

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO OBJETO

Produto – Mapa das ações

Referência: INVESTMINAS/CT/25/2024

Este relatório compõe o Produtos Mapa das ações, conforme previsto na Cláusula 6.^a do Contrato INVESTMINAS/CT/25/2024.

O objeto foi executado em sua integralidade durante o período de novembro de 2025 a janeiro de 2026, em substituição acordada entre as partes dos Produtos Intermediários 2.7 - Sumário Executivo e o Produto intermediário 2.8 - Visualização gráfica, previstos na Cláusula 6a do Contrato INVESTMINAS/CT/25/2024.



Rota para a descarbonização da economia de Minas Gerais através da promoção de investimentos privados

Mapa das Ações



Sumário

ACRÔNIMOS.....	6
INTRODUÇÃO.....	8
CONTEXTUALIZAÇÃO	8
MAPA DAS AÇÕES	10
Objetivos.....	10
Princípios da abordagem.....	10
Metodologia de seleção das tecnologias prioritárias.....	11
Critérios quantitativos transversais	11
Critérios de representatividade setorial.....	11
Blocos de tecnologias	12
Organização visual – Mapa das Ações.....	14
BLOCO 1	15
Sistemas integrados ILP e ILPF.....	16
Aumento do uso de etanol em veículos leves.....	18
Medidas de eficiência energética em cadeias industriais.....	20
Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel.....	22
BLOCO 2	24
Redução do desmatamento ilegal.....	25
Aumento do uso de biodiesel em caminhões.....	27
Cimento com adições ao clínquer.....	29
Captura de carbono na produção de biometano	31
BLOCO 3	33
Restauração florestal.....	34
Uso de HVO em caminhões.....	36
RD-GN na produção de ferro-gusa e aço.....	38
Captura de carbono (BECCS) em usinas de cogeração a bagaço de cana	40
NOTAS	42
¹ ILPFdigital (Rede ILPF).....	42
² Escritórios locais de capacitação técnico-financeira	42
³ Unidades de Demonstração (UDs) de sistema ILPF em Minas Gerais.....	42



⁴ MapBiomass Alerta.....	42
⁵ Programa Brasil M.A.I.S (Meio Ambiente Integrado e Seguro).....	43
⁶ EcoInvest	43
⁷ Flutuações sazonais de oferta e estabilizações de preço do etanol	43
⁸ Incentivos financeiros a biocombustíveis no Reino Unido	43
⁹ PotencializEE.....	44
¹⁰ Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (IPMVP)	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45



Índice de figuras

Figura 1 – Blocos de tecnologias selecionadas com seus respectivos critérios de seleção .	12
Figura 2 - Ícones utilizados para referenciar os produtos elaborados no âmbito do Projeto Rota	14
Figura 3 – Ficha-resumo com as principais informações de Sistemas integrados ILP e ILPF	16
Figura 4 – Mapa das Ações: Sistemas integrados ILP e ILPF	17
Figura 5 – Ficha-resumo com as principais informações do aumento do uso de etanol em veículos leves	18
Figura 6 – Mapa das Ações: Aumento do uso de etanol em veículos leves	19
Figura 7 – Ficha-resumo com as principais informações de medidas de eficiência energética em cadeias industriais	20
Figura 8 – Mapa das Ações: Medidas de eficiência energética em cadeias industriais	21
Figura 9 – Ficha-resumo com as principais informações de Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel	22
Figura 10 – Mapa das Ações: Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel	23
Figura 11 – Ficha-resumo com as principais informações da Redução do desmatamento ilegal	25
Figura 12 – Mapa das Ações: Redução do desmatamento ilegal	26
Figura 13 – Ficha-resumo com as principais informações do Aumento do uso de biodiesel em caminhões	27
Figura 14 – Mapa das Ações: Aumento do uso de biodiesel em caminhões	28
Figura 15 – Ficha-resumo com as principais informações de cimento com adições ao clínquer	29
Figura 16 – Mapa das Ações: Cimento com adições ao clínquer	30
Figura 17 – Ficha-resumo com as principais informações da captura de carbono na produção de biometano	31
Figura 18 – Mapa das Ações: Captura de carbono na produção de biometano	32
Figura 19 – Ficha-resumo com as principais informações de restauração florestal	34
Figura 20 – Mapa das Ações: Restauração florestal	35
Figura 21 – Ficha-resumo com as principais informações do uso de HVO em caminhões	36
Figura 22 – Mapa das Ações: Uso de HVO em caminhões	37
Figura 23 – Ficha-resumo com as principais informações da RD-GN na produção de ferro-gusa e aço	38
Figura 24 – Mapa das Ações: RD-GN na produção de ferro-gusa e aço	39
Figura 25 – Ficha-resumo com as principais informações da Captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana	40
Figura 26 – Mapa das Ações: Captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana	41



ACRÔNIMOS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

AFOLU – Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ATER – Assistência Técnica e Extensão Rural

BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais

BECCS – *Bioenergy with Carbon Capture and Storage* (Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono)

CCS – *Carbon Capture and Storage* (Captura e Armazenamento de Carbono)

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CNI – Confederação Nacional das Indústrias

EMATER – Assistência Técnica e Extensão Rural

FAEMG – Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

GEE – Gases de Efeito Estufa

HVO – *Hydrotreated Vegetable Oil* (Óleo Vegetal Hidratado)

ILP – Integração Lavoura-Pecuária

ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

IPMVP – *International Performance Measurement and Verification Protocol* (Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho)

MACC – Curva de Custo Marginal de Abatimento

M.A.I.S – Programa Brasil Meio Ambiente Integrado e Seguro

MME – Ministério de Minas e Energia



ONG – Organização Não Governamental

P, D & I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PBio – Petrobras Biocombustível S.A.

PDMG – Plano de Descarbonização de Minas Gerais

PLAC-MG Plano de Ação Climática de Minas Gerais

RD-GN – Redução Direta a Gás Natural

Regap – Refinaria Gabriel Passos

RTFO – Obrigação de Combustível Renovável para Transportes (*Renewable Transport Fuel Obligation*)

SEAPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SECOM – Secretaria de Comunicação Social

SEDE – Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

SEE-MG – Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais

SEF – Secretaria de Estado de Fazenda

SEINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura, Mobilidade e Parcerias

SEMAD – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SIAMIG Bioenergia – Associação da Indústria da Bioenergia e do Açúcar de Minas Gerais

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

UDs – Unidades de Demonstração

UEMG – Universidade Estadual de Minas Gerais

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFV – Universidade Federal de Viçosa

VPL – Valor Presente Líquido



INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo apresentar recomendações de maior granularidade, capazes de orientar de forma mais específica a atuação de atores públicos na viabilização de investimentos alinhados às metas de descarbonização de Minas Gerais, conforme o Cenário Rota. Busca, assim, contribuir para a descarbonização do estado nos setores de Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), Energia, Indústria e Transporte. Para atender a esse propósito, o conteúdo está organizado em cinco seções:

Seção 1: traz uma breve contextualização do projeto Rota;

Seção 2: detalha um conjunto representativo de tecnologias, refletindo diferentes níveis de atratividade econômico-financeira e maturidade estrutural identificados nas etapas anteriores do projeto Rota. A partir desse recorte, aprofunda a análise de barreiras, oportunidades, atores-chave e pontos críticos de decisão. Com base nessa análise, o estudo formula recomendações granulares e diferenciadas por blocos tecnológicos para orientar o aprimoramento de políticas públicas setoriais;

Seções 3-5: apresentam o mapeamento visual das tecnologias e suas respectivas ações propostas, separados por blocos agrupando tecnologias prioritárias de todos os quatro setores.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O projeto Rota busca definir um *roadmap*, ou roteiro estratégico, a ser seguido para que os investimentos privados necessários para descarbonizar a economia de Minas Gerais possam ser identificados e viabilizados. O *roadmap* se desdobra em quatro macrossetores: Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), Energia, Indústria e Transporte. Suas etapas incluem:

- elaboração de diagnósticos setoriais;
- construção de cenários de descarbonização;
- mapeamento e priorização das principais soluções tecnológicas, por meio da construção da Curva de Custo Marginal de Abatimento (MACC, na sigla em inglês^[1]);
- identificação de necessidades e oportunidades de investimento;
- construção de propostas de implementação ou revisão de políticas públicas.

A primeira etapa constituiu a elaboração de diagnóstico dos quatro setores do projeto, trazendo uma contextualização das emissões do setor, um *benchmarking* de tecnologias incluídas em planos de descarbonização de estados brasileiros, incluindo o de Minas Gerais, além da identificação de potenciais soluções e barreiras para a redução de emissões em cada setor, a partir das tecnologias identificadas.



