foram elaboradas e disponibilizadas a publicação “Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL” e o “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL” (BRASIL, 2021a; 2021b). Estes instrumentos fornecem inúmeros subsídios para o acesso a financiamento em modalidades de créditos disponíveis em âmbito nacional e internacional. Mais do que isso, apontam o roteiro a ser seguido para a elaboração de boas propostas de projeto, segundo as diferentes características dos mecanismos de crédito mapeados.

Com vistas a avançar no desenvolvimento de projetos baseados nos PATs, são apresentadas a seguir seis ideias de projetos que agregam planos por afinidade de escopo e ambição. De antemão, cumpre ressaltar que a divulgação destas ideias de projeto foi priorizada pela DN do projeto TNA_BRAZIL, tendo sido objeto de apresentações a inúmeros atores do setor privado, agências de financiamento e a agências de cooperação internacional, tais como a Financiadora de Estudos de Projetos (Finep); a Agência Brasileira de Desenvolvimento (ABDE); e a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO).

Propõem-se ideias não exaustivas de projetos, considerando subsídios dos PATs. Assim, compreende-se que atores interessados podem formular outras propostas, baseando-se na ambição e escopo dos Planos.

13.1. Agricultura de Precisão e Indústria 4.0

Para os setores da agricultura e indústria, os PATs objetivam a criação de redes de tecnologia com vistas a democratizar acesso à agricultura de precisão e fomentar tecnologias da indústria 4.0. A ideia é ampliar, por meio de projetos piloto, o acesso à agricultura de precisão por pequenos e médios produtores rurais e aplicar sistemas de produção industrial 4.0 baseados em automação, digitalização e reprocessamento de materiais.

Em sinergia e agregando objetivos dos referidos Planos, propõe-se por meio de parceria de atores do setor público e privado, a criação da Rede de Tecnologias 4.0. Uma vez criada institucionalmente, a Rede deve apoiar

a constituição de *startups* para fomentar o desenvolvimento das tecnologias ao nível de setores focais (cidades, indústria, saúde e agricultura). A etapa seguinte prevê a constituição das parcerias necessárias para aplicação de oito projetos pilotos demonstrativos (2 por setor) de soluções tecnológicas 4.0 até 2030, em conformidade com a estrutura de custos e segmentação constantes nos planos de ação da agricultura de precisão e indústria 4.0. Concomitantemente à execução, reporte, verificação e divulgação dos resultados das iniciativas piloto, devem ser realizadas atividades de capacitação para uso e manutenção das tecnologias desenvolvidas.



Figura 30 – Rede Brasileira de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias 4.0 (Rede 4.0)

Elaboração do autor.

Conforme pode ser verificado no quadro a seguir, o projeto tem benefícios ambientais, econômicos, sociais e

de saúde pública. O custo é de R\$ 33,6 milhões, podendo ser implementado em nove anos.

Quadro 123 – Ideia de projeto desenvolvimento de tecnologias 4.0 em cidades, agricultura, indústria e saúde

PROJETO 1	REDE BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EM ECONOMIA CIRCULAR E TECNOLOGIAS 4.0 (REDE 4.0)
Tecnologias	Armazenamento de energia; Computação em borda; Computação em névoa; Computação em nuvem; Computação máquina-a-máquina; Comunicações avançadas 5G; Gêmeos digitais; Geolocalização; Georreferenciamento; Sensores inteligentes; Inteligência artificial; Internet das Coisas; Manutenção aditiva e preditiva; Materiais avançados; Nanotecnologia e robótica avançada
Escopo	Indústria; Cidades; Agricultura; Saúde
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Criação, gestão e MR&V da Rede de Tecnologias 4.0 • Desenvolvimento e aplicação de oito projetos demonstrativos • Oferta de cursos de capacitação em tecnologias 4.0 • Promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas em tecnologias 4.0
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Ganho de competitividade da indústria nacional • Aumento na produtividade do trabalho • Redução no consumo de energia e recursos naturais • Redução nos gastos com saúde pública • Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais • Redução na disposição de resíduos industriais e agrícolas • Demonstração das tecnologias 4.0 em ambiente operacional (TRL 7) • Controle de epidemias • Criação de novas atividades e profissões na indústria
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Associações representativas dos setores • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Associações de classe • Empresas • Prestadores de serviços
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	33,6 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para implementação das iniciativas piloto. Transferência das tecnologias ao final do projeto. Atividades de capacitação, gestão e promoção das tecnologias 4.0 com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica.

Elaboração do autor.

13.2. Veículos Híbridos Flex e Veículos Elétricos a Pilha Combustível a Etanol

Para o setor de transportes, se propôs a construção e teste de protótipo embarcado em veículos elétricos com a tecnologia de pilha combustível a etanol, assim como a aplicação híbrida flex de motorização em ônibus convencionais. Neste caso, os dois planos buscam desenvolver conteúdo tecnológico nacional e são alternativas à tendência de crescimento de frota veicular puramente elétrica, que garantem a geração de emprego e renda nos setores sucroenergético e automobilístico.

Uma forma de viabilizar conjuntamente e dar escala às tecnologias é a constituição de um Sistema Integrador de Tecnologias Inovadoras de Transportes (SIT). Por meio de parceria público-privada, o SIT visa produzir os kits de hibridização de motores híbridos flex para ônibus,

assim como testar e produzir, segundo diferentes condições de circulação em áreas urbanas do país, o sistema-piloto completo tipo cabeça de série de pilha combustível a etanol. Em seguida, deve ser realizada a aplicação piloto das tecnologias em veículos novos e por substituição de motores de combustão interna (*retrofitting*). Nesta fase, prevê-se a aplicação piloto em uma frota de 300 veículos, sendo 50 automóveis equipados com pilha combustível a etanol, e 250 ônibus em *retrofitting* por motores híbridos flex. Toda operação deve ser monitorada e reportada ao SIT, que uma vez que tenha concluído a etapa-piloto deverá patentear a transferir o conteúdo tecnológico para uso de montadoras e concessionárias de ônibus parceiras, assim permitindo a sua aplicação comercial.



Figura 31 – Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes

Elaboração do autor.

O projeto tem benefícios ambientais, econômicos, sociais e tecnológicos, garantindo país posição de vanguarda no desenvolvimento tecnológico de veículos

flex elétrico a pilha combustível. O custo do projeto é de R\$ 134,8 milhões, com período de implementado de nove anos.

Quadro 124 – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes

PROJETO 2	SISTEMA INTEGRADOR DE TECNOLOGIAS (SIT) INOVADORAS DE TRANSPORTES
Tecnologias	Kits de hibridização de motores híbridos flex; sistema-piloto completo tipo cabeça de série de pilha combustível a etanol
Escopo	Transportes; Cidades
Âmbito de aplicação	Aplicação regional do SIT para o modal rodoviário, com comercialização das tecnologias por montadoras em âmbito nacional e internacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Constituição do SIT de transportes para criação e instalação de kits de hibridização e piloto cabeça de série de pilha combustível a etanol • Produção dos kits de hibridização e piloto cabeça de série de pilha combustível a etanol • Seleção das características da frota e locais de interesse da aplicação piloto • Capacitação para operação e manutenção das aplicações piloto • Aplicação-piloto dos kits de hibridização em 250 ônibus (<i>refrofitting</i>) e pilha combustível a etanol em 50 automóveis • Monitoramento e reporte de resultados dos pilotos para o SIT • Patenteamento e transferência das tecnologias para uso por montadoras e concessionárias de ônibus parceiras
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Ganhos de eficiência em relação ao motor de combustão interna • Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais • Manutenção de empregos e renda no setor sucroenergético • Alto poder de penetração em grandes centros urbanos, com nichos de mercado • Redução dos gastos com saúde pública • Desenvolvimento de conteúdo local tecnológico, incluindo veículos elétricos flex a pilha combustível • Criação de novas atividades e profissões na indústria automotiva e concessionárias de ônibus
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Associações representativas dos setores • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Associações de classe • Institutos de patentes e de aferição de qualidade de componentes • Empresas do setor automobilístico e concessionárias de ônibus • Incubadoras de empresas
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	134,8 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para montagem e instalação dos kits de hibridização e piloto tipo cabeça de série de pilha combustível a etanol. Transferência das tecnologias ao final do projeto para montadoras e concessionárias de ônibus. Demais atividades do projeto com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica.

Elaboração do autor.

13.3. Silvicultura e Melhoramento Genético de Nativas e Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração

Os planos propuseram ações de melhoramento genético e plantios mistos na cadeia florestal para apoiar a restauração e plantios comerciais. As ações e atividades fornecem subsídios para alavancar investimentos visando a recomposição e restauração ambiental e, simultaneamente, apoiam a Iniciativa Regenera Brasil, conduzida pelo MCTI, cujo objetivo é contribuir com a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a inovação para a geração de diretrizes que promovam a recuperação efetiva dos ecossistemas nativos brasileiros.

Nesse contexto, propõe-se projeto que visa estabelecer uma rede para o desenvolvimento de tecnologias em apoio à restauração e recomposição dos biomas brasileiros. Inicialmente, deve-se criar a rede, que fica responsável por toda estruturação de ações e atividades, para o que parte da captação de recursos visando garantir a sustentabilidade do projeto. Em seguida, devem ser estruturados 40 viveiros de sementes e mudas de exóticas e nativas, equanimemente distribuídos nos

biomas da Amazônia, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. A partir da produção das sementes e mudas, devem ser implantados e monitorados pela Rede, em um período de mínimo de 4 anos, cultivos em escala pré-comercial de exóticas e nativas de interesse. Trata-se de implantar 40 unidades piloto demonstrativas de plantios mistos de exóticas e nativas para restauração. Uma vez atestada a viabilidade técnica e econômica dos cultivos, devem ser patenteadas, assim ficando aptas para comercialização, as mudas e sementes desenvolvidas.

Todas as etapas citadas demandam investimento, havendo retorno econômico somente em longo prazo a partir da comercialização de mudas, viveiros e da madeira oriundo dos cultivos. Em face do potencial de restauração ambiental, contudo, a partir da implantação comercial das espécies pode-se submeter projetos para pagamento por serviços ambientais, que pode se constituir em fonte de alavancagem de recursos para disseminação em larga escala das espécies florestais exóticas e nativas.



Figura 32 – Rede de Tecnologias de Apoio à Restauração e Recomposição de Biomas

Elaboração do autor.

Conforme pode ser verificado no quadro a seguir, o projeto tem relevantes benefícios ambientais, em face do potencial de restauração e recomposição vegetal, bem como conservação da biodiversidade. O projeto tem um custo estimado em cerca R\$ 60 milhões, podendo ser

implementado em nove anos. Contudo, cumpre destacar que a obtenção de receitas por resultados ambientais somente ocorrerá em longo prazo, tendo em vista o prazo de maturidade das unidades demonstrativas de plantios mistos de exóticas e nativas.

Quadro 125 – Ideia de projeto para desenvolvimento e aplicação de espécies exóticas e nativas

PROJETO 3	REDE DE TECNOLOGIAS DE APOIO À RESTAURAÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DE BIOMAS
Tecnologias	Melhoramento genético de espécies arbóreas (testes combinados de procedência/progênesis); viveiros de sementes e mudas de exóticas e nativas; cultivos de exóticas e nativas para biomás; plantios mistos de exóticas e nativas para restauração
Escopo	Florestas
Âmbito de aplicação	Biomás brasileiros
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Criação, gestão e MR&V dos viveiros e unidades piloto demonstrativas da Rede • Alavancagem de recursos em fundos nacionais e internacionais • Estruturação estudos de produção de mudas e sementes em 40 viveiros • Implantação de programas de nutrição mineral de mudas nos viveiros e árvores no campo • Implementação em campo (comercial) das espécies exóticas e nativas • Patenteamento das espécies exóticas e nativas eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório • Comercialização das espécies exóticas e nativas • Elaboração e submissão de projetos para pagamento por serviços ambientais das unidades demonstrativas • Elaboração de plataforma para disseminação dos resultados do projeto • Condução de planos de extensão e capacitação para cultivo das espécies exóticas e nativas
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Recomposição e restauração florestal • Conservação da biodiversidade • Expansão da área plantada de espécies exóticas e nativas • Mitigação de emissões de GEE • Geração de emprego e renda na cadeia florestal • Demonstração comercial das espécies nativas obtidas por meio de melhoramento genético • Atendimento à regulamentação do PRA
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Associações e cooperativas de produtores • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Institutos florestais e órgãos de meio ambiente estaduais • Empresas do setor florestal • Empresas de ATER • Prestadores de serviços em capacitação rural
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	59,5 milhões
Modelo de negócios	Projeto em parceria com financiadores internacionais e nacionais, por meio das modalidades de recursos não reembolsáveis e assistência. Em face do potencial de pagamento por serviços ambientais, pode-se também adotar o modelo de parceria público-privada.

Elaboração do autor.

13.4. Solar Fotovoltaica Flutuante e Materiais Inovadores para Cimento

No caso dos setores energético e de cimento, os PATs tratam a difusão da geração solar fotovoltaica em reservatórios de usinas hidrelétricas e o desenvolvimento de novos tipos de cimentos com baixo teor de clínquer. No caso do setor energético, o ponto de partida é a elaboração de um inventário nacional do potencial da energia solar flutuante. Em termos de materiais inovadores para a produção de cimento o objetivo é comprovar, até 2030, a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um cimento com teor de clínquer igual ou inferior a 50%, complementado com outras matérias-primas abundantes e de baixo custo.