Na etapa seguinte, o *roadmap* avançou para a análise de cenários de descarbonização, avaliando as projeções de emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos quatro setores considerados. Foi adotado um cenário *Business as Usual* (BAU), que pressupõe a ausência de novas tecnologias e um crescimento econômico projetado (Cenário Base). Em seguida, os resultados foram comparados com diferentes cenários de neutralidade climática modelados pela literatura especializada, permitindo medir o esforço necessário para alinhar o estado a uma trajetória *Net Zero* (Cenários *Net Zero*). Além disso, esses cenários serviram de subsídio para a construção da MACC, ou curva MAC¹, permitindo avaliar as tecnologias de baixo carbono em termos de seu potencial de redução de emissões e dos custos a elas associados, o que, por sua vez, permite estimar a contribuição dessas tecnologias para o atingimento das metas de descarbonização (parte 1 dessa etapa do projeto). Assim, a elaboração da Curva MAC permitiu a construção do Cenário Rota, que representa os esforços necessários, em termos de tecnologias de mitigação, para deslocar a curva de emissões do Cenário Base até o atingimento das metas apresentadas nos Cenários *Net Zero*.

Nesse contexto, na fase final dessa etapa, foi estruturado um portfólio de investimentos estratégicos voltado à implementação do *roadmap* de descarbonização dos setores contemplados pelo projeto. Essa iniciativa inclui o mapeamento do panorama atual de investimentos, a avaliação da aderência às curvas MAC, a consolidação de custos e a identificação da demanda por investimentos. O objetivo é estabelecer uma base técnica e financeira sólida para direcionar recursos a tecnologias de baixo carbono em Minas Gerais.

A etapa final do projeto resultou na elaboração de um documento técnico voltado ao aprimoramento de políticas públicas nos setores contemplados pelo *roadmap*. Essa proposta busca criar condições normativas e regulatórias mais favoráveis à implementação das soluções tecnológicas identificadas nas etapas anteriores, com foco na atração e mobilização de investimentos privados indispensáveis ao cumprimento das metas de descarbonização do estado. Nesse contexto, o presente produto — o Mapa das Ações — tem como objetivo orientar de forma mais específica a atuação dos atores públicos na viabilização desses investimentos, alinhados ao Cenário Rota, por meio do desenvolvimento de um quadro analítico e propositivo centrado em um subconjunto representativo de tecnologias, selecionadas com base em critérios objetivos.

Por fim, para acompanhar o monitoramento e a implementação dos *roadmaps* setoriais, foi apresentado um modelo integrado de monitoramento e implementação, estabelecendo indicadores alinhados às metas e objetivos de cada *roadmap*, além de mapear os atores envolvidos na priorização e acompanhamento das ações. O modelo busca também identificar sinergias e conexões com outras iniciativas e compromissos do estado, como o Plano de Ação Climática de Minas Gerais (PLAC-MG), de forma a otimizar recursos e integrar esforços.

¹ Curva MAC é uma ferramenta que permite o ranqueamento das iniciativas de descarbonização em termos de custo-efetividade.



MAPA DAS AÇÕES

Objetivos

O objetivo geral do novo produto é desenvolver um quadro analítico e propositivo focado em um subconjunto representativo de tecnologias, selecionadas com base em critérios objetivos. Esse quadro deverá oferecer **recomendações de granularidade mais elevada, podendo orientar de forma mais específica a atuação de agentes públicos** na viabilização de investimentos alinhados às metas de descarbonização de Minas Gerais, conforme o Cenário Rota.

Os objetivos específicos incluem:

- priorizar um conjunto de tecnologias que, em seu conjunto, represente a diversidade de situações de atratividade econômico-financeira e de maturidade estrutural identificadas nos produtos anteriores do projeto, em especial 2.1, 2.3 e 2.4;
- aprofundar a análise dessas tecnologias priorizadas, considerando as barreiras, oportunidades, atores-chave e pontos críticos de decisão já mapeados no Produto 2.4 – Políticas Públicas;
- formular recomendações granulares, diferenciadas por blocos de tecnologias, que orientem a atuação das secretarias setoriais na formulação ou aperfeiçoamento de políticas públicas;
- identificar, sempre que possível, oportunidades de atuação para a Invest Minas, com foco na articulação com o setor privado e nas prioridades tecnológicas do estado.

Princípios da abordagem

A concepção e o desenvolvimento deste produto são orientados por quatro princípios centrais:

Complementaridade em relação às entregas anteriores: este produto não substitui o mapeamento abrangente de políticas públicas já realizado, mas o aprofunda de forma delimitada. O foco passa de uma visão panorâmica para um recorte focalizado em tecnologias-chave, permitindo um nível de detalhamento que antes não era viável.

Neutralidade técnica e respeito às competências institucionais: as recomendações foram formuladas em termos de opções, caminhos e oportunidades, evitando prescrever decisões específicas de política pública. Isso preserva a autonomia decisória das secretarias e demais órgãos, ao mesmo tempo em que maximiza o uso dos insumos técnicos para qualificar o debate e apoiar a tomada de decisão em contextos institucionais variados.



Articulação entre política pública e financiamento: a seleção das tecnologias buscou contemplar situações em que a ação pública ocorre simultaneamente por meio de instrumentos regulatórios e programáticos das secretarias setoriais e do apoio a investimentos viabilizado pela atuação da Invest Minas, consolidando uma visão integrada entre políticas e articulação com o setor privado.

Representatividade e diversidade de situações de prontidão: a seleção das tecnologias foi estruturada para representar desde casos de maior viabilidade econômica e potencial de impacto até situações intermediárias e tecnologias cuja viabilidade financeira é mais restritiva, mas que apresentam alta relevância para o objetivo final de mitigação climática. Com isso, o produto contempla um leque variado de ações possíveis, incluindo tanto a remoção de barreiras a investimentos atrativos no curto-prazo quanto medidas voltadas à viabilização de tecnologias com elevado custo de abatimento no longo-prazo.

Metodologia de seleção das tecnologias prioritárias

A seleção das tecnologias é estruturada em três blocos analíticos, definidos a partir da combinação de indicadores financeiros, em particular o Valor Presente Líquido (VPL), e da posição das tecnologias na Curva de Custo Marginal de Abatimento (Curva MAC), elaborada no âmbito do Produto 2.3, considerando sua contribuição ao cenário de mitigação de referência (“Cenário Rota”) até 2050.

A lógica adotada foi baseada em critérios quantitativos transversais e critérios de representatividade setorial.

Critérios quantitativos transversais

- VPL (positivo ou negativo) como *proxy* da atratividade econômico-financeira na perspectiva do investidor privado;
- contribuição percentual de cada tecnologia para o total de mitigação acumulada no Cenário Rota até 2050, como indicador de relevância climática, aplicada a todos os blocos;
- posição da tecnologia na Curva MAC, em termos de custo marginal de abatimento, para diferenciar situações de menor ou maior custo relativo dentro de cada setor.

Critérios de representatividade setorial

- para garantir que este produto permaneça representativo do conjunto analisado, a seleção busca contemplar tecnologias de todos os setores trabalhados nas etapas anteriores, de forma que cada bloco traga exemplos de AFOLU, Transporte, Indústria e Energia. Essa uniformidade assegura representatividade de todas as secretarias



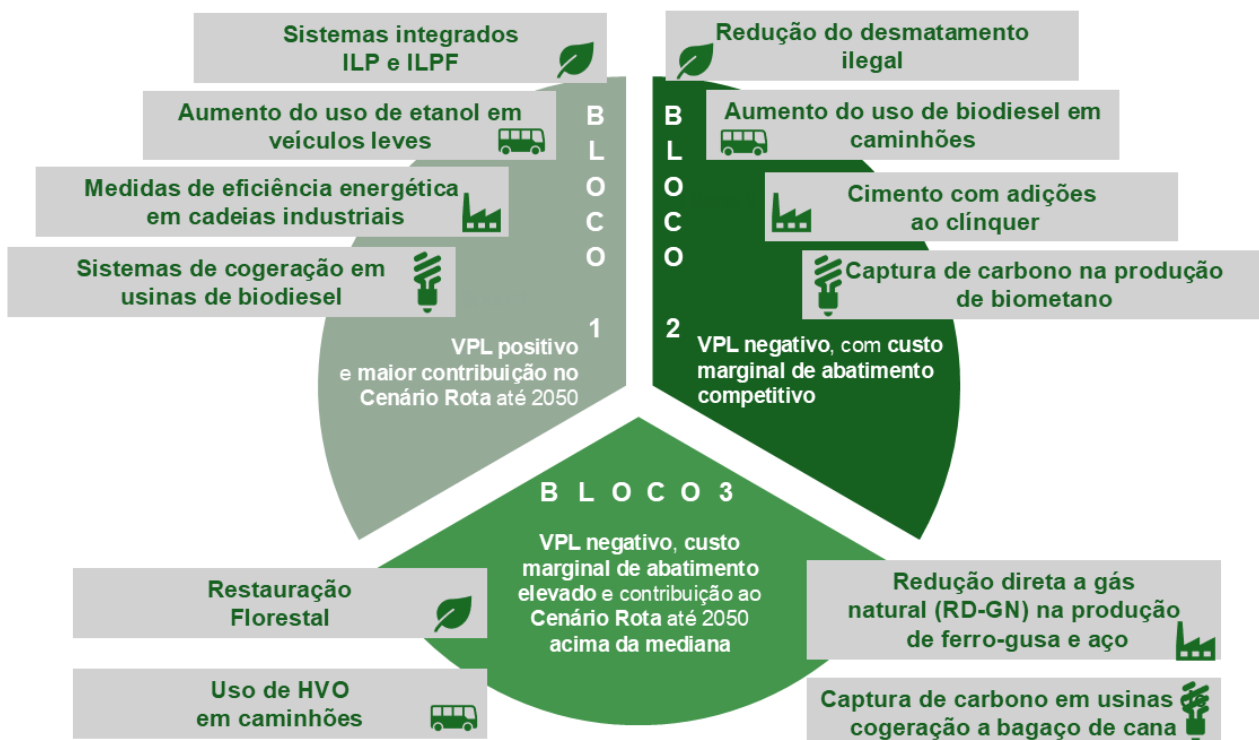
engajadas até aqui, reafirmando senso de responsabilidade compartilhada e respeito às expertises e competências setoriais;

- desconsideração de tecnologias associadas à Refinaria Gabriel Passos (Regap), posto que a influência dos atores estaduais é relativamente limitada quanto às suas decisões de investimento.

Blocos de tecnologias

Com base nos princípios estabelecidos, foram selecionados três blocos de tecnologias, organizados em um fluxograma (Figura 1).

Figura 1 – Blocos de tecnologias selecionadas com seus respectivos critérios de seleção



Fonte: Elaboração própria.

Bloco 1 – Tecnologias com maior viabilidade

Este bloco reúne tecnologias com VPL positivo e maior contribuição no Cenário Rota até 2050 em seus respectivos setores. Representa situações de maior maturidade nas quais a dinâmica de mercado tende a responder de forma mais rápida, cabendo a ação pública se focar na eliminação de barreiras, na promoção de escala e na articulação de instrumentos para que os investimentos possam ocorrer de forma convergente à ambição climática do estado com custos transacionais mais baixos. As tecnologias selecionadas são:



AFOLU – sistemas integrados ILP e ILPF: com 8,1% de contribuição para o cenário de mitigação.

Transporte – aumento do uso de etanol em veículos leves: com contribuição de 4,4% para o cenário de mitigação.

Indústria – medidas de eficiência energética: Química, Cimento, Mineração, Ferroligas, Ferro-gusa e aço e outras indústrias, que, em conjunto, somam 1,6% de contribuição para o cenário de mitigação.

Energia – sistemas de cogeração em usinas de biodiesel: com cerca de 0,1% de contribuição para o cenário de mitigação, destacando-se como opção economicamente mais atrativa em um setor de tecnologias predominantemente com VPL negativo.

Bloco 2 – Tecnologias com viabilidade financeira desafiadora e custo marginal competitivo

Este bloco inclui tecnologias com VPL negativo, mas com custo marginal de abatimento relativamente mais competitivo dentro de cada setor e contribuição ao cenário de mitigação acima da mediana das tecnologias disponíveis na Curva MAC. Trata-se de situações intermediárias de prontidão, nas quais a ação pública e os instrumentos financeiros podem ser decisivos para reduzir a lacuna entre os retornos privados e os benefícios climáticos. As tecnologias priorizadas são:

AFOLU – redução do desmatamento ilegal: com 17,9% de contribuição.

Transporte – aumento do uso de biodiesel em caminhões: com contribuição de 0,8%.

Indústria – cimento com adições ao clínquer: com 2,0% de contribuição.

Energia – captura de carbono na produção de biometano: com 0,7% de contribuição.

Bloco 3 – Tecnologias com viabilidade financeira restritiva

Este grupo inclui tecnologias com VPL negativo, custo marginal de abatimento mais elevado em seus respectivos setores e contribuição ao cenário de mitigação acima da mediana das tecnologias disponíveis na Curva MAC. Trata-se de situações cuja viabilização depende de políticas públicas mais estruturantes, do uso de mecanismos e instrumentos inovadores e, frequentemente, de articulação com recursos de longo prazo destinados à pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). As tecnologias selecionadas são:



AFOLU – restauração florestal: com 16,5% de contribuição.

Transporte – uso de HVO em caminhões: com 2,2% de contribuição.

Indústria – redução direta a gás natural (RD-GN): na produção de ferro-gusa e aço, com 1,5% de contribuição.

Energia – captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana: com 17,7% de contribuição.

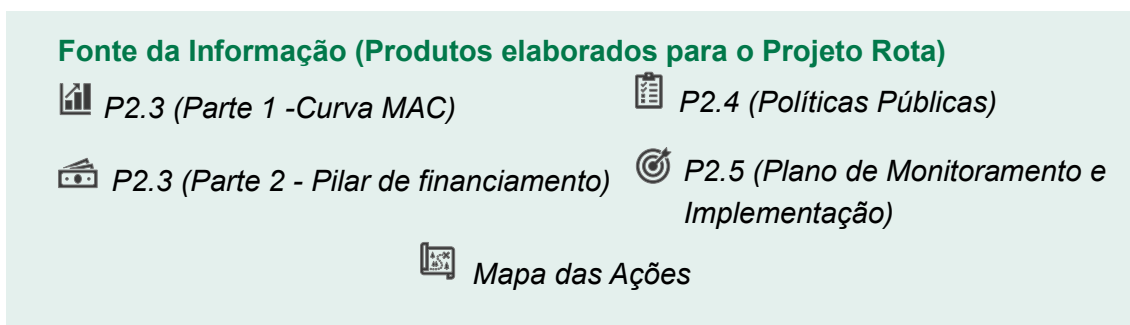
Organização visual – Mapa das Ações

No processo de desenvolvimento deste documento, os demais produtos elaborados no âmbito do projeto Rota foram considerados como base para a construção visual do mapeamento de ações propostas para cada tecnologia.

Nesse sentido, a Figura 2 apresenta os ícones que referenciam os produtos elaborados no âmbito do projeto Rota, utilizados para obtenção das informações e para a elaboração da Ficha-resumo por tecnologia e do Mapa das Ações dos Blocos 1, 2 e 3.

Em seguida, são apresentados as Fichas-resumo e o Mapa das Ações para as tecnologias selecionadas para os três blocos.

Figura 2 - Ícones utilizados para referenciar os produtos elaborados no âmbito do Projeto Rota



Fonte: Elaboração própria.



BLOCO 1

Neste Bloco 1, as ações propostas partem de tecnologias com maior viabilidade econômica e prontidão de implementação. Assim, a política pública é orientada a remover entraves, promover escala e articular instrumentos para que decisões de investimento ocorram com menor custo transacional e maior alinhamento às metas climáticas. As recomendações convergem em quatro frentes: comunicação e capacitação; integração regulatória e segurança jurídica; facilitação do financiamento e redução de riscos; e estruturação e acompanhamento de projetos, com monitoramento.

Nos sistemas integrados ILP e ILPF, a estratégia combina ações técnico-educacionais e de engajamento local (redes de pesquisa e extensão rural) com salvaguardas e protocolos de avaliação de riscos socioambientais. Propõe-se atualizar normas e coordenar a fiscalização, fortalecer monitoramento digital integrado a bases como o CAR e centralizar, em canal digital, as linhas de financiamento aplicáveis. Escritórios locais de capacitação técnico-financeira e a produção de casos de sucesso completam a estrutura de apoio ao desenvolvimento de projetos.