Importante projeto que pode ser desenvolvido em paralelo às ações e atividades constantes nos PATs do projeto TNA_BRAZIL, objetiva a elaboração e disponibilização de plataforma para disseminação de tecnologias sustentáveis (Inova Sustentável), como é o caso dos painéis fotovoltaicos flutuantes e cimento inovador com baixo teor de clínquer. O ponto de partida é o *design* e a captação de recursos, que pode ocorrer em mecanismos nacionais e internacionais na modalidade de recursos não reembolsáveis e assistência técnica, para elaboração da plataforma. Em seguida, deve-se validar a estrutura da plataforma com desenvolvedores de tecnologia, visando a identificação da viabilidade técnica e eventuais ajustes de *design*. Em pa-

ralelo à elaboração da ferramenta, devem ocorrer ações de capacitação visando ao uso e atualização da base de dados pelo setor público e privado. A partir da disponibilização da plataforma, deve ser elaborado sistema de monitoramento, reporte e verificação (MR&V) da adoção de soluções tecnológicas baseadas na mesma. Neste sentido, é importante que a ferramenta seja interativa e aberta, ou seja, permita que o público-alvo, que envolve fornecedores e usuários das tecnologias, possa alimentar a base de dados com vistas a atualizar os parâmetros técnico-econômicos das tecnologias, bem como reportar casos de sucesso e lições aprendidas com a aplicação das mesmas. Uma vez que a plataforma seja disponibilizada, devem ocorrer atividades de disseminação, em âmbito nacional e internacional, acerca da implementação de tecnologias sustentáveis tendo a ferramenta como subsídio. Neste caso, prevê-se a elaboração de conteúdo digital e a publicação de trabalhos científicos em periódicos nacionais e internacionais, além de outras atividades previstas em plano de comunicação a ser elaborado para disseminação da plataforma. Ao final do projeto deve-se transferir, por meio de acordo de cooperação técnica, a plataforma para instituição com notório saber na área de tecnologias sustentáveis. Idealmente, um centro de pesquisa em tecnologias de governo, como institutos nacionais de pesquisa e tecnologia.



Figura 33 – Plataforma para Disseminação de Inovações em Tecnologias Sustentáveis (Inova Sustentável)

Elaboração do autor.

O projeto tem benefícios ambientais, econômicos, sociais e ecossistêmicos. O custo de adoção é relativamente baixo,

considerando o potencial de impulsionar, transversalmente, a adoção das tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL.

Quadro 126 – Ideia de projeto desenvolvimento de plataforma voltada a impulsionar a aplicação de tecnologias sustentáveis baseadas nos PATs

PROJETO 4	PLATAFORMA PARA DISSEMINAÇÃO DE INOVAÇÕES EM TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS (INOVA SUSTENTÁVEL)
Tecnologias	Painéis solares fotovoltaicos flutuantes; Materiais inovadores para cimento; Armazenamento de energia; Concentradores solares fotovoltaicos; Motores híbridos flex; Motores elétricos a pilha combustível a etanol; Biodigestores; Fogões solares fotovoltaicos; Medidores inteligentes para distribuição de eletricidade; Sincrofasores; Sistemas de monitoramento por satélite; Sistemas de inteligência territorial; Computação em borda; Computação em névoa; Computação em nuvem; Computação máquina-a-máquina; Sensores inteligentes; Inteligência artificial; Internet das Coisas; Manutenção aditiva e preditiva
Escopo	Indústria; Cidades; Agricultura; Transportes; Energia
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Criação, gestão e MR&V da Plataforma Inova Sustentável • Captação de recursos para elaboração da plataforma • <i>Design</i>, validação e elaboração da plataforma por desenvolvedor de soluções tecnológicas • Capacitações para uso e atualização da base de dados da plataforma • Atividades de disseminação em boas práticas e lições aprendidas com a implementação de projetos a partir de subsídios da plataforma • Transferência para plataforma para órgão de governo
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Ganho de competitividade da indústria nacional • Redução no consumo de energia e recursos naturais • Subsídios para elaboração de boas propostas de projeto em tecnologias sustentáveis • Aumento na participação de fontes renováveis na matriz energética nacional • Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais • Redução na disposição de resíduos industriais e agrícolas • Aumento na disponibilidade de água para consumo humano e geração elétrica • Geração de emprego e renda • Conservação da biodiversidade • Desenvolvimento tecnológico nacional • Capacitação de recursos humanos para adoção de tecnologias sustentáveis
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Institutos nacionais de pesquisa e tecnologia • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Empresas • Prestadores de serviços em soluções tecnológicas sustentáveis
Horizonte de implementação	3 anos (2022 a 2024)
Custo (R\$)	2,2 milhões
Modelo de negócios	Acordo de cooperação técnica com instituição responsável pela gestão da plataforma, com captação de recursos não reembolsáveis e de assistência técnica para execução do projeto.

Elaboração do autor.

13.5. Melhoramento Genético Animal na Pecuária Bovina de Corte e Monitoramento por Satélite

Os planos de melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte e monitoramento por satélite objetivam fornecer subsídios para alavancar investimentos visando ao aumento da rentabilidade na pecuária e a difusão de sistemas de inteligência territorial. Cumpre ressaltar que o desenvolvimento de plataformas contemplando dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte, bem como sistemas de monitoramento de alta resolução e inteligência territorial, propostos no Planos, também visam apoiar políticas públicas do setor de agricultura, florestas e outros usos da terra.

Neste sentido, a ideia de projeto contempla a consolidação das plataformas dos planos de MGA na pecuária bovina de corte e monitoramento por satélite, com vistas a disponibilizar um conjunto de soluções para o processo de tomada de decisão no setor de agricultura, florestas e outros usos da terra. Inicialmente, deve-se desenhar a estrutura da plataforma, identificar parceiros e alavancar recursos em fontes de financiamento nacionais e internacionais para posterior elaboração da mesma. Interessante notar que a ferramenta pode ser disponibilizada amplamente com restrições de acesso a módulos, ou no formato completo mediante o pagamento de licença de

uso. Esse aspecto permite a obtenção de financiamento para o projeto também pela modalidade reembolsável.

Como a plataforma depende da conclusão de atividades previstas nos PATs de monitoramento por satélite e MGA, o início das atividades deve ocorrer a partir de 2025. Neste caso, podem ser compartilhadas atividades de capacitação acerca dos sistemas de inteligência territorial, monitoramento e MGA, economia de escopo a qual foi considerada na estimativa de custos do projeto. Em seguida, deve-se elaborar a plataforma consolidada, sendo prevista a transferência da mesma para instituição de pesquisa governamental previamente identificada, aspecto o qual trará sustentabilidade à ferramenta, na medida em que permitirá a manutenção e atualização dos módulos da mesma. Diante disso, deve-se disseminar em nível nacional e internacional casos de sucesso e lições aprendidas com uso da ferramenta de gestão agropecuária e florestal. Cumpre enfatizar que perante os potenciais benefícios em termos de serviços ecossistêmicos da aplicação da ferramenta, deve-se considerar a elaboração de projetos para pagamento de serviços ambientais, o que trará sustentabilidade financeira ao gestor responsável pela manutenção e aprimoramento da plataforma.



Figura 34 – Plataforma para capacitação e competitividade em MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial

Elaboração do autor.

O projeto possui benefícios ambientais, econômicos, sociais e ecossistêmicos. Em grande medida aproveita de custos de desenvolvimento dos módulos de MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial dos PATs, cabendo somente adicionar recursos para

custeio de atividades da integração destes módulos visando a elaboração da plataforma, bem como capacitação e disseminação de resultados do projeto. Por isso, o projeto tem custo de R\$ 6,6 milhões, podendo ser implementado em quatro anos.

Quadro 127 – Ideia de projeto para formação de capacidades visando a competitividade em MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial

PROJETO 5	PLATAFORMA PARA CAPACITAÇÃO E COMPETIVIDADE EM MGA, MONITORAMENTO POR SATÉLITE E INTELIGÊNCIA TERRITORIAL
Tecnologias	Plataforma de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte; Classificação automática supervisionada de monitoramento de uso e cobertura da terra por imagens de satélite; Sistema de monitoramento por satélite de alta resolução; Sistema de inteligência territorial
Escopo	Agricultura, florestas e outros usos da terra
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Criação, gestão e MR&V da plataforma de MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial • Captação de recursos e identificação de parceiros para disponibilização da plataforma • Capacitações para uso e atualização da base de dados da plataforma • Consolidação dos módulos e transferência da plataforma para parceiro previamente identificado • Atividades de disseminação em boas práticas e lições aprendidas com o uso da plataforma • Elaboração e submissão de projetos para pagamento por serviços ambientais
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento na rentabilidade da pecuária e agricultura • Maior apropriação do material genético nacional • Mitigação de emissões de GEE • Aumento na resiliência do rebanho à mudança do clima • Disponibilização em toda extensão e alcance da plataforma integrada • Contribuir para a implementação do PRA e agricultura de precisão • Difusão de sistema de inteligência territorial • Aumento da competitividade do agronegócio • Aumento na qualidade dos dados espaciais • Manutenção e restauração de ecossistemas • Conservação da biodiversidade • Desenvolvimento tecnológico nacional • Capacitação de recursos humanos para adoção de tecnologias sustentáveis
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Órgãos de extensão rural e cooperativas de produtores • Empresas de consultoria em gestão agropecuária • Instituições de pesquisa de governo • Associações de classe • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Empresas • Órgãos subnacionais de meio ambiente e agricultura • Prestadores de serviços em soluções tecnológicas
Horizonte de implementação	4 anos (2025 a 2028)
Custo (R\$)	6,6 milhões
Modelo de negócios	Acordo de cooperação técnica com instituição responsável pela gestão da plataforma, com captação de recursos não reembolsáveis, reembolsáveis e de assistência técnica para execução do projeto.

Elaboração do autor.

13.6. Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais e Fogões Solares Fotovoltaicos com Indução

Os PATs de aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais e de fogões solares fotovoltaicos por indução objetivam demonstrar soluções tecnológicas que promovem o acesso a fontes modernas de energia nos setores de resíduos e de edificações residenciais, comerciais, industriais, públicas e de serviços. No caso do setor de resíduos, o escopo em iniciativas piloto baseadas no processo de codigestão permite o aproveitamento do elevado potencial energético dos resíduos agropecuários para produção de biogás, assim apoiando o programa RenovaBio. Para o setor de edificações, o plano propõe o desenvolvimento de protótipo e aplicação piloto de fogões solares com indução domicílios localizados em regiões com elevado índice de cocção a partir de biomassa tradicional.

Alinhado ao escopo dos planos, propõe-se a constituição de um sistema integrador de tecnologias (SIT) de geração elétrica renovável no semiárido nordestino, tendo em vista o potencial de geração de energia desta região a partir de biomassa, solar e eólica. Para tanto, inicialmente deve-se constituir uma parceria público-privada para criação de empresas incubadas visando ao desenvolvimento das tecnologias renováveis, sendo importante para este propósito a parceria com

governos e centros de pesquisa locais. A partir disso, deve ocorrer a produtização das soluções tecnológicas, que devem focar na geração solar fotovoltaica com armazenamento de energia, mini *grid* eólica e aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais por processo de codigestão. Visando capacitar usuários das soluções desenvolvidas no SIT, devem ocorrer ações de capacitação e treinamento, atividade a qual pode ser compartilhada com as ações previstas nos PATs de aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais e fogões solares fotovoltaicos com indução. Em seguida, prevê-se a implementação de 100 unidades demonstrativas das tecnologias: 45 unidades de geração solar com armazenamento de energia; 45 unidades de geração minieólica; e dez unidades de geração elétrica a partir de resíduos agrícolas em sistema iLPF. Concomitantemente às aplicações piloto, deve ocorrer o monitoramento e assistência técnica pelas empresas incubadas no SIT, o que trará sustentabilidade e replicabilidade às iniciativas. Finalmente, deve-se ao final do projeto disseminar as lições aprendidas e boas práticas decorrentes das unidades demonstrativas, o que permitirá a replicação das soluções tecnológicas para as demais regiões brasileiras.



Figura 35 – Sistema Integrador de Tecnologias Renováveis de Geração Elétrica do Semiárido Nordeste

Elaboração do autor.

Conforme pode ser verificado no quadro a seguir, o projeto tem benefícios ambientais, econômicos, sociais e

de saúde pública. O custo é de R\$ 19,8 milhões, podendo ser implementado em nove anos.

Quadro 128 – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) renováveis de geração elétrica

PROJETO 6	SISTEMA INTEGRADOR DE TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO
Tecnologias	Armazenamento de energia; painéis fotovoltaicos; componentes auxiliares de sistemas fotovoltaicos; fogões solares; mini geradores eólicos; biodigestores; processo de codigestão anaeróbia
Escopo	Cidades; Edificações residenciais, comerciais, públicas e de serviços; Agricultura
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Constituição do SIT de tecnologias renováveis de geração elétrica • Elaboração de parcerias com governos e centros de pesquisa locais • Produção das soluções tecnológicas em geração solar fotovoltaica com armazenamento de energia, mini grid eólica e aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais por processo de codigestão • Identificação de locais de interesse para implementação das tecnologias • Capacitação de usuários para operação das tecnologias • Aplicação piloto de 100 unidades demonstrativas das tecnologias • Monitoramento e assistência técnica em suporte à aplicação demonstrativa das tecnologias • Disseminação das lições aprendidas e boas práticas para replicação das soluções tecnológicas nas demais regiões do Brasil
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da participação de fontes renováveis na matriz elétrica nacional • Geração de emprego e renda no semiárido nordestino • Contribuir para o alcance das metas do RenovaBio • Redução nos gastos com saúde pública • Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais • Redução na disposição de resíduos agrícolas • Demonstração das tecnologias em ambiente operacional • Autonomia de energia das edificações, com potencial de geração de receitas em face da exportação de excedente de energia para o grid • Criação de novas atividades e profissões no semiárido • Liberação, em geral de mão de obra feminina, para exercer atividades remuneradas
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos de governo • Governos e centros de pesquisa locais • Associações representativas dos setores • Agências de fomento nacionais e internacionais • Agências de cooperação nacionais e internacionais • Universidades e centros de pesquisa • Associações de classe e de moradores • Cooperativas de produtores rurais • Empresas • Prestadores de serviços
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	19,8 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para implementação das iniciativas piloto. Transferência das tecnologias ao final do projeto, com pagamento das mesmas pelos usuários. Atividades de capacitação e promoção das tecnologias com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica.

Elaboração do autor.

Considerações **Finais**



Considerações Finais

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e parceiros técnicos, elaborou Planos de Ação Tecnológica (PAT), no âmbito do projeto de “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)” que estão alavancando o desenvolvimento e a difusão de tecnologias que promoverão o desenvolvimento sustentável no país.

Foram elaborados planos de ação para 12 tecnologias priorizadas a partir da aplicação da metodologia multicritério junto a atores-chave que compõem o Comitê Técnico Consultivo (CTC) e as Câmaras Setoriais (CS) de especialistas do projeto: i) agricultura de precisão; ii) aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais; iii) energia solar fotovoltaica flutuante; iv) fogões solares fotovoltaicos com indução; v) indústria 4.0; vi) materiais inovadores para cimento; vii) melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte; viii) monitoramento por satélite; ix) silvicultura com plantios mistos para restauração; x) silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas; xi) veículos elétricos a pilha combustível a etanol; e xii) veículos híbridos flex.

A relevância dos Planos reside na possibilidade de tais tecnologias permitirem alavancar a atividade econômica por meio do desenvolvimento sustentável. A ação torna-se ainda mais importante no atual contexto e para o futuro pós-pandemia, pois as informações são fundamentais para a implementação de projetos que dependem de financiamento nacional ou internacional. Os planos de ação foram elaborados com a contribuição de diferentes atores do setor privado, da academia e membros de governo. O envolvimento destes contribuiu fortemente para tornar uma opção de tecnologia não apenas técnica e economicamente viável, mas também e fundamentalmente, socialmente aceitável.

O MCTI e particularmente a CGCL, incluindo a Direção Nacional do Projeto TNA_BRAZIL, facilitaram o desenvolvimento, consulta e validação dos Planos de Ação

com os parceiros técnicos do CTC e CS de especialistas dos setores de agricultura florestas e outros usos da terra; transportes, edificações e resíduos; indústria e energia. A partir da análise e priorização de barreiras críticas ao desenvolvimento e à difusão tecnológica, foram estimados cobenefícios e preparados os planos contemplando os seguintes itens: escopo e ambição tecnológica; ações e atividades para atingimento da ambição; atores-chave e proposição de cronograma para implementação das atividades; custos, opções de financiamento e plano de riscos e contingenciamento para adoção das ações e atividades; e ideias de projetos derivadas dos planos.

Consultas para validação dos PAT foram conduzidas entre março e novembro de 2020 com membros do CTC e CS do projeto. As mesmas foram sistematizadas por meio de matrizes, suscitando aprimoramentos dos planos (MCTI, 2020a; 2020b). A participação dos *stakeholders*-chave foi fundamental para a robustez dos Planos, que foram amplamente divulgados pelo MCTI em seus canais oficiais (MCTI, 2020c) e por meio de sete webinários realizados em novembro e dezembro de 2020 (MCTI, 2020c-2020i), devendo-se destacar que a abertura do ciclo de eventos foi realizada pelo Ministro de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI, 2020j; 2020k).

Os PATs focam a remoção de entraves que inibem o desenvolvimento e a difusão dos pacotes tecnológicos priorizados no Brasil, possuindo cronogramas de implementação que variam de quatro a oito anos, iniciando em 2021 e com conclusão, com cobenefícios alcançados, até o final de 2030. O custo total para adoção dos Planos foi estimado em R\$ 328 milhões. Em nível setorial, podem ser destacados os seguintes objetivos dos planos:

- Para o setor de transportes, propõem a construção e teste de protótipo embarcado em veículos elétricos com a tecnologia de pilha combustível a etanol e híbridos flex por meio da conversão de ônibus convencionais. Neste caso, os dois planos buscam

desenvolver conteúdo tecnológico nacional e são alternativas à tendência de crescimento de frota veicular puramente elétrica, que garantem a geração de emprego e renda nos setores sucoenergético e automobilístico.

- Para os setores da agricultura e indústria, objetivava-se a criação de redes de tecnologia com vistas a democratizar acesso à agricultura de precisão e fomentar tecnologias da indústria 4.0. A ideia é ampliar, por meio de projetos piloto, o acesso à agricultura de precisão por pequenos e médios produtores rurais e ampliar a aplicação de sistemas de produção baseados em automação, digitalização e reprocessamento de materiais.
- Ademais, foram propostas ações de melhoramento genético e plantios mistos na cadeia florestal para apoiar a restauração e plantios comerciais. A proposição dos planos de silvicultura com plantios mistos e melhoramento genético de espécies nativas fornecem subsídios para alavancar investimentos visando a recomposição e restauração ambiental. Ao mesmo tempo, apoiam a Iniciativa Regenera Brasil, conduzida pelo MCTI, cujo objetivo é contribuir com a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a inovação para a geração de diretrizes que promovam a recuperação efetiva dos ecossistemas nativos brasileiros.
- No caso dos setores energético e de cimento, os Planos almejam a difusão da geração solar fotovoltaica em reservatórios de usinas hidrelétricas e o desenvolvimento de novos tipos de cimentos com baixo teor de clínquer. No caso do setor energético, o ponto de partida é a elaboração de um inventário nacional do potencial da energia solar flutuante. Em termos de materiais inovadores para a produção de cimento o objetivo é comprovar, até 2030, a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um cimento com teor de clínquer igual ou inferior a 50%, complementado com outras matérias-primas abundantes e de baixo custo.
- Os planos de melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte e monitoramento por satélite objetivam fornecer subsídios para alavancar investimentos visando ao aumento da rentabilidade na pecuária e a difusão de sistemas de inteligência territorial, também implicando em ganhos ambientais em face da maior eficiência agrícola. Cumpre ressaltar que o desenvolvimento de plataformas

contemplando dados econômicos, zootécnicos, genéticos e genótipos da pecuária bovina de corte, bem como sistemas de monitoramento de alta resolução e inteligência territorial, propostos no Planos, também visam apoiar políticas públicas do setor de agricultura, florestas e outros usos da terra.

- Por fim, os planos de aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais e de fogões solares fotovoltaicos por indução objetivam demonstrar soluções tecnológicas que promovem o acesso a fontes modernas de energia nos setores de resíduos e de edificações residenciais, comerciais, industriais, públicas e de serviços. No caso do setor de resíduos, o escopo em iniciativas piloto baseadas no processo de codigestão permite o aproveitamento do elevado potencial energético dos resíduos agropecuários para produção de biogás, assim apoiando o programa RenovaBio. Para o setor de edificações, o plano propõe o desenvolvimento de protótipo e aplicação piloto de fogões solares com indução domicílios localizados em regiões com elevado índice de cocção a partir de biomassa tradicional.

Transversalmente aos Planos, faz-se necessário aprimorar a cooperação e aumentar o apoio nacional e internacional, com maior participação do setor privado, para garantir o acesso a recursos financeiros para o desenvolvimento e implantação das tecnologias priorizadas. Além disso, para garantir sustentabilidade às ações, é necessário disseminar os resultados dos Planos, assim como gerar capacidades para implementar e monitorar os resultados, particularmente das iniciativas piloto. Nesse sentido, o projeto TNA_BRAZIL desenvolveu atividades de capacitação e de disseminação de resultados e da ferramenta elaborada em apoio à adoção dos Planos. Este é o caso dos ciclos de webinários “Como tecnologias de baixo carbono podem contribuir para o desenvolvimento sustentável”; webinários regionais para “Apoio à adoção dos Planos de Ação Tecnológica”; webinário de “Subsídios para financiamento das tecnologias priorizadas do projeto TNA_BRAZIL”, e “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA_BRAZIL”. Com isso, entende-se que os objetivos do projeto serão sobrepujados, garantindo ao Brasil resultados efetivos em termos de sustentabilidade econômica, social e ambiental, assim subsidiando a estratégia de implementação e contribuindo para o alcance das metas da NDC brasileira.

Referências **Bibliográficas**



Referências Bibliográficas

ABCZ – SISTEMA INTEGRADO DE AVALIAÇÃO GENÉTICA. **Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos**. [S.l.]: ABCZ, 2020. Disponível em: <https://www.abczstat.com.br/comunicacoes/sumario/GraficosTendencias.aspx>. Acesso em: 14 set. 2020.

ABIMAQ – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Missão da Abimaq**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.abimaq.org.br/site.aspx/Abimaq-Missao-Politica-Qualidade>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ABRADI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS AGENTES DIGITAIS. **Guia de Marketing de Conteúdo**. São Paulo: Abradi, 2020.

ABY, B. A. *et al.* Effect of incorporating greenhouse gas emission costs into economic values of traits for intensive and extensive beef cattle breeds. **Livestock Science**, v. 158, p. 1-11, 2013.

ACI TECHNOLOGIES. Department of The Navy. **Science & Technology Manufacturing Fuel Cell Manhattan Project**. Philadelphia: ACI Technologies, 2011. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f12/manufacturing_fuel_cell_manhattan_project.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

AGÊNCIA DE INOVAÇÃO UFPR. **Objetivos**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.nitpar.pr.gov.br/agencia-de-inovacao-ufpr/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ALVES, R. *et al.* Disseminação do melhoramento genético de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1219-1225, 1995.

AN, L.; ZHAO, T. S.; LI, Y. S. Carbon-neutral sustainable energy technology: direct ethanol fuel cells. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1462-1468, 2015.

ANBUMOZHI, V.; KIMURA, F. **Industry 4.0: Empowering ASEAN for the Circular Economy**. [S.l.]: Eria, 2018. Disponível em: <https://www.eria.org/publications/industry-40-empowering-asean-for-the-circular-economy/#:~:text=This%20book%20investigates%20the%20challenges,paradigm%20on%20circular%20economy%20policy>. Acesso em: 14 dez. 2020.

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2019**. São Paulo: Anfavea, 2019. Disponível em: <http://www.virapagina.com.br/anfavea2019/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

_____. **Sobre a Anfavea**. São Paulo: Anfavea, [s.d.]. Disponível em: <http://anfavea.com.br/a-anfavea>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ARAMESH, M. *et al.* A review of recent advances in solar cooking technology. **Renewable Energy**, v. 140, p. 419-435, 2019.

ASBRAAP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. **Sobre a Asbraap**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <https://asbraap.org/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

AUSPIN – AGÊNCIA USP DE INOVAÇÃO. **A agência**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.inovacao.usp.br/agencia/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

BADWAL, S. P. S. *et al.* Direct ethanol fuel cells for transport and stationary applications: a comprehensive review. **Applied Energy**, v. 145, p. 80-103, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Agenda Estratégica 2014-2030 – Agricultura de Precisão**. Brasília: Mapa/ACS, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/agenda-estrategica-do-setor-de-agricultura-de-precisao.pdf/@@download/file/agenda-estrategica-do-setor-de-agricultura-de.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

_____. Advocacia-Geral da União. **Relatório de Avaliação dos Resultados da Gestão**. Unidade auditada: Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável (SEDR). Exercício 2014. Brasília: AGU, 2016a. Disponível em: <https://auditoria.cgu.gov.br/download/8615.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas**. Brasília: MCTIC, 2015.

ça do Clima – Sumário Executivo. Brasília: MCTIC, 2016b. Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/MCTI_TCN_SUMARIO_EXECUTIVO_port.pdf. Acesso em: 26 jan. 2020.

_____. _____. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2016-2022.** Brasília: MCTIC, 2016c.

_____. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm. Acesso em: 12 nov. 2020.

_____. Ministério da Fazenda. **Programa País do Brasil para o Fundo Verde do Clima – GCF.** Brasília: MF, 2018a.

_____. Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio.** Brasília: MME, 2018b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>. Acesso em: 20 maio 2020.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor da produção agropecuária de 2019 atinge recorde de R\$ 630,9 bilhões. **Portal Mapa**, 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-encerra-2019-com-r-630-9-bilhoes>. Acesso em: 14 jan. 2020.

_____. Presidência da República. Decreto nº 10.052, de 9 de outubro de 2019. Institui a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2019b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10052.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2010.052%2C%20DE%209,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 4 set. 2020.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Ministério da Economia. **Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil – 2019-2022.** Brasília: MCTI; ME, 2019c. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Camara_I40__Plano_de_

[Acao_Camara_brasileira.pdf](#). Acesso em: 23 set. 2020.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Contribuições aos Planos de Ação Tecnológica para o desenvolvimento e difusão das tecnologias priorizadas nos setores da agricultura, florestas e outros usos da terra.** Brasília: MCTIC, 2020a. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1toR3W5JqKh0IK4WPGxvecrMblqB-CExKQ/view?usp=sharing>. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Contribuições aos Planos de Ação Tecnológica para o desenvolvimento e difusão das tecnologias priorizadas nos setores do sistema energético.** Brasília: MCTIC, 2020b. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1JYbdx2_K5tN1zx22GXn4AbEEqaTkD-FmK/view?usp=sharing. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Ciclo de webinários Contribuição das tecnologias de baixo carbono para o desenvolvimento sustentável.** Playlist Tecnologias de Baixo Carbono: Canal do MCTI no Youtube. Brasília: MCTIC, 2020c. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Q0k-bQRJp_E&list=PLa8HqSGatmeQOU1Yh7bmgkWnWM6f5Nn1g. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Plano tecnológico propõe uso de etanol em veículos elétricos e híbridos para descarbonizar transporte.** Brasília: MCTIC, 2020d. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/plano-tecnologico-propoe-uso-de-etanol-em-veiculos-eletricos-e-hibridos-para-descarbonizar-transporte>. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Criação de Redes de tecnologia busca democratizar acesso à agricultura de precisão e fomentar indústria 4.0.** Brasília: MCTIC, 2020e. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/criacao-de-redes-de-tecnologia-busca-democratizar-acesso-a-agricultura-de-precisao-e-fomentar-industria-4.0>. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Planos tecnológicos propõem ações de melhoramento genético e plantios mistos na cadeia florestal.** Brasília: MCTIC, 2020f. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/planos-tecnologicos-propoem-acoes-de-melhoramento-genetico->

-e-plantios-mistos-na-cadeia-florestal#:~:text=Planos%20tecnol%C3%B3gicos%20prop%C3%B5em%20a%C3%A7%C3%B5es%20de%20melhoramento%20gen%C3%A9tico%20e%20plantios%20mistos%20na%20cadeia%20florestal,-Iniciativa%20desenvolvida%20pelo&text=De%20acordo%20com%20o%20coordenador,mistos%20de%20nativas%20e%20ex%C3%B3ticas. Acesso em: 26 dez. 2020.