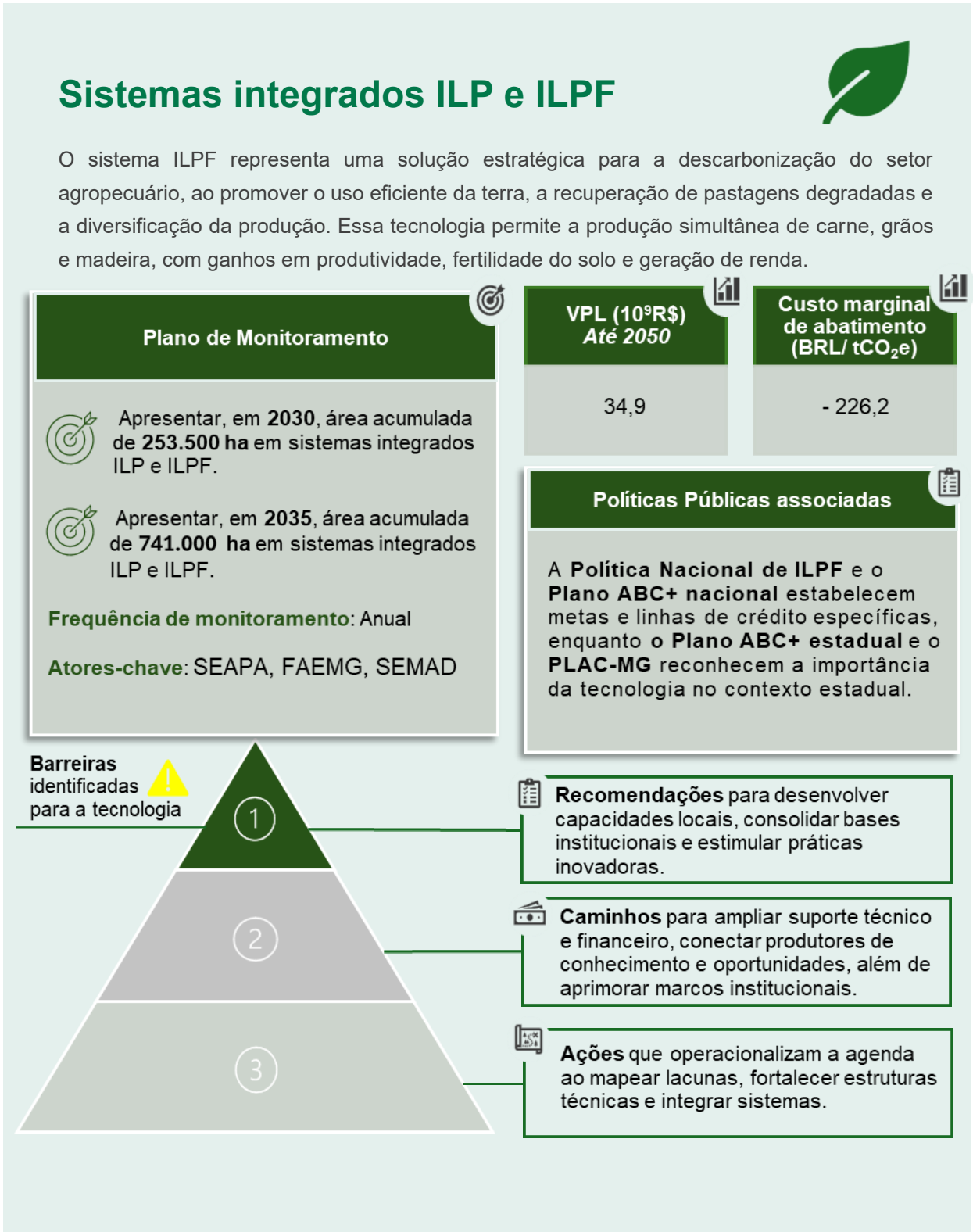
Para ampliar o uso de etanol em veículos leves, o foco é reduzir assimetrias de informação e aumentar previsibilidade: comunicação integrada sobre benefícios ambientais, aprimoramentos normativos voltados à transparência de preços e padrões técnicos e institucionalização de um plano de monitoramento. Recomenda-se ainda usar compras públicas e metas para consolidar o etanol em frotas e atrair investimentos para modernização, armazenamento e logística da cadeia, inclusive com rotas alternativas de produção.

Nas cadeias industriais, a eficiência energética é endereçada por programas de capacitação e certificação, parcerias com iniciativas existentes, fóruns permanentes com o setor produtivo e catálogos de tecnologias com requisitos mínimos para facilitar elegibilidade ao crédito. A agenda incorpora mecanismos de medição e verificação e incentivos vinculados ao desempenho, apoiados por linhas de financiamento e por estruturas locais de apoio à preparação de projetos.

Por fim, considerando que o estado de Minas Gerais dispõe de apenas uma planta de produção de biodiesel, as recomendações, caminhos e ações associadas aos sistemas de cogeração em usinas de biodiesel priorizam o fomento à cadeia produtiva, especialmente no fornecimento de resíduos agroflorestais, por meio de regulamentações estaduais complementares, do mapeamento e da centralização de oportunidades de financiamento e de incentivos econômicos específicos para a cadeia de biomassa. Capacitações regionais e campanhas de divulgação buscam reduzir barreiras culturais e ampliar o conhecimento sobre os benefícios e a compatibilidade tecnológica da solução.



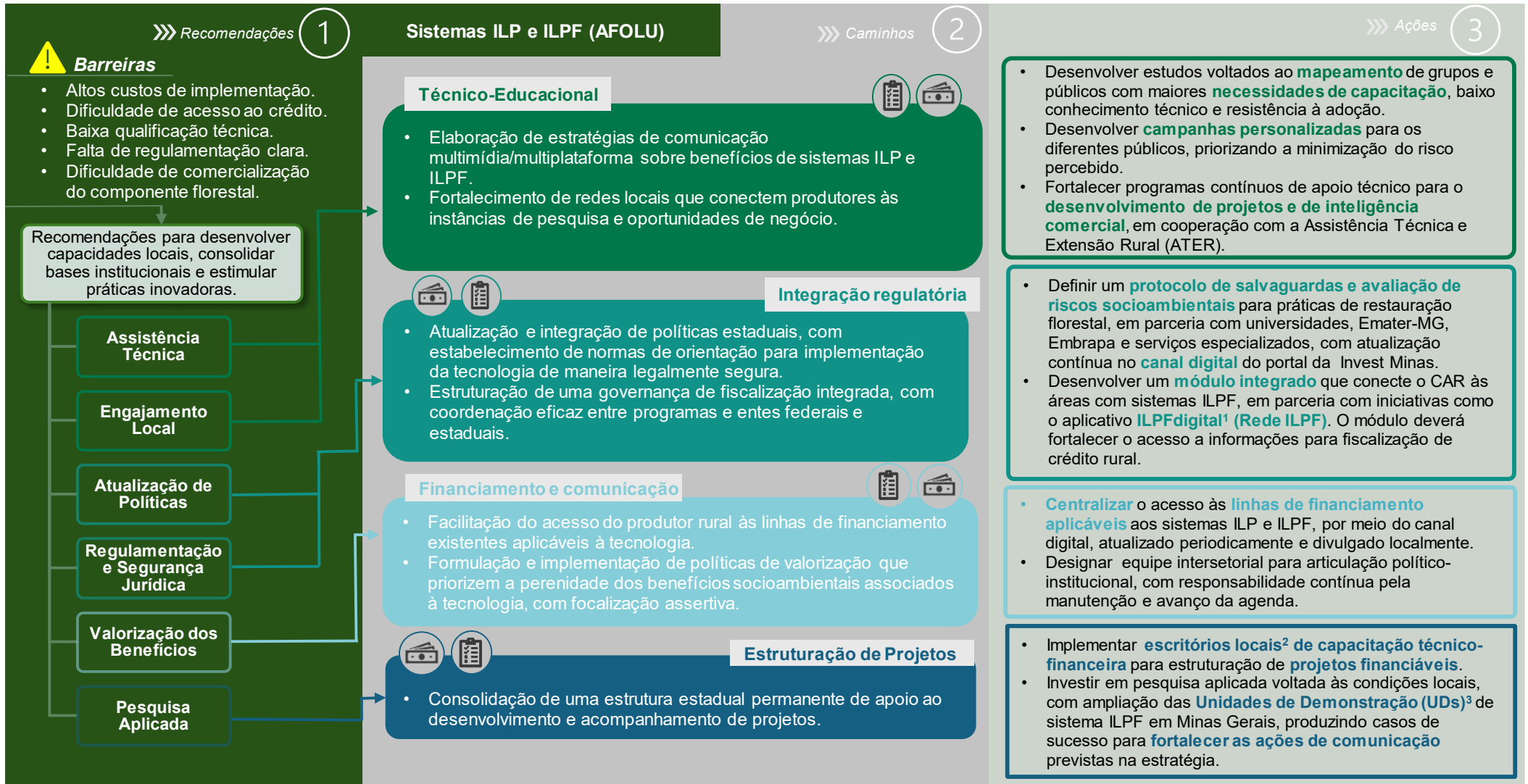
Figura 3 – Ficha-resumo com as principais informações de Sistemas integrados ILP e ILPF



Fonte: Elaboração própria.



Figura 4 – Mapa das Ações: Sistemas integrados ILP e ILPF



Fonte: Elaboração própria.



Figura 5 – Ficha-resumo com as principais informações do aumento do uso de etanol em veículos leves

Aumento do uso de etanol em veículos leves


O aumento do uso de etanol em veículos leves consiste na promoção do aumento da participação do etanol hidratado frente à gasolina comum nas vendas de combustíveis e na promoção do aumento percentual da mistura regulamentada de etanol anidro junto à gasolina.

Plano de Monitoramento


-  Atingir, **em 2035**, 55% de participação do etanol hidratado nas vendas para o uso em veículos leves e comerciais.
-  Elaborar **campanhas de incentivo e educação ambiental** ao uso de etanol hidratado para motoristas de veículo flex.

Frequência de monitoramento: Semestral e Anual

Atores-chave: SEMAD, ANP, SECOM, SEINFRA, Invest Minas, ONGs, mídia, grupos de extensão de universidades, DER-MG


VPL (10⁹R\$) Até 2050


0,97


Custo marginal de abatimento (BRL/ tCO₂e)


- 11,49


Políticas Públicas associadas


No cenário federal, o **Proálcool** fomentou a tecnologia e produção de veículos a álcool. Já no cenário estadual, a **Lei 24.652/2024** e o **PLAC-MG** priorizam biocombustíveis para a descarbonização da frota.

Barreiras identificadas para a tecnologia 



 **Recomendações** para ampliar a comunicação, estimular a sensibilização tecnológica e orientar avanços regulatórios.

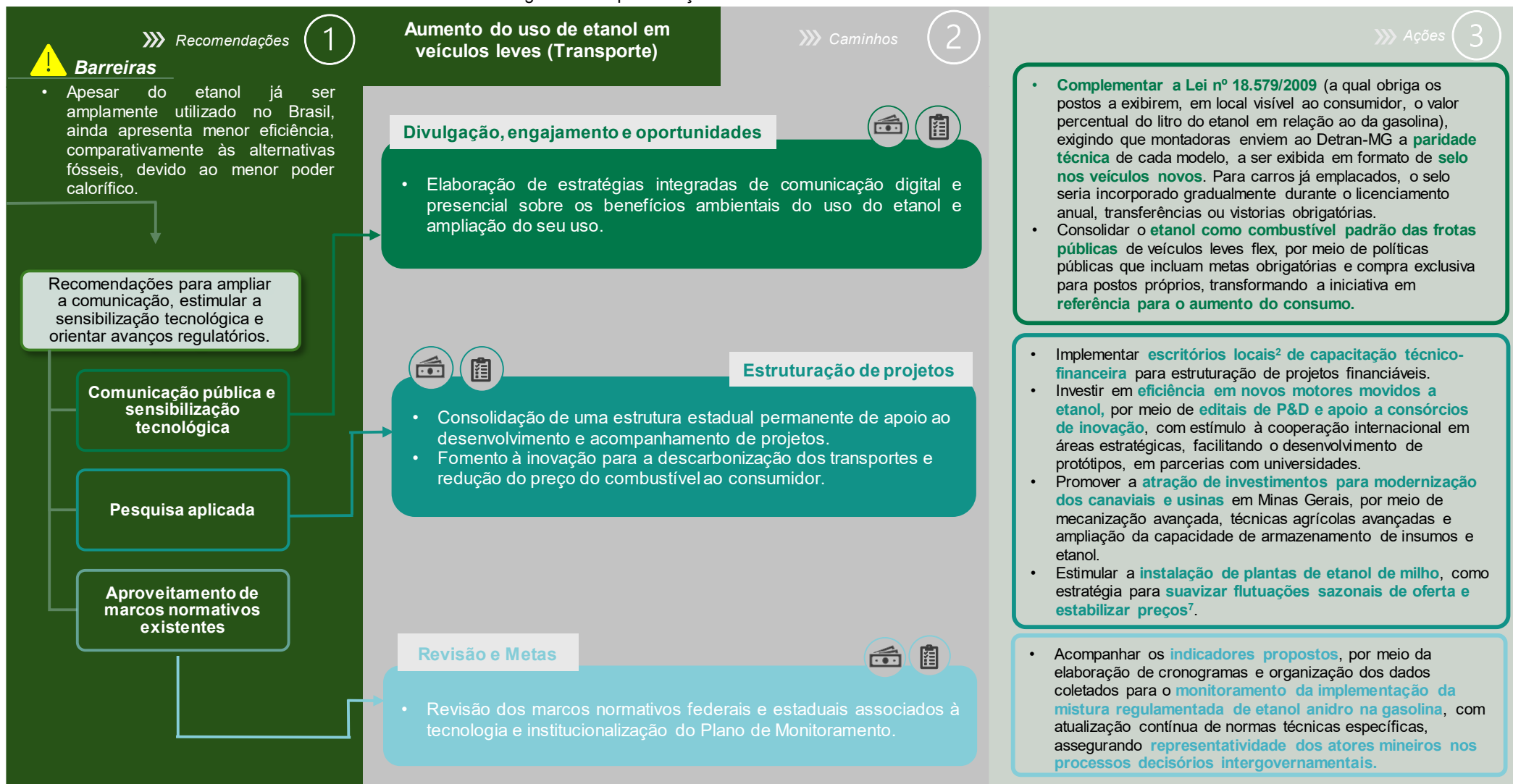
 **Caminhos** para integrar estratégias de divulgação, subsidiar o consumidor com informações e fortalecer o papel das frotas públicas.

 **Ações** que fortalecem a qualificação de agentes, modernizam estruturas produtivas e promovem expansão da oferta de etanol.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 6 – Mapa das Ações: Aumento do uso de etanol em veículos leves



Fonte: Elaboração própria.

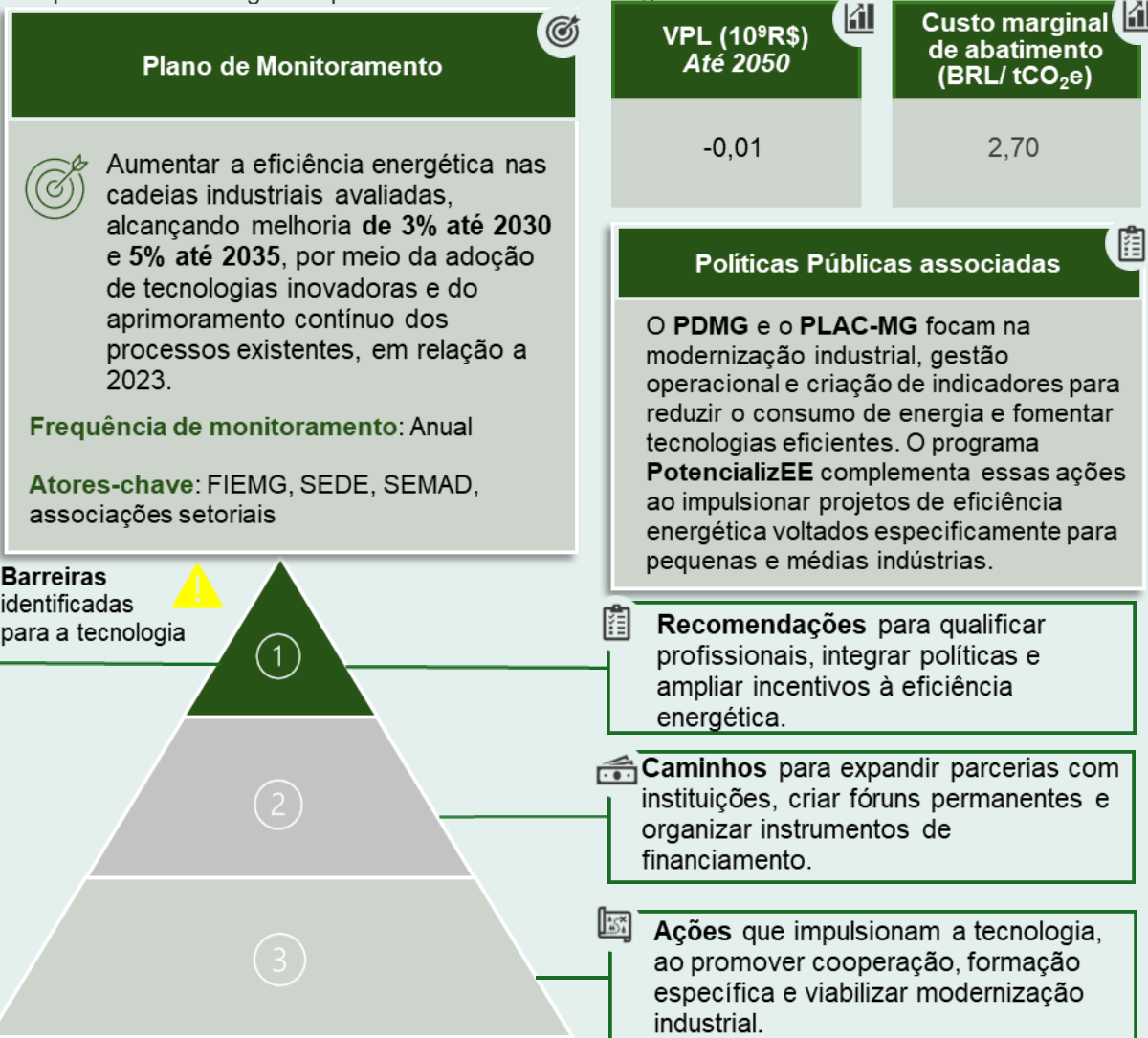


Figura 7 – Ficha-resumo com as principais informações de medidas de eficiência energética em cadeias industriais