_____. _____. **Produção sustentável de cimento e geração de energia solar fotovoltaica são temas de webinar.** Brasília: MCTIC, 2020g. Disponível em: [_____. _____. **Melhoramento genético animal e ampliação de monitoramento por satélite para uso da terra são debatidos pelo MCTI.** Brasília: MCTIC, 2020h. Disponível em: \[_____. _____. **MCTI: aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindústria e fogões solares encerram ciclo de webinários.** Brasília: MCTIC, 2020i. Disponível em: \\[_____. _____. **Como superar as necessidades em tecnologias de baixo carbono do Brasil é tema de webinar promovido pelo MCTI.** Brasília: MCTIC, 2020j. Disponível em: \\\[_____. _____. **Como superar as necessidades em tecnologias de baixo carbono do Brasil é tema de webinar promovido pelo MCTI:** Canal do MCTI no Youtube. Brasília: MCTIC, 2020k. Disponível em: \\\\[_____. Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020. Institui a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2020l. Disponível em: \\\\\[_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Portaria MCTI nº 3.206, de 25 de agosto de 2020.** Institui, no âmbito da Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, a Iniciativa Regenera Brasil e o respectivo Comitê Gestor. Brasília: MCTI, 25 ago. 2020m. Disponível em: \\\\\\[_____. _____. **Diretrizes de financiamento para as tecnologias e plano de ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL.** Brasília: MCTIC, 2021a. Disponível em: \\\\\\\[_____. _____. **Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no projeto TNA_BRAZIL.** Brasília: MCTIC, 2021b. Disponível em: \\\\\\\\[BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; CHINA. Academia Chinesa de Tecnologia Espacial. **CBERS 04A – 6º Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres do Espaço para a Sociedade.** São Paulo; Beijing: Inpe; Academia Chinesa de Tecnologia Espacial, dez. 2019. Disponível em: \\\\\\\\\[BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Seleção pública MCTI/FINEP/FNDCT. **Subvenção Econômica à Inovação – 04/2020:** Tecnologias 4.0. Brasília: MCTI; FINEP; FNDCT, 2020. Disponível em: \\\\\\\\\\[CARGILL. **Missão.** \\\\\\\\\\\[S.l.\\\\\\\\\\\]: \\\\\\\\\\\[s.d.\\\\\\\\\\\]. Disponível em:\\\\\\\\\\]\\\\\\\\\\(http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2020/16_06_2020_Edital_Subvencao_4_0.pdf. Acesso em: 23 set. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\\\\\\\\)\\\\\\\\\]\\\\\\\\\(http://www.cbbers.inpe.br/centrais_conteudo/arquivos/folder_CBERS04A.pdf. Acesso em: 13 nov. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\\\\\\\)\\\\\\\\]\\\\\\\\(http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html. Acesso em: 26 jan. 2021.</p></div><div data-bbox=\\\\\\\\)\\\\\\\]\\\\\\\(http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html. Acesso em: 26 jan. 2021.</p></div><div data-bbox=\\\\\\\)\\\\\\]\\\\\\(http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_3206_de_25082020.html. Acesso em: 17 set. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\\\\)\\\\\]\\\\\(https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.531-de-26-de-outubro-de-2020-285019495. Acesso em: 13 nov. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\\\)\\\\]\\\\(https://www.youtube.com/watch?v=XWwpwhYwqFI&feature=youtu.be. Acesso em: 26 dez. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\\)\\\]\\\(https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/10/201ccomo-superar-as-necessidades-em-tecnologias-de-baixo-carbono-do-brasil201d-e-tema-de-webinario-promovido-pelo-mcti. Acesso em: 26 dez. 2020.</p></div><div data-bbox=\\\)\\]\\(https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/mcti-aproveitamento-energetico-de-residuos-agricolas-e-agroindustria-e-fogoes-solares-encerram-ciclo-de-webinarios. Acesso em: 26 dez. 2020.</p></div><div data-bbox=\\)\]\(https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/melhoramento-genetico-animal-e-ampliacao-de-monitoramento-por-satelite-para-uso-da-terra-sao-debatidos-pelo-mcti#:~:text=debatidos%20pelo%20MCTI,-Melhoramento%20gen%C3%A9tico%20animal%20e%20amplia%C3%A7%C3%A3o%20de%20monitoramento%20por%20sat%C3%A9lite%20para,terra%20s%C3%A3o%20debatidos%20pelo%20MCTI&text=Segundo%20o%20coordenador%20t%C3%A9cnico%20dos,animal%20e%20monitoramento%20por%20sat%C3%A9lite. Acesso em: 26 dez. 2020.</p></div><div data-bbox=\)](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/producao-sustentavel-de-cimento-e-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-sao-temas-de-webinario#:~:text=temas%20de%20webin%C3%A1rio,-Produ%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel%20de%20cimento%20e%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de,fotovoltaica%20s%C3%A3o%20temas%20de%20webin%C3%A1rio&text=%E2%80%9CO%20desenvolvimento%20das%20a%C3%A7%C3%B5es%20tecnol%C3%B3gicas,de%20pain%C3%A9is%20fotovoltaicos%E2%80%9D%2C%20analisa. Acesso em: 26 dez. 2020.</p></div><div data-bbox=)

- CARRETTE, L.; FRIEDRICH, K. A.; STIMMING, U. Fuel cells: fundamentals and applications. **Fuel Cells**, v. 1, n. 1, p. 5-39, 2001.
- CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. **Onde estamos na implementação do Código Florestal?** Radiografia do CAR e do PRA nos estados brasileiros. [S.l.]: CPI; Input, 2019. (Relatório). Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2019/12/Onde-estamos-na-implementacao-do-Codigo-Florestal.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2020.
- CASAS, Y. et al. Integration of Solid Oxide Fuel Cell in a sugar-ethanol factory: analysis of the efficiency and the environmental profile of the products. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 13, p. 1395-1404, 2011.
- CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Missão da CNA**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/missao-cna>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- _____. Missão do Senar. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/senar/missao-senar>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Caminho estratégico para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2014.
- _____. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.
- COELHO, S. T. et al. The energy transition history of fuel-wood replacement for liquefied petroleum gas in Brazilian households from 1920 to 2016. **Energy Policy**, v. 123, p. 41-52, 2018.
- CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Eds.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro**. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/54-agrobiodiversidade>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- DENTON, T. **Electric and hybrid vehicles**. London: Routledge, 2016.
- DOGDBEGOVIC, E.; FUKUYAMA, Y.; TUCKER, M. C. Ethanol internal reforming in solid oxide fuel cells: a path toward high performance metal-supported cells for vehicular applications. **Journal of Power Sources**, v. 449, p. 227598, 2020.
- EL-MEMARI NETO, A. C. **Como ganhar dinheiro na pecuária: os segredos da gestão descomplicada**. 1. ed. Marin-gá: Inttegra, 2019.
- EMATER-PR comemora 60 anos. **Asbraer**, [s.d.]. Disponível em: <http://www.asbraer.org.br/index.php/rede-de-noticias/item/685-emater-pr-comemora-60-anos>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRO-PECUÁRIA (Brasil). **Agricultura de precisão (AP) para sustentabilidade do sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal brasileiro**. Brasília: Embrapa, 2016. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/212226/agricultura-de-precisao-ap-para-sustentabilidade-do-sistema-produtivo-agricola-pecuario-e-florestal-brasileiro>. Acesso em: 7 dez. 2019.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia Renovável – Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- _____. **Balço Energético Nacional 2019 – ano-base 2018**. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN_2019_Completo_WEB.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.
- _____. **Expansão da Geração – Solar Fotovoltaica Flutuante: aspectos tecnológicos e ambientais relevantes ao planejamento**. Rio de Janeiro: EPE, 2020. (Nota Técnica).
- FERNANDES, G.; MARIANI, L. O alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil? **Boletim de Conjuntura do Setor Energético**, Caderno Opinião, p. 1-12, mar. 2019.
- FLORINDO, T. J. et al. Carbon footprint and life cycle costing of beef cattle in the Brazilian Midwest. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 119-129, 2017.
- GIDDEY, S. et al. A comprehensive review of direct carbon fuel cell technology. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 38, n. 3, p. 360-399, 2012.
- GIODA, A. Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 133-149, 2019.
- HAGOS, K. et al. Anaerobic co-digestion process for biogas production: progress, challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 1485-1496, 2017.
- HELLMAN, H. L.; VAN DEN HOED, R. Characterising fuel cell technology: challenges of the commercialisation process. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 32, n. 3, p. 305-315, 2007.

- HELMS, H. et al. Electric vehicle and plug-in hybrid energy efficiency and life cycle emissions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM TRANSPORT AND AIR POLLUTION, 18., 2010, Zurich. **Annals** [...]. Zurich: Empa, 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamento Familiar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- _____. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology Roadmap: low-carbon transition in the cement industry**. Paris: Springer-Verlag, 2018. p. 66.
- IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Rethinking Energy 2017: accelerating the global energy transformation**. Abu Dhabi: Irena, 2017. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.
- INOVA – AGÊNCIA DE INOVAÇÃO DA UNICAMP. **Nossa missão**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: <https://www.inova.unicamp.br/sobre-a-inova/>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- ISPA – INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE. **Precision Ag Definition**. Illinois: Ispa, 2019. Disponível em: <https://www.ispag.org/about/definition>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- ITC – UNIVERSITY OF TWENTE'S FACULTY OF GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION. **Satellite and Sensors Database**. Enschede: ITC, 2019. Disponível em: <https://webapps.itc.utwente.nl/sensor/default.aspx?view=allensors>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- IZO, A. Toyota confirma que Corolla será 1º carro com motor híbrido flex. **Revista Auto Esporte**, 17 abr. 2019. Disponível em: <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/04/toyota-corolla-hibrido-flex-sera-fabricado-em-sao-paulo-e-chega-esse-ano.html>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- JOHN, V. M. et al. Fillers in cementitious materials: experience, recent advances and future potential. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 65-78, 2018.
- JOSHI, S. B.; JANI, A. R. Design, development and testing of a small-scale hybrid solar cooker. **Solar Energy**, v. 122, p. 148-155, 2015.
- KAMARUDIN, M. Z. F. et al. Review: direct ethanol fuel cells. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 22, p. 9438-9453, 2013.
- LAJUNEN, A.; LIPMAN, T. Lifecycle cost assessment and carbon dioxide emissions of diesel, natural gas, hybrid electric, fuel cell hybrid and electric transit buses. **Energy**, v. 106, p. 329-342, 2016.
- LEONARD, E. C. Precision agriculture. In: WRIGLEY, C. W. (Ed.). **Encyclopedia of Food Grains**. 2nd ed. Maitland: Elsevier, 2015. v. 4, p. 162-167.
- LIMA, R. R. **Fabricação e estudo de um fogão solar à concentração mono e bifocal**. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/6841/1/TCC_Rodrigo_Rodrigues_com_Atta.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.
- MAES, W. H.; STEPPE, K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. **Trends in Plant Science**, v. 24, n. 2, p. 152-164, 2019.
- MIRANDA, P. E. V. **Processo de obtenção de suspensões aquosas para eletrodos de pilhas a combustível de óxido sólido e outros dispositivos eletrocatalíticos**. Depositante: COPPE/UFRJ – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (BR/RJ). Procurador: Joubert Gonçalves de Castro. BR n. PI 0601210-8 A. Depósito: 17 mar. 2006. Concessão: 27 nov. 2007. Rio de Janeiro, 2007.
- MIRANDA, P. E. V.; CARREIRA, E. D. S. **Sistemas inteligentes de gerenciamento de energia para veículos elétrico e elétrico-híbrido com conexão bidirecional, sistema inteligente de gerenciamento de energia para um gerador de energia, método para gerenciar energia em um sistema inteligente de gerenciamento de energia e método para controlar o funcionamento de um gerador de energia**. Depositante: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro, Tracel Veículos Elétricos Ltda. Procurador: Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira. BR n. BR 102012027618-6 A2. Depósito: 26 out. 2012. Concessão: 20 set. 2016. Rio de Janeiro, 2016.
- MIRANDA, P. E. V.; ICARDI, U. A. **Sistema de teste para pilhas a combustível de alta temperatura de operação multicombustível, o qual permite a utilização direta de combustíveis carbonosos sem promover a deposição de carbono nos elementos de passagem de combustí-**

- vel. Depositante: Oxiteno S.A. Indústria e Comércio, Energiah Participações e Negócios Ltda, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE/UFRJ. BR n. BR 102015021820-6 A2. Depósito: 4 set. 2015. Concessão: 14 mar. 2017. Rio de Janeiro, 2017.
- MIRANDA, P. E. V.; TORRES, S. O. A. **Processo para o aproveitamento da energia cinética de veículos elétricos híbridos e armazenador de energia através de ar comprimido**. Depositante: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE/UFRJ. BR n. PI0801587-2 A2. Depósito: 21 maio 2008. Concessão: 1º fev. 2011. Rio de Janeiro, 2011.
- MIRANDA, P. E. V.; VENANCIO, S. A.; MIRANDA, H. V. **Method for the direct oxidation and/or internal reforming of ethanol, solid oxide fuel cell for direct oxidation and/or internal reforming of ethanol, catalyst and multifunctional electrocatalytic anode for direct oxidation and/or internal**. USA n. US 9431663 B2. Depósito: 11 jun. 2016. Concessão: 30 ago. 2016. Rio de Janeiro, 2016.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- MUNOZ, F. Global sales of AFVs surpassed the million mark during Q1 2018. **Jato**, 2018. Disponível em: <https://www.jato.com/global-sales-afvs-surpassed-million-mark-q1-2018/>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-845, 2000.
- NKRUMAH, J. D. *et al.* Relationship of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behaviour with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 145-1583, 2006.
- OLIVEIRA, L. G. S.; NEGRO, S. O. Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 462-481, 2019.
- ONG, B. C.; KAMARUDIN, S. K.; BASRI, S. Direct liquid fuel cells: a review. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 15, p. 10142-10157, 2017.
- PARA SUBSTITUIR botijão de gás, pesquisadores brasileiros fabricam fogão solar. **Portal Solar**, 5 jul. 2018. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/para-substituir-botijao-de-gas-pesquisadores-brasileiros-fabricam-fogao-solar.html>. Acesso em: 10 fev. 2020.
- PEREIRA, P. M. C. C.; VICENTE, A. F. R. B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 586-592, 2013.
- PINARES-PATINO, C. S. *et al.* Heritability estimates of methane emissions from sheep. **Animal**, v. 7, p. 316-321, 2013.
- PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Renda per capita municipal. *In*: PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Brasília: Pnud; FJP; Ipea, 2013.
- RAJÃO, R. *et al.* The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246-248, 2020.
- RIBASKI, J. **Plantios mistos**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h0181hfe02wx7ha07d3364p6f11d0.html>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- RIBEIRO, K. S. *et al.* **Tecnologias disruptivas de baixo carbono para setores-chave no Brasil**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: Fundo Verde, 2017.
- SAMARAS, C.; MEISTERLING, K. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from plug-in hybrid vehicles: implications for policy. **Environ. Sci. Technol.**, v. 42, p. 3170-3176, 2008.
- SARRUF, B. J. M. *et al.* Ceria-Co-Cu-based SOFC anode for direct utilisation of methane or ethanol as fuels. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 8, p. 5297-5308, 2020.
- SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. M. Eco-efficient cements: potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 2-26, 2018.
- SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Biblioteca de legislação do biogás. **DataSebrae**, 2020. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/biblioteca-legislacao-biogas/>. Acesso em: 30 abr. 2020.
- _____. **Missão**. [S.l.]: [s.d.]. Disponível em: https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/canais_adicionais/coheca_estrategia. Acesso em: 6 ago. 2020.