Medidas de eficiência energética em cadeias industriais



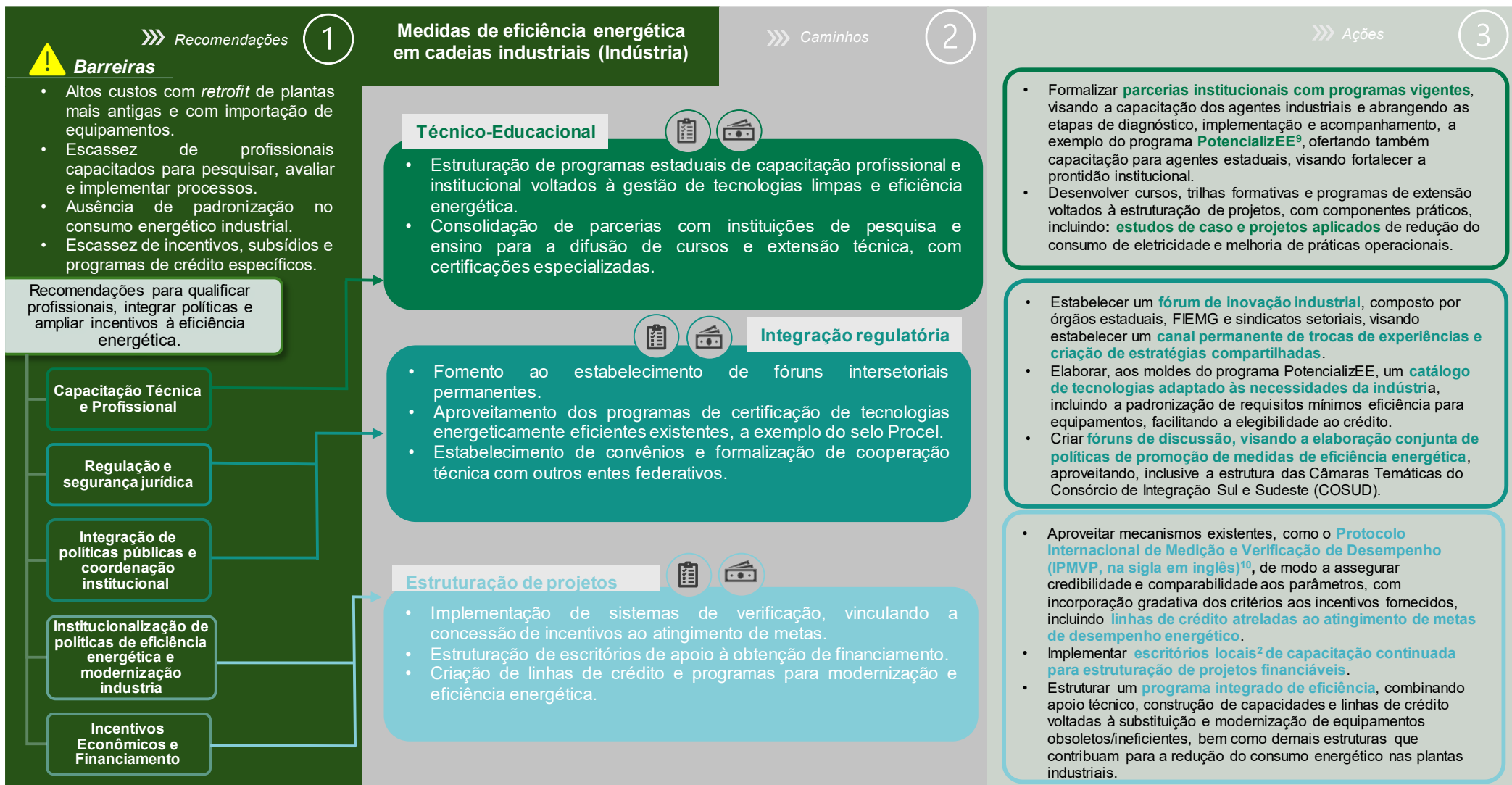
A tecnologia de eficiência energética consiste na modernização de ativos industriais, como fornos, queimadores e motores, e na implementação de práticas de gestão operacional para reduzir o consumo de eletricidade e combustíveis. Engloba, ainda, a adoção de práticas operacionais e de gestão para otimizar o uso de energia.



Fonte: Elaboração própria.



Figura 8 – Mapa das Ações: Medidas de eficiência energética em cadeias industriais



Fonte: Elaboração própria.

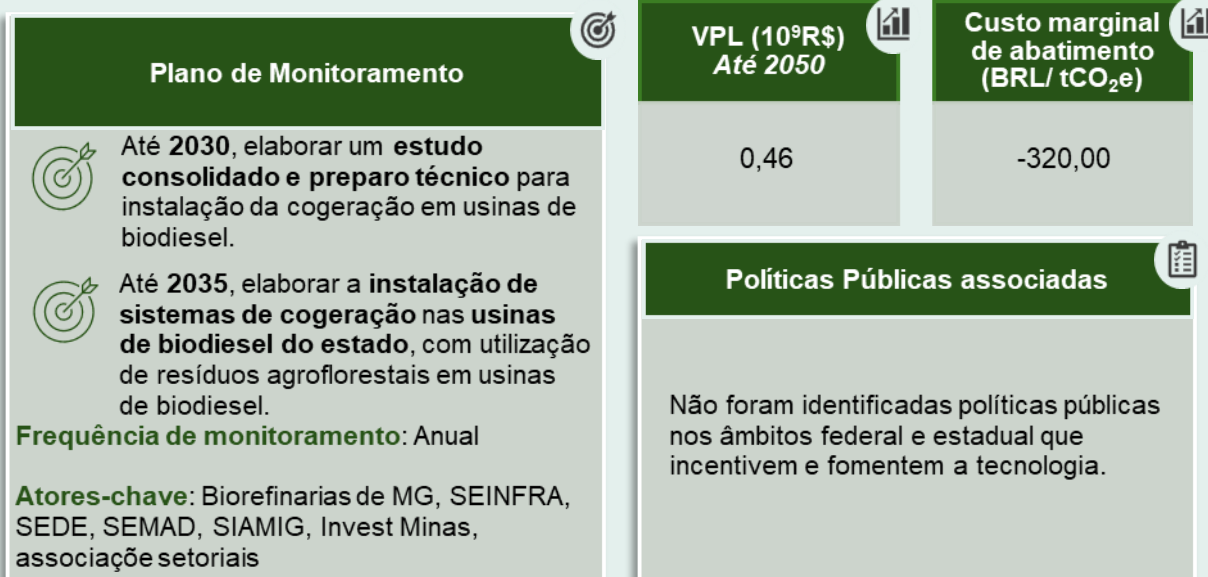


Figura 9 – Ficha-resumo com as principais informações de Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel

Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel



Os sistemas de cogeração de energia em usinas de biodiesel possuem como objetivo a substituição de combustíveis fósseis utilizados no processo e na aquisição de eletricidade pelo uso direto de resíduos agroflorestais nesses sistemas.



Políticas Públicas associadas

Não foram identificadas políticas públicas nos âmbitos federal e estadual que incentivem e fomentem a tecnologia.

Barreiras identificadas para a tecnologia



Recomendações para criar regulações específicas, ampliar financiamento e promover campanhas públicas.