SHE – SOLAR HOUSEHOLD ENERGY. **2015-2016 Solar Stove Adoption Project in Tilorí Haiti Evaluation Report**. [S.l.]: SHE, 2017. Disponível em: http://www.she-inc.org/wp-content/uploads/2014/03/2017-02-Solar-stove...Tilorí_Eval-Rpt_to-SELF_SHE.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

SIBIYA, B. I.; VENUGOPAL, C. Solar Powered Induction Cooking System. **Energy Procedia**, v. 117, p. 145-156, 2017.

SILVA, J. M.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 689-694, 2005.

SNIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **Roadmap Tecnológico do Cimento**: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Rio de Janeiro: SNIC, 2019.

TNO. **Phyllis2 – ECN Phyllis classification**. [S.l.], 2020.

UHLIG, A. **Lenha e carvão vegetal no Brasil**: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 2008. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-14052008-113901/publico/UHLIG_Tese1.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

UNITES STATES. US Department of Energy. **Fuel cells**. Washington: DOE, 2020.

VENÂNCIO, S. A.; MIRANDA, P. E. V. Direct utilization of carbonaceous fuels in multifunctional SOFC anodes for the electrosynthesis of chemicals or the generation of electricity. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 19, p. 13927-13938, 2017.

ZHANG, X. *et al.* How well do deep learning-based methods for land cover classification and object detection perform on high resolution remote sensing imagery? **Remote Sensing**, v.12, n. 3, p. 417, 2020.

Anexos



ANEXO I – BARREIRAS AO DESENVOLVIMENTO E/OU DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS PRIORIZADAS

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FLUTUANTE	
Técnicas	<p><u>Inexistência de um inventário de potencial da fonte:</u> Inexiste, no Brasil, mapeamento do potencial de instalação de plantas solares flutuantes em reservatórios de hidrelétrica. Além da avaliação do recurso solar, este tipo de inventário deve levar em conta restrições técnicas, como a profundidade mínima dos reservatórios para instalação das plantas solares, bem como restrições relativas a outros usos prioritários de reservatórios, que podem incluir navegação, abastecimento humano, turismo, lazer, pesca, áreas de preservação ambiental, dentre outros. Estes fatores limitam a área disponível para os projetos de solar flutuante em reservatórios de UHE e seu desconhecimento dificulta a escolha dos melhores locais para a instalação de projetos, atrasando o desenvolvimento da tecnologia no país.</p>
	<p><u>Desconhecimento dos impactos ambientais dos projetos:</u> Devido à quantidade de projetos instalados no Brasil e à relação dos impactos gerados com as condições locais específicas de cada projeto, pouco se pode concluir sobre os reais impactos ambientais da tecnologia de solar FV flutuante em reservatórios. Um exemplo é a cobertura do espelho d'água com painéis FV (a depender do porte do projeto), que limita a entrada de luz e a troca de calor entre meio aquático e atmosfera, podendo, em alguns casos, evitar efeitos indesejados como a proliferação de algas em reservatórios, porém podendo também afetar negativamente o habitat aquático e sua biodiversidade. Por isso, não há consenso sobre a parcela do reservatório que se poderia cobrir com painéis, por exemplo.</p>
	<p><u>Dificuldade de ancoragem em grandes reservatórios e/ou com grande variação no nível d'água:</u> Uma dificuldade imposta ao sistema de ancoragem de plantas solares flutuantes em reservatórios de UHE é a sua adaptação ao tamanho do reservatório, que pode chegar a milhares de km², permitindo a instalação de empreendimentos de grande porte e a grandes distâncias das margens, devendo ainda resistir a esforços físicos, como ventos e correnteza. Mais que isso, a ancoragem deve se adaptar também à variação do nível d'água dos reservatórios, que pode ser inerente à sua operação ou devido às condições climáticas de precipitação e evaporação.</p>
	<p><u>Dificuldade de manutenção do ângulo dos painéis:</u> Devido às movimentações do corpo d'água, é difícil o controle do ângulo dos painéis solares FV. Como a estrutura flutuante não é estática, a tecnologia de seguidor solar geralmente não é aplicada em plantas solares flutuantes, limitando o aumento de sua eficiência.</p>
<p><u>Nível de maturidade tecnológica dos inversores flutuantes em grandes reservatórios:</u> Dependendo do tamanho do reservatório e, conseqüentemente, da distância da planta solar flutuante à margem, existe a possibilidade de posicionar os inversores em plataformas flutuantes ao invés de em terra, de forma a reduzir as perdas na transmissão da eletricidade. Contudo, além de mais cara, a tecnologia ainda precisa atingir um nível de maturidade tecnológica mais elevado.</p>	

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
Econômicas e de mercado	<u>Poucos fornecedores da tecnologia de flutuadores:</u> O mercado de estruturas flutuantes para módulos fotovoltaicos, inversores e transformadores é dominado basicamente por dois fornecedores de larga escala no mundo: Ciel & Tierre e Sungrow. Apenas a Ciel & Tierre está presente no Brasil, através de seus representantes licenciados: Sunlution e F2B.
	<u>Falta de competitividade com a geração solar em terra:</u> A principal motivação para a alocação das plantas solares na água em outros países é a baixa disponibilidade de terras e, em consequência, seu alto custo. Porém, este não é um problema no Brasil, onde inclusive as áreas de maior potencial solar se localizam no árido sertão nordestino. Diante disso, os maiores custos para a energia solar flutuante em relação à convencional não são compensados, o que se traduz em falta de competitividade da fonte no mercado brasileiro de energia, caso não haja outros incentivos à sua adoção.
	<u>Elevados custos de capital:</u> Os custos de capital da solar FV flutuante são mais elevados do que os observados na energia solar em terra devido, principalmente, aos flutuadores, ao sistema de ancoragem e à parte elétrica, que inclui as plataformas flutuantes dos inversores e os cabos subaquáticos, quando empregados.
Regulatórias e institucionais	<u>Indefinição no processo de licenciamento ambiental:</u> Por ser uma tecnologia recente no Brasil e cujos impactos ambientais ainda são pouco conhecidos, o processo de licenciamento, incluindo os estudos ambientais a serem realizados, para a instalação de plantas solares flutuantes em reservatórios ainda não está definido. Projetos convencionais de energia solar, que geralmente causam impactos irrelevantes ao seu entorno, têm seu licenciamento condicionado ao porte do empreendimento e, na maioria das vezes, o procedimento é bastante simplificado e rápido. A indefinição no processo de licenciamento pode gerar atrasos e riscos aos projetos.
	<u>Indefinição sobre as obrigações de gestão dos reservatórios:</u> Há indefinição no que tange aos direitos e as responsabilidades da gestão de plantas solares flutuantes em reservatórios de usos múltiplos, o que traz riscos regulatórios e pode restringir o desenvolvimento a fonte em certas localidades.
	<u>Falta de arcabouço regulatório para a contratação da energia:</u> A combinação da geração elétrica solar com as hidrelétricas com reservatórios de acumulação traz benefícios de complementariedade para ambas as fontes. Contudo, é preciso definir as regras de contratação da eletricidade sendo produzida por sistemas híbridos em geral, discussão que recém foi iniciada pela ANEEL e pela EPE. Outro ponto é a questão dos leilões de energia, para os quais deve haver uma definição sobre a entrada de sistemas solares flutuantes como energia solar ou como sistemas híbridos de UHE e solar, e quais serão as regras de competição no mercado regulado de energia.
Culturais e de capacitação	<u>Desconhecimento da tecnologia e de seus benefícios:</u> Por ser uma tecnologia recente no Brasil, sua adoção gera rejeição pela percepção de que é cara e de difícil operação. Além disso, no contexto de falta de competitividade da tecnologia em relação a outras fontes renováveis, incluindo a solar em terra, os altos custos atuais se sobrepõem às vantagens que possui. Parte da rejeição provém do desconhecimento dos benefícios da tecnologia, cujos impactos ambientais negativos e positivos, por exemplo, ainda foram pouco estudados no contexto brasileiro. Ademais, a falta de um inventário do potencial da fonte no Brasil também desestimula o conhecimento da sociedade sobre a mesma.

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
VEÍCULOS HÍBRIDOS FLEX	
Técnicas	<p><u>Inexistência de padrões tecnológicos:</u> Existe uma grande variedade de tecnologias de baterias, motores elétricos e conversores. As diferentes empresas do setor automobilístico acabam por criar modelos com distintos tipos de equipamentos, mostrando que não há uma preferência por alguma tecnologia específica. Isto indica que, embora sejam componentes já dominados fora da indústria automobilística, ainda há margem para desenvolvimento tecnológico destes componentes, dada a quantidade de combinações existentes entre estas tecnologias, necessitando a criação de um <i>benchmark</i> para tal.</p>
	<p><u>Nível de maturidade tecnológica dos transistores de potência:</u> São semicondutores necessários para conversão de diferentes formas de onda de tensão e controle do fluxo de energia elétrica, que são essenciais para a conversão e reconversão do motor a gasolina para o motor elétrico. Este componente ainda não atingiu o seu ponto máximo de desenvolvimento, não conta com tecnologia vencedora e não é produzido no país</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Baixo conteúdo local dos componentes veiculares:</u> A montadora nacional que produz um veículo híbrido flex o faz a partir da importação de diversos de seus componentes, inclusive o conjunto híbrido que é produzido em fábricas no exterior.</p>
	<p><u>Escassez de oferta:</u> Decorre da incapacidade da atual produção de veículos híbridos flex em atingir a demanda total requerida pelos consumidores.</p>
	<p><u>Elevado custo ao consumidor final:</u> O veículo híbrido flex transcorreu quatro das cinco fases do desenvolvimento tecnológico, passando pela pesquisa e desenvolvimento, protótipo, projeto piloto e agora se encontra na fase de comercialização, faltando somente a fase de maturação e competitividade, o que resulta que o acesso, em face do custo, se dê somente às classes sociais mais elevadas.</p>
	<p><u>Alto nível de investimento pelas montadoras:</u> Ao se tirar como exemplo a fábrica brasileira modernizada para a fabricação de um veículo híbrido flex no Brasil, observa ser necessário um alto nível de investimento para conversão do parque automotivo visando essa motorização.</p>
	<p><u>Potencial perda de empregos em parques automobilísticos voltados à produção de veículos com motores à combustão interna:</u> Ainda que a mão de obra possa ser realocada para a produção de veículos híbridos flex, é fato que no curto prazo parte da força de trabalho não poderia ser absorvida em virtude da falta de qualificação para a montagem em uma nova plataforma veículos.</p>
Regulatórias e institucionais	<p><u>Inexistência de marco legal e linhas de financiamento específicas para veículos elétricos:</u> A inserção de veículos elétricos possui lacunas regulatórias que geram incertezas para os interessados em investir na mobilidade elétrica. Ademais, tem-se uma falta de mecanismos que permitam linhas de financiamento específicas para veículos híbridos flex.</p>
Culturais e de capacitação	<p><u>Desconhecimento dos benefícios da tecnologia:</u> Por ser uma tecnologia recente no país, há a falta de conhecimento por parte da população dos possíveis benefícios gerados, principalmente ao se considerar a redução de emissão de gases de efeito estufa e poluentes de efeito local, bem como autonomia e custo de manutenção veicular.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
VEÍCULOS ELÉTRICOS A PILHA COMBUSTÍVEL A ETANOL	
Técnicas	<u>Falta de consenso na tecnologia dominante de conversão energética:</u> O processo de utilização do etanol de maneira direta na pilha a combustível é amplamente discutido na literatura e também por pesquisadores brasileiros. Falta, porém, consenso no tipo de pilha a combustível para utilizar o etanol de forma direta, bem como a escolha ideal de componente no catalisador. Há, então, espaço para maiores estudos e aprimoramentos neste processo, como é o caso do fuel crossover e danos ao catalisador. Como ainda é uma tecnologia em fase de desenvolvimento, não há ainda a especificação dita ganhadora.
	<u>Inexistência de padrões tecnológicos:</u> Existe uma grande variedade de tecnologias de baterias, motores elétricos e conversores. As diferentes empresas do setor automobilístico acabam por criar modelos com distintos tipos de equipamentos. Isto indica que, embora sejam componentes já dominados fora da indústria automobilística, ainda há margem para desenvolvimento tecnológico destes componentes, dada a quantidade de combinações existentes entre estas tecnologias, necessitando a criação de um <i>benchmark</i> para tal.
	<u>Falta de conteúdo local e nível de maturidade dos transistores de potência:</u> São semicondutores necessários para conversão de diferentes formas de onda de tensão e controle do fluxo de energia elétrica, que são essenciais para a conversão e reconversão do motor a gasolina para o motor elétrico. Este componente ainda não atingiu o seu ponto máximo de desenvolvimento, não conta com tecnologia vencedora e não é produzido no país.
Econômicas e de mercado	<u>Dependência do mercado internacional:</u> Dependência do desenvolvimento da pilha a combustível a hidrogênio no mercado internacional não pode estar associado à implementação da pilha a etanol direto.
	<u>Baixo nível de desenvolvimento tecnológico:</u> O veículo a pilha a combustível a etanol direto se encontra na terceira fase do desenvolvimento tecnológico (prova de conceitos de funções críticas de forma experimental). Deste modo, falta um sólido desenvolvimento tecnológico para comprovar a eficácia, usabilidade e difusão desta tecnologia.
	<u>Elevado custo ao consumidor final:</u> Dada a falta de produção de pilhas a combustível em solo brasileiro, espera-se que o custo de seus componentes seja elevado, devido à importação dos mesmos. À vista disso, este custo elevado se torna uma barreira pelo acesso permitido somente às classes sociais mais elevadas.
Culturais e de capacitação	<u>Desconhecimento dos benefícios da tecnologia:</u> Por ser uma tecnologia em desenvolvimento, há falta de conhecimento por parte da população dos possíveis benefícios que podem ser gerados.

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS	
Técnicas	<u>Heterogeneidade dos substratos:</u> Faz-se necessária a caracterização dos substratos devido à natureza heterogênea do mesmo, para a partir disso definir as tecnologias de pré-tratamento adequadas a diferentes tipos de resíduos.
	<u>Escassez de dados gravimétricos de resíduos:</u> A escassa ou descontinuada disponibilidade de dados gravimétricos de resíduos em diferentes regiões do país dificulta o mapeamento e dimensionamento do mercado e a elaboração de estudos de viabilidade.
	<u>Definição de tecnologias de pré-tratamento inadequadas:</u> Em função da heterogeneidade de matérias-primas para o processo de codigestão, faz-se necessário realizar estudos para identificação das tecnologias de pré-tratamento adequadas para o aproveitamento dos resíduos.
Econômicas e de mercado	<u>Sazonalidade dos resíduos agrícolas:</u> A sazonalidade dos resíduos desincentiva a abertura de linhas de financiamento para as alternativas de aproveitamento e dificulta o estabelecimento de um mercado para produtos da biodigestão. Isto porque, necessita-se de um suprimento constante e previsível dos produtos gerados que viabilizem os projetos e garantam o estabelecimento de contratos de comercialização.
	<u>Ausência de mercado para o biogás:</u> Inexiste mercado para a comercialização de biogás no Brasil. A ausência de linhas de financiamento e de um marco regulatório específico para biogás são fatores que, em muitos casos, inviabilizam projetos de biodigestão que não visam a geração de energia elétrica ou produção de biometano (e que, portanto, teriam menores custos de investimento associados). Algumas linhas de financiamento existentes de certo modo até podem ser adequadas a projetos de biogás. Não obstante, algumas particularidades como, por exemplo, a exigência de garantias para financiamento, dificultam o acesso a crédito.
	<u>Ausência de mercado para o biometano no setor de transportes:</u> O desenvolvimento do mercado para o uso de biometano em veículos pesados tem potencial aplicação no país. Contudo, a formação deste mercado requer que o biocombustível seja produzido em grandes escalas e a adaptação dos motores duais diesel-gás à frota brasileira.
	<u>Limite à valorização do biometano:</u> A inexistência de alternativas para a comercialização de biometano limita sua valorização ao preço definido pelas concessionárias distribuidoras de gás natural. Não havendo a possibilidade de negociação, este fator pode inviabilizar projetos de produção de biometano a partir de biodigestão.
	<u>Elevados custos de capital, operacionais e de manutenção:</u> A principal barreira econômica está associada aos elevados custos de capital (CAPEX) e de operação e manutenção (OPEX). Tais custos, associados tanto a biodigestores quanto a tecnologias de pré-tratamento de resíduos, reduzem a atratividade de investimentos e dificultam a transferência de conhecimento sobre a tecnologia para a capacitação de mão-de-obra local. A inexistência de um mercado consolidado para produtos de biodigestão impõe a necessidade de importação de equipamentos, justificando os elevados investimentos dos projetos.
Regulatórias e institucionais	<u>Inexistência de regulamentação e linhas de financiamento exclusivas:</u> A inexistência de marco regulatório específico e linhas de financiamento exclusivas, configuram a principal barreira institucional identificada. Tendo em vista o elevado potencial de aproveitamento energético de resíduos para substituir fontes energéticas de origem fóssil, a existência de tais instrumentos poderia auxiliar sua implementação de forma estratégica e integrada, estimulando a criação de novos projetos, possibilitando a captação de recursos e conhecimento.
Culturais e de capacitação	<u>Projetos de biodigestão malsucedidos:</u> Na década de 2000, diversos biodigestores foram instalados no país, motivados pelo mercado de créditos de carbono criado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto. Contudo, a crise econômica mundial (e consequente queda nos valores de crédito de carbono), afetaram a viabilidade dos projetos no médio e longo prazo. Tais insucessos criaram desconfiança entre os atores do setor e diminuíram a atratividade dos novos projetos. Ademais, a falta de <i>expertise</i> na produção de energia partir de resíduos agrícolas, também é uma barreira crítica a ser enfrentada.

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
FOGÕES SOLARES FOTOVOLTAICOS COM INDUÇÃO	
Técnicas	<u>Nível de maturidade tecnológica:</u> Inexiste uma aplicação em campo de sistema fotovoltaico com fogões solares com indução no Brasil, o que restringe o teste ao ambiente demonstrador de operação.
Econômicas e de mercado	<u>Ausência de cadeias de valor da tecnologia:</u> Nas regiões rurais do Brasil, inexistem cadeias de valor para instalação e manutenção de fogões solares e sistemas fotovoltaicos.
	<u>Alto custo dos equipamentos adicionais ao fogão de indução:</u> Os equipamentos do sistema fotovoltaico com fogões solares com indução têm custo proibitivo para famílias de baixa renda, que usualmente utilizam a lenha para cocção de alimentos.
Culturais e de capacitação	<u>Resistência à mudança nos padrões de cocção:</u> Famílias que utilizam fogões a lenha possuem o hábito de cocção lenta de alimentos, aspecto o qual limita a introdução de fogões por indução nestes domicílios.
	<u>Desconhecimento dos benefícios da tecnologia:</u> Grande parte da população no país ainda desconhece os benefícios da implementação de sistemas fotovoltaicos nas edificações.
	<u>Falta de capacitação para instalação e manutenção dos sistemas:</u> Em regiões rurais, como é o caso do semiárido nordestino, inexistente mão de obra qualificada para realização a instalação e manutenção de sistema fotovoltaico com fogões solares com indução.

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
MATERIAIS INOVADORES PARA CIMENTO	
Técnicas	<p><u>Baixa reatividade das adições:</u> O filler calcário apresenta uma baixa reatividade, agindo como diluente para o cimento quando usado como adição em teores superiores a 5%. A compensação para este efeito demanda um aumento do esforço de moagem do clínquer, que deve ser feita separadamente à moagem do filler, para que os tamanhos de partícula se mantenham compatíveis.</p>
	<p><u>Alto nível de emissões energéticas na calcinação da argila:</u> A calcinação da argila, apesar de não produzir emissões de processo, demanda uma considerável quantidade de energia térmica, correspondente a cerca de 70% da energia necessária para calcinar o clínquer. Isso limita o potencial de mitigação do uso de argilas calcinadas para substituir o clínquer em relação às demais adições avaliadas.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Redução da disponibilidade de resíduos e subprodutos industriais usados atualmente na indústria do cimento:</u> Especialistas no setor de cimento esperam que haja uma restrição na oferta de materiais tradicionalmente empregados como adições no cimento. Essa barreira de mercado, portanto, afeta o uso futuro de escória granulada de alto-forno e cinzas volantes, tornando essas matérias-primas nós críticos na cadeia de valor.</p>
	<p><u>Existência de fornos de calcinação como limitante do potencial de uso de argilas calcinadas:</u> Dado o elevado custo de capital para aquisição de fornos de calcinação para argilas, a maioria dos equipamentos para este fim existentes no Brasil atualmente são fornos de calcinação de cimento antigos que foram redirecionados para este propósito. Praticamente não há fornos adquiridos pelos investidores com a finalidade exclusiva de calcinação da argila. Assim, apesar de ser matéria-prima abundante no território brasileiro, o uso de argilas na indústria do cimento é condicionado à pré-existência de um forno de calcinação próximo, tornando esta matéria-prima um nó crítico da cadeia de valor.</p>
	<p><u>Desconhecimento da disponibilidade de materiais cimentícios suplementares:</u> Inexistem estudos que tenham mapeado a disponibilidade de escória granulada de alto-forno, cinzas volantes de carvão mineral, filler calcário e argilas calcinadas no Brasil, o que limita a utilização desses materiais em substituição ao clínquer na produção de cimento.</p>
	<p><u>Inexistência de arranjos produtivos para a produção de novos cimentos e estudos de viabilidade técnica-econômica:</u> Poucas pesquisas têm sido realizadas no país com vistas a testar a produção cimentos com menor proporção de clínquer, o que dificulta a formação de novos arranjos produtivos.</p>
Institucionais e regulatórias	<p><u>Trancamento à padronização internacional:</u> A padronização do setor segue diretrizes de instituições internacionais dominantes (ASTM e EN) e dá-se basicamente de forma prescritiva, ditando a composição dos cimentos para os produtores. Isso limita a capacidade de exploração de matérias-primas disponíveis localmente, que podem resultar em cimentos de qualidade igual ou superior ao determinado nas normas vigentes</p>
Culturais e de capacitação	<p><u>Baixa qualificação dos autoconstrutores:</u> O cimento Portland tradicional apresenta uma relativa facilidade de manuseio para a formulação de concretos e argamassas, mesmo por usuários com baixa qualificação profissional. Assim, inovações tecnológicas no setor que demandem um maior controle nas proporções dos materiais para formulação do concreto deparam-se com essa barreira cultural e informacional do autoprodutor, que tenderá a utilizar as proporções fixas as quais está habituado</p>
	<p><u>Rigidez e conservadorismo do setor de construção:</u> O setor de construção é caracteristicamente conservador e cético a inovações tecnológicas, dadas as possíveis consequências que a falha de um material em uma estrutura pode acarretar. Assim, a aceitação de mudanças tecnológicas pelo mercado do cimento é dificultada, o que repercute transversalmente pela cadeia de valor, mas sobretudo nos nós críticos associados ao uso final.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
INDÚSTRIA 4.0	
Técnicas	<p><u>Baixa competência no desenvolvimento de <i>hardwares</i>, <i>softwares</i> e <i>analytics</i></u>: Ainda é pouco desenvolvida competências importantes em áreas tecnológicas no país em mercados automatizados, Big Data e infraestrutura de internet, que são elementos chaves dessas plataformas tecnológicas.</p>
	<p><u>Ausência de padrões de interoperabilidade e lacunas de segurança de dados</u>: Outro gargalo tecnológico identificado refere-se à necessidade de customização das soluções existentes para diferentes clientes, dos mais variados setores, a qual exige a definição de padrões de comunicação. Mais do que isso, a segurança de dados para competitividade industrial é um dos principais desafios para consolidar a indústria 4.0.</p>
	<p><u>Limitada infraestrutura de banda larga e rede móvel</u>: A infraestrutura básica de todo o aparato tecnológico 4.0 é o sistema de telecomunicação nacional. Assim, a limitada infraestrutura de banda larga e rede móvel são entraves para seu funcionamento, uma vez que, na indústria 4.0, os fluxos de informações são essenciais para o funcionamento da produção.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Ausência de integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas</u>: A integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas é primordial para o ganho de eficiência esperado com a indústria 4.0, e deverá provocar mudanças significativas nas relações entre clientes e fornecedores. Isso demandará não somente a adaptação dos processos existentes no Brasil, como também o desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias de <i>hardware</i> e <i>software</i>.</p>
	<p><u>Conceito pouco difundido</u>: Apesar de algumas empresas e <i>startups</i> já apresentarem modelos de negócio circulares que incorporem as tecnologias 4.0, o desconhecimento do conceito ainda permeia, atualmente, diversos segmentos industriais diversas esferas. A indústria 4.0 ainda é bastante recente e pouco difundido no Brasil. O desconhecimento permeando o sistema educacional, desde a educação básica até os níveis superiores, implica em poucos profissionais qualificados a pensarem de forma metódica e sistêmica no redesenho de produtos, processos circulares e, principalmente, em modelos de negócio circulares inovadores.</p>
	<p><u>Força de trabalho insuficiente</u>: Outra barreira de mercado identificada é em relação à força de trabalho, a qual é escassa, de qualidade inadequada e treinada à moda antiga.</p>
	<p><u>Incerteza acerca do retorno de investimento</u>: Apesar de promissoras, existem muitas incertezas atreladas ao retorno do investimento na indústria 4.0, devido à falta de tecnologias em escala, à alta necessidade de capital e o excessivo tempo de retorno do investimento.</p>
Regulatórias e institucionais	<p><u>Regulação defasada</u>: No âmbito da transformação industrial introduzida pela indústria 4.0, são várias as áreas que requerem revisão na regulação, especialmente aquelas que dispõem sobre: proteção e segurança de dados, direitos a informações pessoais e não pessoais, informações contratuais, responsabilidade legal, propriedade intelectual, segurança de produto, direitos e deveres civis, trabalho, tributação, competição de mercado e antitruste. No Brasil, várias regulamentações são inadequadas ao ecossistema 4.0, uma vez que estas foram aprovadas em outra conjuntura produtiva e, portanto, não representam as novas tendências tecnológicas. De modo geral, observa-se a falta de um respaldo institucional e um direcionamento claro e estratégico em relação a temática no país, que se espelha no arcabouço regulatório</p>
	<p><u>Políticas de intercâmbio tecnológico, comercial e de conhecimento insuficientes</u>: Outra barreira que tange ao poder público é o investimento em treinamento para criar uma força de trabalho altamente qualificada. Um segundo desafio diz respeito à identificação dos instrumentos de política industrial capazes de viabilizar e induzir o intercâmbio tecnológico e comercial com outros países para o acesso ao conhecimento</p>
Culturais e de capacitação	<p><u>Políticas de capacitação profissional insuficientes</u>: Há um baixo conhecimento sobre as tecnologias digitais e seus benefícios. Estas constatações indicam a necessidade de um esforço de disseminação de conhecimento sobre o tema, via revisão da grade curricular, promoção de feiras, seminários e congressos sobre o a indústria 4.0. Em suma, deve-se investir na formação de recursos humanos para atuação na indústria 4.0.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
AGRICULTURA DE PRECISÃO	
Técnicas	<p><u>Baixa conectividade, disponibilidade de interfaces e segurança de dados:</u> A baixa conectividade entre tecnologias é uma barreira transversal elos da cadeia de valor da AP. A interface é dificultada por programas construídos em linguagens de programação do tipo <i>software</i> livre ou diferentes. Também ocorre a incompatibilidade de conectores entre equipamentos, principalmente quando são feitas adaptações em máquinas e implementos não preparados para AP. Ademais, a possibilidade de acesso e violação de equipamentos automatizados causa grande incerteza, pois pode gerar prejuízos vultosos. Finalmente, deve-se promover acesso à internet em regiões rurais do país, bem como em computação na nuvem com segurança das informações.</p>
	<p><u>Sistemas autônomos inacessíveis:</u> Outra barreira transversal, mas que interfere principalmente na tomada de decisão e no controle de indicadores, é a automação de sistemas. Já existem alguns equipamentos de mercado com esse tipo de tecnologia, mas, em geral, possuem custo muito elevado, particularmente para pequenos produtores.</p>
	<p><u>Escassez de tecnologia nacional:</u> Essa barreira reflete no custo de equipamentos utilizados e no maquinário pouco adaptado à diversidade da agricultura brasileira. Tendo em vista que a AP demanda grande aporte financeiro do produtor, é importante incentivar o desenvolvimento de equipamentos nacionais, a fim de proporcionar custo mais acessível em comparação às tecnologias importadas.</p>
	<p><u>Limitação de dados públicos externos à fazenda:</u> Quando se refere a bases de dados disponíveis, para a maioria das regiões brasileiras existem restrições de escala e de atualização dos dados. Desse modo, a rede de dados climáticos e ambientais é outro ponto de atenção. Em diversas áreas do país, o número de estações meteorológicas (por exemplo) é baixo, limitando a qualidade de análises.</p>
	<p><u>Baixa exatidão no processamento digital de imagens:</u> O sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens têm evoluído muito nos últimos anos; entretanto, ainda são barreiras consideráveis para AP, especialmente na parte de classificação de imagens. A classificação é importante para determinação do uso e ocupação do solo, separação de diferentes culturas e identificação de pragas e doenças na lavoura de forma rápida e precisa. Novas técnicas de aprendizado profundo (<i>deep learning</i>) têm despontado como facilitadores, apresentando ganhos em relação aos melhores classificadores existentes. Entretanto, ainda não atingem uma classificação perfeita, e o campo tem muita possibilidade de desenvolvimento e várias aplicações na agricultura.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Alto custo de equipamentos com alto conteúdo tecnológico:</u> O fator econômico representa uma das principais barreiras para a expansão da AP no Brasil, uma vez que o produtor, em geral, não possui recurso suficiente para adquirir um sistema completo, devido ao elevado custo dos equipamentos e da manutenção do sistema. Lembrando que o sistema completo de AP compreende máquinas e implementos adaptados à AP, equipamentos variados, <i>softwares</i> e, até a infraestrutura de internet ou outra solução para transferência dos dados em áreas agrícolas.</p>
Regulatórias e institucionais	<p><u>Ausência de políticas específicas de fomento à economia verde:</u> Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e um mercado de créditos carbono poderiam incentivar o produtor a adotar a AP, o que favoreceria uma agricultura mais sustentável.</p>
	<p><u>Ausência de regulamentação específica para incentivar a adoção da AP:</u> Inexiste uma legislação e entes específicos para incentivar a AP. Exceção é a CBAPD, contudo, a mesma não possui metas para atingimento dos objetivos da Rede.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
Culturais e de capacitação	<u>Baixa percepção de valor da AP pelo agricultor</u> : A grande maioria dos agricultores conhece a AP e os benefícios da sua implementação. Porém, a aplicação variável de insumos nem sempre aumenta os rendimentos das lavouras, podendo mantê-los constantes enquanto reduz os custos de insumos. A AP permite que o agricultor obtenha maiores lucros através de um melhor gerenciamento, e a aplicação de tratamentos químicos focados, mais adequados e reduzidos, que também diminuem o impacto no meio ambiente. Portanto, o produtor talvez perceba que pode obter mais lucro com a implantação da AP, mas considera que o possível aumento do lucro não faz jus ao acréscimo de trabalho.
	<u>Mudança no modelo de gestão agrícola</u> : A AP demanda mudança no modelo de gestão praticado na maioria das propriedades brasileiras e pode aumentar a quantidade de serviço para o gestor da atividade agrícola. Toda mudança gera um certo desconforto e ela pode ser ainda mais difícil quando há baixo valor percebido, conforme citado acima. Além disso, é preciso investimento contínuo em capacitação de técnicos e produtores.
	<u>Ferramentas pouco práticas e intuitivas</u> : Para maior difusão da AP se faz necessária a criação de ferramentas práticas e intuitivas, que possibilitem a implantação da tecnologia sem aumento de atividades para o gestor agrícola.
	<u>Falta de capacitação</u> : O elevado custo de implantação da tecnologia é uma das principais barreiras para o amplo emprego da AP. Entretanto, ocorrem cenários em que o produtor possui o equipamento disponível, mas, devido à falta de capacitação técnica, a tecnologia é pouco explorada.