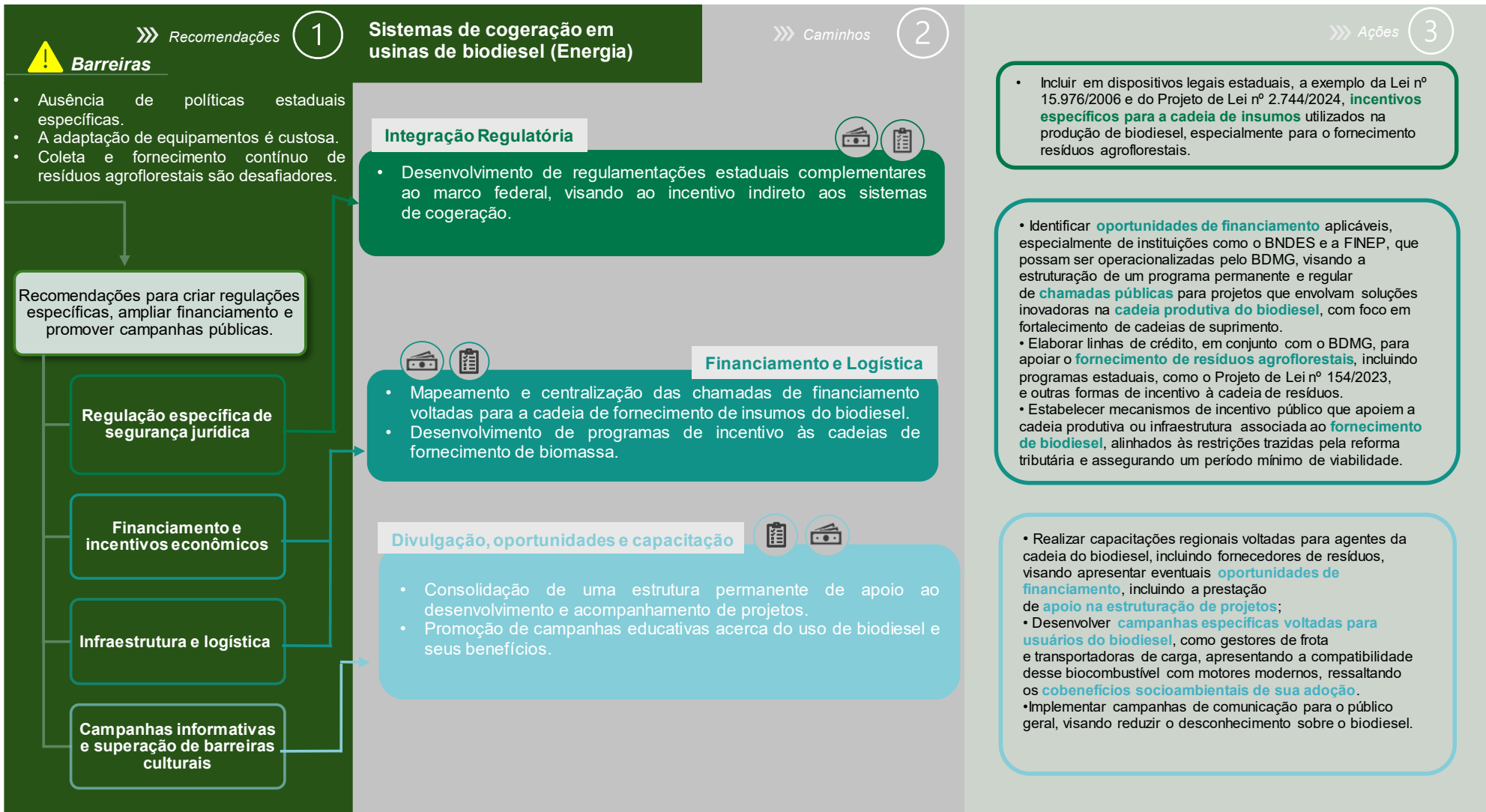
Caminhos para aprimorar marcos normativos, centralizar a concessão de crédito e fortalecer cadeias de biomassa.

Ações que a aplicação da tecnologia, ao expandir linhas de crédito, qualificar agentes e ampliar conscientização.

Fonte: Elaboração própria



Figura 10 – Mapa das Ações: Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel



Fonte: Elaboração própria.



BLOCO 2

O Bloco 2 reúne tecnologias com VPL negativo, mas com custo marginal de abatimento competitivo e contribuição acima da mediana em seus setores. Nesse conjunto, a política pública precisa reduzir a lacuna entre retornos privados e benefícios climáticos, combinando alinhamento regulatório, instrumentos financeiros de redução de risco, monitoramento e apoio à maturação tecnológica.

Em AFOLU, a redução do desmatamento ilegal integra financiamento, comunicação e inovação aplicada. Propõe-se centralizar, em canal digital atualizado periodicamente, o acesso às linhas de financiamento, com divulgação local e uma equipe intersetorial de articulação. Em paralelo, recomenda-se estruturar um sistema de monitoramento que una alertas de satélite e indicadores ambientais e sociais em painéis interativos, fortalecendo a fiscalização (capacitação e equipamentos) e a coordenação entre órgãos.

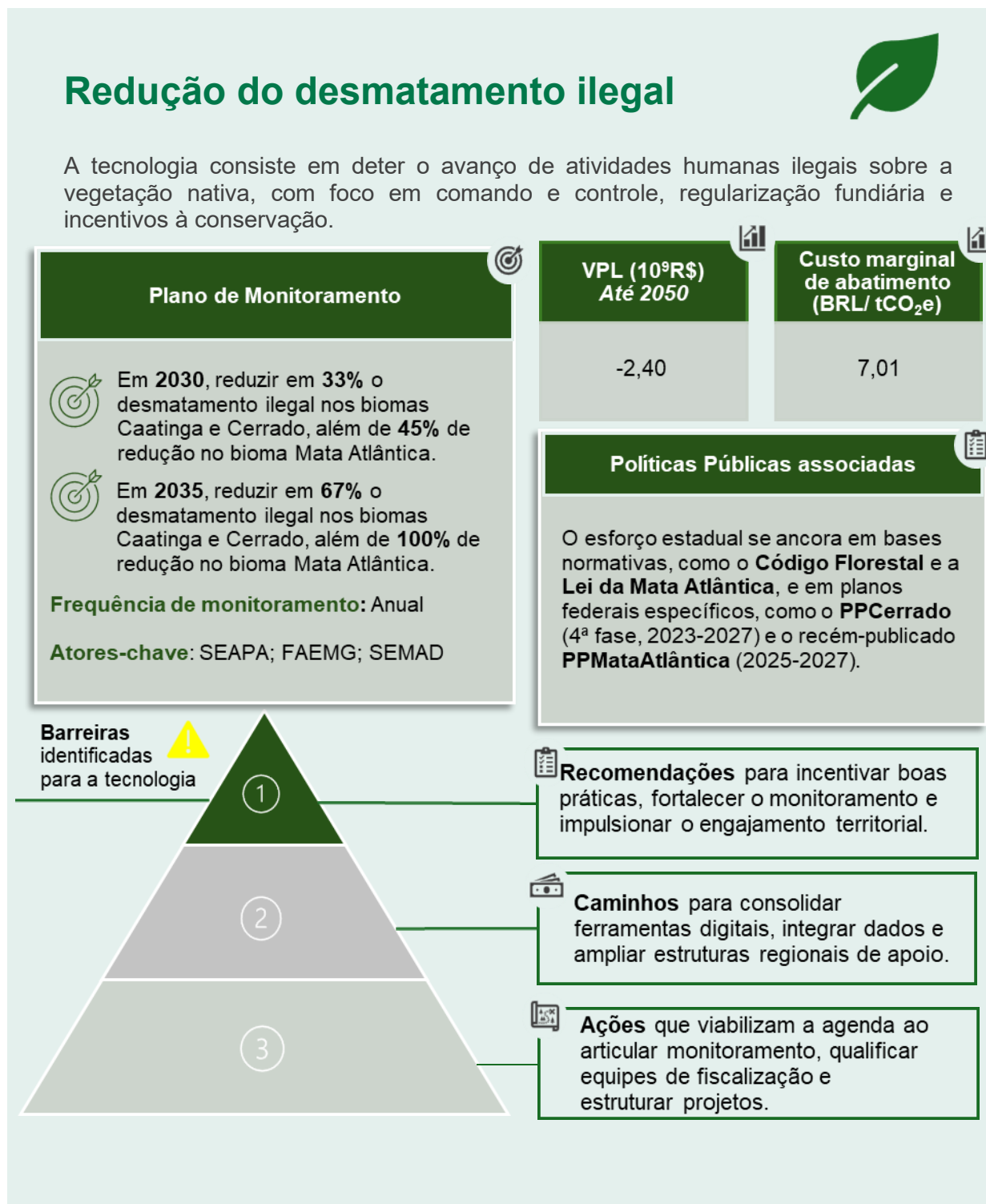
Em Transporte, o aumento do uso de biodiesel em caminhões é endereçado por revisão de marcos normativos e institucionalização de um plano de monitoramento da mistura, com acompanhamento dos indicadores e governança intergovernamental. Para viabilizar a adoção, recomenda-se desenhar incentivos e linhas de crédito com condições mais atrativas, vinculadas à modernização produtiva e à melhoria logística da cadeia, e fomentar projetos-piloto e consórcios de inovação (incluindo testes de misturas acima do padrão regulado).