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE	
Técnicas	<p><u>Falta de padronização de procedimentos de coleta de dados:</u> Procedimento de coleta de material genético não estão padronizados e amplamente disseminados. A coleta de dados, até mesmo para características de mensuração simples (como o peso corporal), não é homogênea. Há divergências quanto à realização de jejum antes da pesagem, tipos de balanças utilizadas e idade de mensuração. Por outro lado, os procedimentos de coleta de dados de características mais difíceis (como a eficiência alimentar) ainda carecem de padronização com relação ao período de adaptação dos animais às instalações e dieta, período de teste, composição da dieta, e metodologia de cálculo da característica.</p>
	<p><u>Falta de integração e agilidade entre agentes envolvidos em programas de MGA:</u> A ampla variabilidade das ferramentas disponíveis para coleta e arquivamento dos dados nas fazendas também dificulta a integração das etapas e a agilidade na transferência de informações entre os agentes em um programa de MGA. Se, por um lado, há ampla variabilidade das ferramentas para coleta e arquivamento de dados, as avaliações genéticas na maioria dos programas de MGA são realizadas utilizando-se um mesmo <i>software</i> estrangeiro e representam uma dependência da tecnologia importada.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Sobrecusto na venda de material genético:</u> Uma das maneiras de transferir material genético superior entre as fazendas de seleção e fazendas comerciais é por meio de touros jovens produzidos pelas primeiras. Um percentual significativo da comercialização de touros acontece por meio de leilões, onde um agente intermediário (a empresa leiloeira) fica responsável pela captação de clientes e negociações. As leiloeiras possuem grandes carteiras de clientes distribuídos nas regiões produtoras de carne, o que contribui para aumentar a procura e a valorização de material genético superior. Por outro lado, elas cobram, em geral dos compradores, uma taxa de 8% sobre os valores comercializados.</p>
	<p><u>Sobrecusto na venda de touros:</u> Há custos sob a responsabilidade dos vendedores de material genético e touros, tais como frete, propaganda e transmissão, e aluguel de recintos. Recentemente, os vendedores de touros têm utilizado outras formas de comercialização, como a venda direta na fazenda. Apesar de reduzir os custos de comercialização, essa estratégia também não tem permitido a comercialização de 100% dos touros disponíveis e os preços praticados são inferiores àqueles obtidos em leilões.</p>
	<p><u>Diferença entre os sistemas de produção:</u> Diretamente relacionada à falta de padronização de coleta de dados e integração entre atores, tem-se que a diferença de sistemas de produção encarece o processo de MGA. De fato, o Brasil é um país de dimensão continental, o que torna complexa a adoção de padrão de sistemas de produção. Contudo, deve-se avançar no sentido de selecionar espécies mais adaptadas às condições edafoclimáticas dos diferentes biomas brasileiros.</p>
Regulatórias e institucionais	<p><u>Inexistência de arcabouço regulatório para padronização mínima do MGA:</u> Inexiste norma regulatória que estabeleça padrões mínimos de potencial genético para a comercialização de um macho para ser utilizado como reprodutor (exceto quando se trata de comercialização de sêmen). Diante dessa lacuna regulatória, surgiram fornecedores de touros com potencial genético desconhecido ou ruim a preços baixos, em relação aos preços praticados pelos fornecedores de material genético de boa qualidade. Isso prejudica a disseminação do MGA e priva a cadeia produtiva de capitalizar os benefícios da tecnologia.</p>
Culturais e de capacitação	<p><u>Falta de conhecimento da importância econômica das características:</u> Alguns reprodutores são utilizados com muita intensidade nas fazendas de seleção e nas fazendas comerciais. Isto pode ocorrer em função de uma estratégia comercial de determinado fornecedor de, pelo fato de esse touro ter sido campeão em uma exposição agropecuária, ou ter sido o primeiro colocado em um sumário de touros (i.e. resultados de avaliação genética). Isto contribui para a redução da variabilidade genética na população e pode prejudicar a evolução do programa de MGA. Esta falta de conhecimento da importância econômica das características resulta na utilização de critérios de seleção subjetivos, que não contemplam as necessidades dos usuários de material genético. Isto implica na escolha de touros inadequados para um determinado sistema de produção e no comprometimento do ganho genético e do retorno econômico.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
SILVICULTURA E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS	
Técnicas	<p><u>Baixo nível de confiança dos empreendedores por insuficiência de conteúdo tecnológico:</u> A seleção de espécies apropriadas para as utilizações almejadas e a disponibilidade de material genéticos produtivos e resistente a pragas e doenças são fundamentais para se alcançar o sucesso financeiro almejado pelo empreendedor. Portanto, essa é uma condição essencial para o interesse na atividade de cultivo de espécies nativas. A inexistência de outros fatores de produção, como as tecnologias de cultivo, tratos silviculturais, manejo e exploração, presentemente pouco exploradas no país, reduz o nível de confiança do empreendedor. Isso demonstra a necessidade dos estudos silviculturais para que a produtividade de genótipos, previamente selecionados, seja elevada e para que a qualidade dos produtos atenda as exigências do mercado.</p>
	<p><u>Deficiência das políticas de fomento à pesquisa:</u> Em 2006 foi lançado o Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais – PENSAF. Esse programa estabeleceu como objetivo geral a criação de condições favoráveis à utilização de espécies florestais nativas e sistemas agroflorestais com fins de produção comercial. Dentre os objetivos específicos do Plano, está a implantação de um programa de pesquisa e desenvolvimento visando à geração de novos conhecimentos e tecnologias para melhoria dos diferentes sistemas produtivos usando espécies florestais nativas. Contudo, até o momento, esses objetivos ainda não foram plenamente alcançados e continuam representando uma barreira importante no setor.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Rejeição das madeiras juvenis produzidas pelo sistema de silvicultura de árvores nativas:</u> A idade da árvore pode limitar, mas não impedir, o uso de sua madeira, sendo que presentemente tem-se a rejeição de madeiras juvenis. Esse fenômeno decorre das variações naturais do processo biológico da formação da madeira. Em árvores jovens, como as produzidas no referido processo silvicultural, há maior proporção de lenho juvenil em relação ao lenho adulto. A madeira desses lenhos tem variações nas suas constituições anatômicas, físicas e químicas, que provocam as variações internas da madeira, principalmente no sentido radial. Também há variações entre espécies quanto à idade de transição do lenho juvenil para o adulto. O melhoramento genético e, principalmente, o uso de tecnologias apropriadas para o processamento primário e secagem da madeira são capazes de minimizar os efeitos da mencionada variação radial na produção de madeira sólida.</p>
	<p><u>Alto custo para a implementação de programas de melhoramento florestal:</u> Os programas de melhoramento demandam grandes investimentos para a sua implementação, uma vez que, após a seleção das espécies, é necessário estudar várias populações e indivíduos. Estes elevados custos impedem a disseminação da silvicultura com melhoramento genético de nativas, contudo, deve-se ter presente que, no longo prazo, os custos são amplamente compensados pelos ganhos de produtividade e de qualidade dos produtos madeireiros e não madeireiros.</p>
	<p><u>Longo prazo dos ganhos em produtividade:</u> Os ciclos reprodutivos das espécies arbóreas são relativamente longos. Esse fato dificulta a formação de gerações avançadas de seleção dentro das espécies de interesse e, conseqüente, os ganhos genéticos em produtividade e qualidade dos produtos madeireiros e não madeireiros são lentos e demandam várias décadas de estudo.</p>

continua

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
Regulatórias e institucionais	<u>Complexidade da legislação ambiental:</u> Essa barreira decorre das incongruências existentes na legislação que determina a necessidade de Documento de Origem Florestal (DOF) em contraste com as legislações ambientais de alguns estados.
	<u>Dificuldades nas atividades de concessão de crédito:</u> Em 2016, o Serviço Florestal Brasileiro e o Ministério do Meio Ambiente divulgaram o Guia de Financiamento Florestal. Nesse documento estão descritas as várias linhas de crédito que podem auxiliar na condução de projetos de silvicultura com espécies nativas. Relata-se o PRONAF Florestas, e outros programas de crédito (como o do BNDES – Programa Fundo Clima e Subprograma: Florestas Nativas com apoio ao plantio florestal com espécies nativas para fins de produção madeireira e não madeireira; e o FCO VERDE – Conservação da Natureza). No entanto, para utilização dessas linhas de crédito em atividades florestais com espécies nativas é necessária a realização de ajustes e modificações nas regras de concessão de crédito, principalmente em termos de prazos de reembolso, carências e garantias, tendo em vista que o tempo de ciclo de produção das espécies nativas para produção de toras com diâmetro suficiente para um bom rendimento no processamento primário da madeira é muito maior que aqueles definidos pelas fontes de financiamento listadas no guia de financiamento florestal. Os prazos e carências descritos são compatíveis somente com a atividade de silvicultura de espécies exóticas de rápido crescimento. Essa incongruência, portanto, inviabiliza a tomada de crédito por parte do produtor rural que deseja investir no cultivo de espécies arbóreas nativas.
	<u>Baixo nível de confiança dos empreendedores:</u> Por serem empreendimentos com previsão de retorno financeiro de longo prazo, há receio de o investimento ser muito vulnerável, dada a possibilidade de alterações nas políticas governamentais para o ambiente. Além disso, há também a falsa informação de que, no futuro, a madeira poderá vir a ser substituída por produtos industrialmente sintetizados.
Culturais e de capacitação	<u>Dificuldades no planejamento das atividades e desconhecimento dos mecanismos públicos e privados de apoio:</u> Essas barreiras têm origem na baixa oferta de assistência técnica e pouca capacitação de técnicos e agricultores para a condução do processo silvicultural com espécies nativas. Os mecanismos de assistência técnica e treinamento dos produtores rurais, além do repasse de conhecimentos sobre o cultivo, manejo e exploração florestal, devem também incluir conteúdos que prestam informações sobre mecanismos públicos de apoio e, principalmente, de comercialização.

continua

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO	
Técnicas	<u>Dificuldade de acesso a equipamentos:</u> A dificuldade de acesso e o alto custo de equipamentos para realização de plantios mistos são um gargalo para o desenvolvimento da tecnologia, especialmente frente à mão-de-obra escassa.
	<u>Pouca bibliografia e resultados relatados:</u> São escassos os estudos com variedades de sistemas agroflorestais e plantios mistos para respaldar tecnicamente as ações em campo.
	<u>Baixo nível de investimento na pesquisa de plantios mistos:</u> O baixo nível de investimentos em pesquisa na área de silvicultura com plantios mistos para restauração dificulta a disseminação da atividade.
Econômicas e de mercado	<u>Dependência de escala para produção:</u> A implementação da tecnologia de plantios mistos para recuperação é penalizada pela baixa escala produção de um determinado produto em face aos altos custos fixos, que frequentemente inviabilizam o desenvolvimento de uma cadeia produtiva.
	<u>Alto custo de insumo, transporte e implantação dos sistemas mistos:</u> O alto custo de implementação decorre de vários fatores. A produção mínima necessária e a distância dos produtos em relação aos centros consumidores implicam em uma razão custo/benefício que torna a aquisição inviável. Fretes, frente a produtos provenientes de diferentes locais geram impactos financeiros consideráveis da logística no preço final do produto. A necessidade de aquisição de mais de uma espécie para plantio sugere a necessidade de compra em viveiros distintos. Os tratos culturais devem receber manutenção prévia, no mínimo 3 anos, para implantação. Apesar do custo regressivo, a implantação possui custo total elevado. Plantios realizados em áreas de pior topografia, sem a possibilidade de mecanização, muitas vezes em arranjos complexos para atender os Sistemas Agroflorestais (SAFs), possuem custo mais alto devido à baixa eficiência do serviço realizado.
	<u>Baixa disponibilidade de mão-de-obra no campo:</u> Nos últimos anos o êxodo e o envelhecimento da mão-de-obra rural reduziram muito sua disponibilidade nas propriedades rurais. O avanço da mecanização e a dificuldade em obter trabalho formal no campo também são fatores que contribuem para a falta da mão-de-obra. Quando esta está disponível, tende a não possuir aptidão para a atividade.
Regulatórias e institucionais	<u>Burocracia nos trâmites federais, estaduais e municipais:</u> A burocratização, assim como a queda de investimentos em atividades de fiscalização dificultam a implementação do Código Florestal, assim impactando a difusão da tecnologia.
	<u>Reposição florestal preferencialmente com nativas:</u> O Código Florestal Brasileiro prevê o uso preferencial de espécies nativas para reposição florestal, conforme determinações do órgão competente do Sisnama com relação ao uso de matéria prima (Art. 33, § 4º). Essa definição compete com o desenvolvimento da tecnologia de plantios mistos usando exóticas.
	<u>Limitação de uso de exóticas para propriedades de até quatro módulos fiscais:</u> O componente exótico pode ser importante em muitos sistemas agroflorestais. No entanto, não podem sempre ser plantados devido à limitação imposta pelo número de módulos fiscais.
Culturais e de capacitação	<u>Carência de infraestrutura de conectividade no campo:</u> Para os proprietários, a conectividade no campo ainda é cara e restrita, o que pode dificultar a sua capacitação visando ao cultivo de plantios mistos.
	<u>Falta de assistência técnica especializada na região:</u> A presença do técnico no campo é fundamental para respaldar o produtor, quando se trata de plantios mistos. Mesmo em condições de cultivo mínimo, existe a necessidade de zelar pelo sistema de produção. A realização do manejo integrado de pragas e a identificação de doenças são fundamentais para garantir a produção. Em um contexto de falta de assistência técnica para prover capacitação na atividade, deve-se avançar para superação do entrave da capacitação de técnicos em plantios mistos.
	<u>Falta de mão de obra capacitada:</u> A mão-de-obra é escassa e não apresenta a capacitação necessária para desenvolver as atividades requeridas para a implementação da tecnologia.

continuação

TIPO DE BARREIRA	DESCRIÇÃO
MONITORAMENTO POR SATÉLITE	
Técnicas	<p><u>Baixo investimento em pesquisa de base e aplicada relativa a imagens de alta resolução:</u> Visto o tamanho continental do país, será inviável aplicar nos novos sistemas que utilizam metodologias automáticas as mesmas metodologias de interpretação visual atualmente empregadas nos sistemas de monitoramento do INPE. A abordagem de classificação automática no nível do pixel já tem apresentado uma boa performance com imagens de resolução espacial média. Porém, as imagens de alta resolução apresentam novos desafios. Para superá-los, será necessário ampliar, substancialmente, investimentos em pesquisas ligadas à classificação automática no nível do pixel e análise de imagens baseada em objetos (OBIA) e outras abordagens semânticas que permitem interpretações automáticas mais complexas.</p>
	<p><u>Disponibilidade restrita de imagens de alta resolução:</u> Ainda falta no país uma agenda estruturante de pesquisa sobre análise de imagens de alta resolução. O lançamento do CBERS-4A em dezembro de 2019 deve amenizar essa barreira, mas, mesmo assim, sem investimentos no desenvolvimento de uma nova geração de sistemas de monitoramento, o país não se beneficiará no longo prazo dessa tecnologia.</p>
	<p><u>Falta de aplicação de dados dos sistemas de monitoramento para gerar inteligência territorial:</u> Existem também barreiras ligadas não somente a disponibilidade de imagens e capacidade de processamento, mas também a possibilidade de encontrar e compreender esses dados. Os manuais de boas práticas sobre a criação e difusão de dados espaciais indicam a necessidade de criar e manter de modo sistemático metadados, ou seja, dados que qualificam as bases de dados dando informações sobre sua estrutura e sentido dos dados. Infelizmente, porém, uma grande quantidade disponibilizada publicamente na Internet e gerada por órgãos governamentais não fornecem metadados, dificultado muito o uso dessas informações.</p>
Econômicas e de mercado	<p><u>Baixo investimento em tecnologia nacional de satélites e metodologias de processamento de imagens:</u> Existem barreiras econômicas substanciais que afetam todos os principais nós da cadeia de valor dos sistemas de monitoramento por satélite. No elo da cadeia relacionado ao desenvolvimento e produção de <i>hardware</i>, o Brasil sofreu uma grande perda com o acidente que ocorreu em 2003 durante testes do foguete VLS-1, que ocasionou na morte de grande parte da equipe técnica. Após o acidente, os recursos dedicados ao projeto foram reduzidos drasticamente. Os demais projetos previstos também tiveram orçamentos reduzidos, sendo que somente uma pequena parcela dos recursos orçados foram executados. Também faltam investimentos governamentais para aplicação de dados dos sistemas de monitoramento para gerar inteligência territorial, apesar da existência de investimentos isolados na iniciativa privada no âmbito da agricultura de precisão e da realização de pesquisas científicas sobre o tema.</p>
Culturais e de capacitação	<p><u>Falta de conhecimento das tecnologias:</u> Em particular, observa-se uma falta conhecimento, principalmente dos pequenos e médios produtores e de agentes públicos municipais, sobre os sistemas de monitoramento já existentes e o papel da inteligência territorial na gestão dos imóveis rurais e dos municípios, estados e federação. Essa falta de conhecimento vem acompanhada da falta de capacitação no uso de geotecnologias. Apesar da situação ter melhorado substancialmente nos últimos anos, principalmente nos órgãos ambientais, os pequenos e médios proprietários rurais têm conhecimento limitado sobre os sistemas de monitoramento da mudança da cobertura e uso da Terra. Isso, somando-se a falta de sistemas de inteligência territorial, e incentivos em disseminação dos benefícios dos sistemas de monitoramento, faz com que os proprietários não tenham informações sobre a regularidade ambiental dos seus imóveis rurais assim como indicações sobre o melhor uso da terra.</p>
	<p><u>Falta de capacitação para uso das tecnologias:</u> A falta de treinamento em programação é outra barreira importante para a disseminação e capacitação ligada aos sistemas de monitoramento por satélite. Existe um número cada vez maior de linguagens, <i>softwares</i> e plataformas de análise de imagens de satélite. Porém, para que essas ferramentas sejam usufruídas é necessário haver uma maior capacitação em programação para uma gama maior de profissionais, como engenheiros agrícolas, florestais entre outros.</p>

continua

ANEXO II – MEMBROS DO CTC E ESPECIALISTAS DAS CS ENVOLVIDOS NAS ETAPAS DE VALIDAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO TECNOLÓGICA

NOME	INSTITUIÇÃO
Eduardo Speranza	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Domingos Valente	Universidade Federal de Viçosa
Valderes de Sousa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Alexandre Camargo Coutinho	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Bernardo Rudorff	Agrosatélite Ltda
Cláudio Almeida	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Julio Minelli	Associação de Produtores de Biocombustíveis
Gilberto Menezes	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Carlos Gabriel Koury	Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia
Rodrigo Costa	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Marcelo Baltazar	Companhia Siderúrgica Pecem
Camila Abelha	Universidade Federal Fluminense
Ênio Pereira	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Orestes Gonçalves Junior	F2Brasil S/A
Gustavo Nunes	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Marcia Carla Ribeiro de Oliveira	Instituto Nacional de Tecnologia
Lucas Rosse Caldas	LRC Ambiental Ltda
Mauricio Henriques Jr.	Instituto Nacional de Tecnologia
Marcelo Poppe	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Marcio Massakiti Kubo	Itaipu Binacional
Gilberto Fisch	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Joaquim Augusto Pinto Rodrigues	Instituto Nacional de Tecnologia
Fernando Martins	Universidade Federal de São Paulo
Edson Orikassa	Toyota Motors S/A
Patrícia Boson	Confederação Nacional dos Transportes
André Gonçalves	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Alberto Coralli	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Paulo Emilio Miranda	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Marco Aurélio Araújo	Ministério da Economia
Raphael Stein	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
Isabella Sousa	Ministério da Economia
Fernando Araldi	Ministério do Desenvolvimento Regional
Joana Borges Rosa	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Mário Henrique Mendes	Ministério do Meio Ambiente

continua

continuação

NOME	INSTITUIÇÃO
Katia Marzall	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Sonia Regina Bittencourt	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Daniel Chang	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Antônio Marcos Mendonça	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Daniela Merlo	CAIXA
Eleneide Sotta	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Morenno de Macedo	CAIXA
Euler Lage	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Gustavo Barbosa Mozzer	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Rafaella Aloise Freitas	Confederação Nacional da Indústria
Mariana Barroso	Empresa de Pesquisa Energética
Luis Fernando Badanhan	Ministério de Minas e Energia
Márcio Rojas da Cruz	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Felipe Arias Fogliano de Souza Cunha	Financiadora de Estudos e Projetos
Rodrigo Rodrigues Fonseca	Financiadora de Estudos e Projetos
Marcus Vinicius Cantarino	Confederação Nacional da Indústria
Raquel Breda dos Santos	Ministério da Economia
Ronan Luiz Da Silva	Ministério da Economia
Maria José Amstalden Moraes Sampaio	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Rodrigo Vellardo Guimarães	Empresa de Pesquisa Energética
Danielle Holanda	Ministério do Desenvolvimento Regional
Felipe Lenti	Instituto de Pesquisas da Amazônia
Barbara Bressan	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Gustavo Maranhão	Toyota Motors S/A
Raphael Guimarães Duarte	GreenAnt Ltda
Marcela Rezende	Associação Brasileira da Indústria do Biogás
Markus Endler	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Julio Cesar Chaves	Fundação Getúlio Vargas
Alexandre Camargo Coutinho	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Lucas Rios do Amaral	Universidade de Campinas
Bruno Mariani	Symbiosis Investimentos Ltda
Yeda Maria Malheiros de Oliveira	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Giampaolo Queiroz Pellegrino	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