Na Indústria, cimento com adições ao clínquer demanda capacitação e pactuação regulatória: programas com instituições setoriais e de ensino, revisão de normas e limites de adição e diálogo técnico com associações e governo. Mecanismos de certificação/rotulagem e monitoramento (incluindo co-processamento), somados a compras públicas e incentivos fiscais, reforçam a confiança e criam demanda para produtos de menor emissão.

Por fim, em Energia, a captura de carbono na produção de biometano requer regulamentação estadual complementar ao marco federal, campanhas de informação, crédito para projetos-piloto e estudos sobre armazenamento geológico e infraestrutura. Chamadas de P&D e incentivos a insumos e componentes ajudam a reduzir custos e acelerar o amadurecimento da tecnologia.



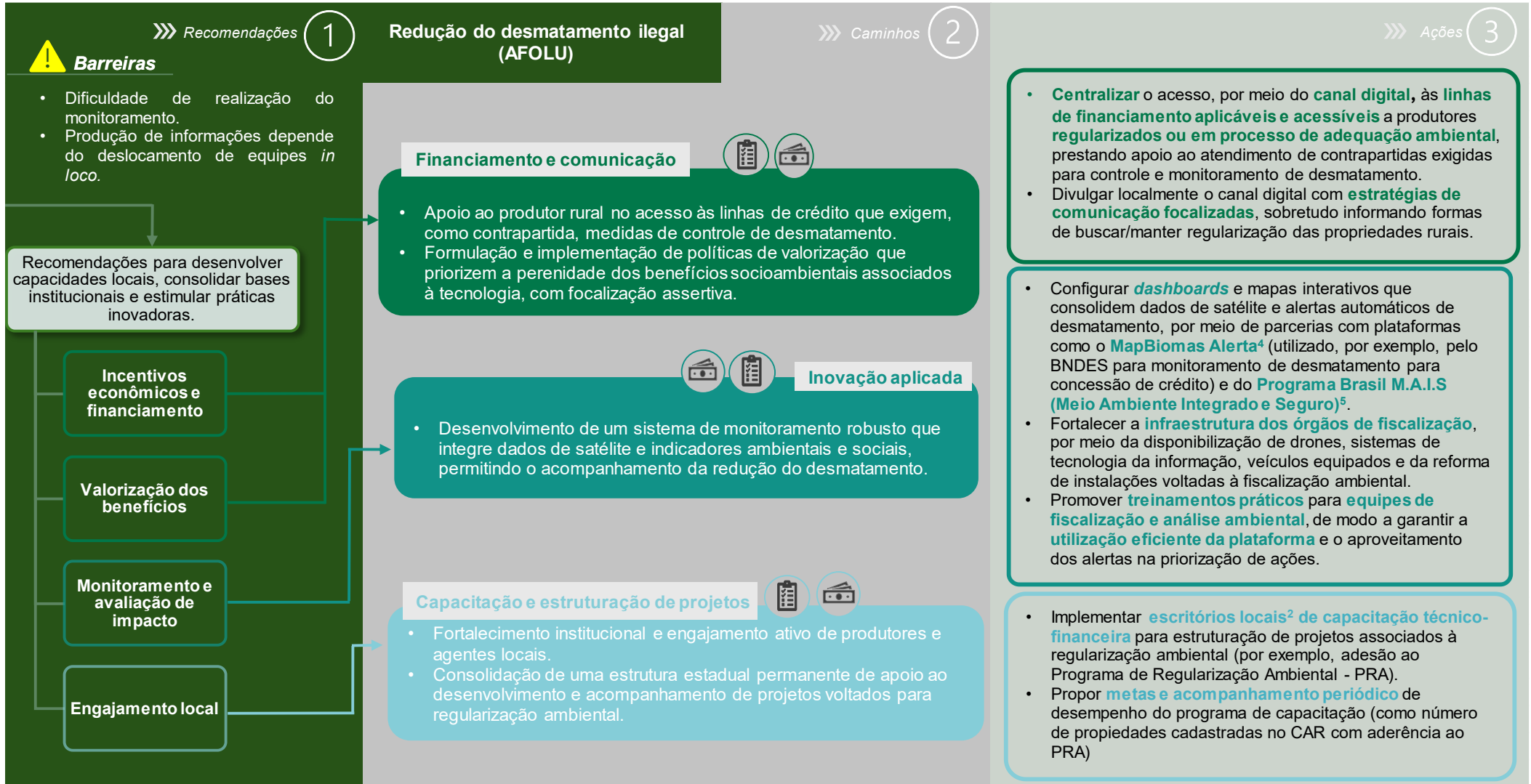
Figura 11 – Ficha-resumo com as principais informações da Redução do desmatamento ilegal



Fonte: Elaboração própria.



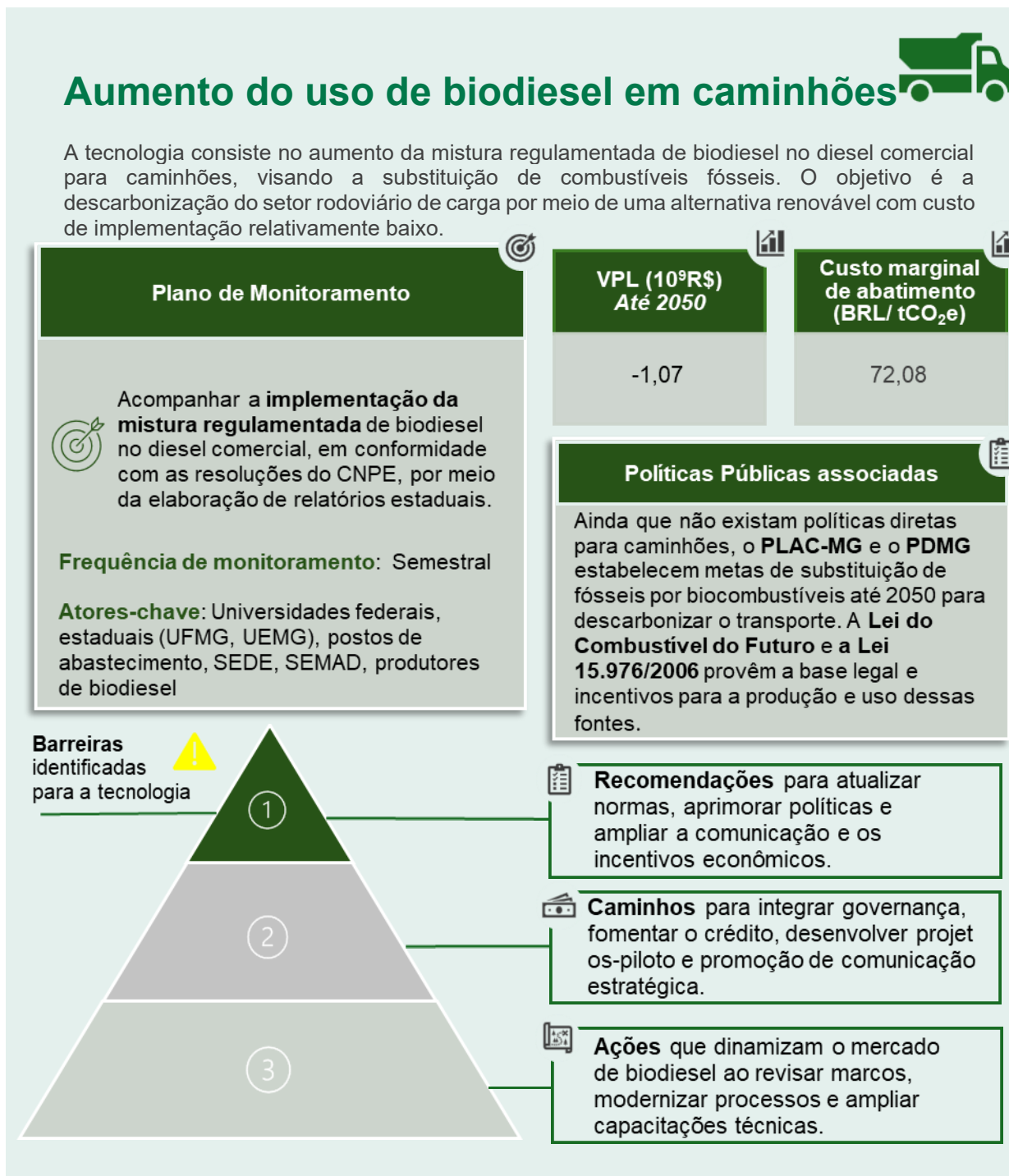
Figura 12 – Mapa das Ações: Redução do desmatamento ilegal



Fonte: Elaboração própria.



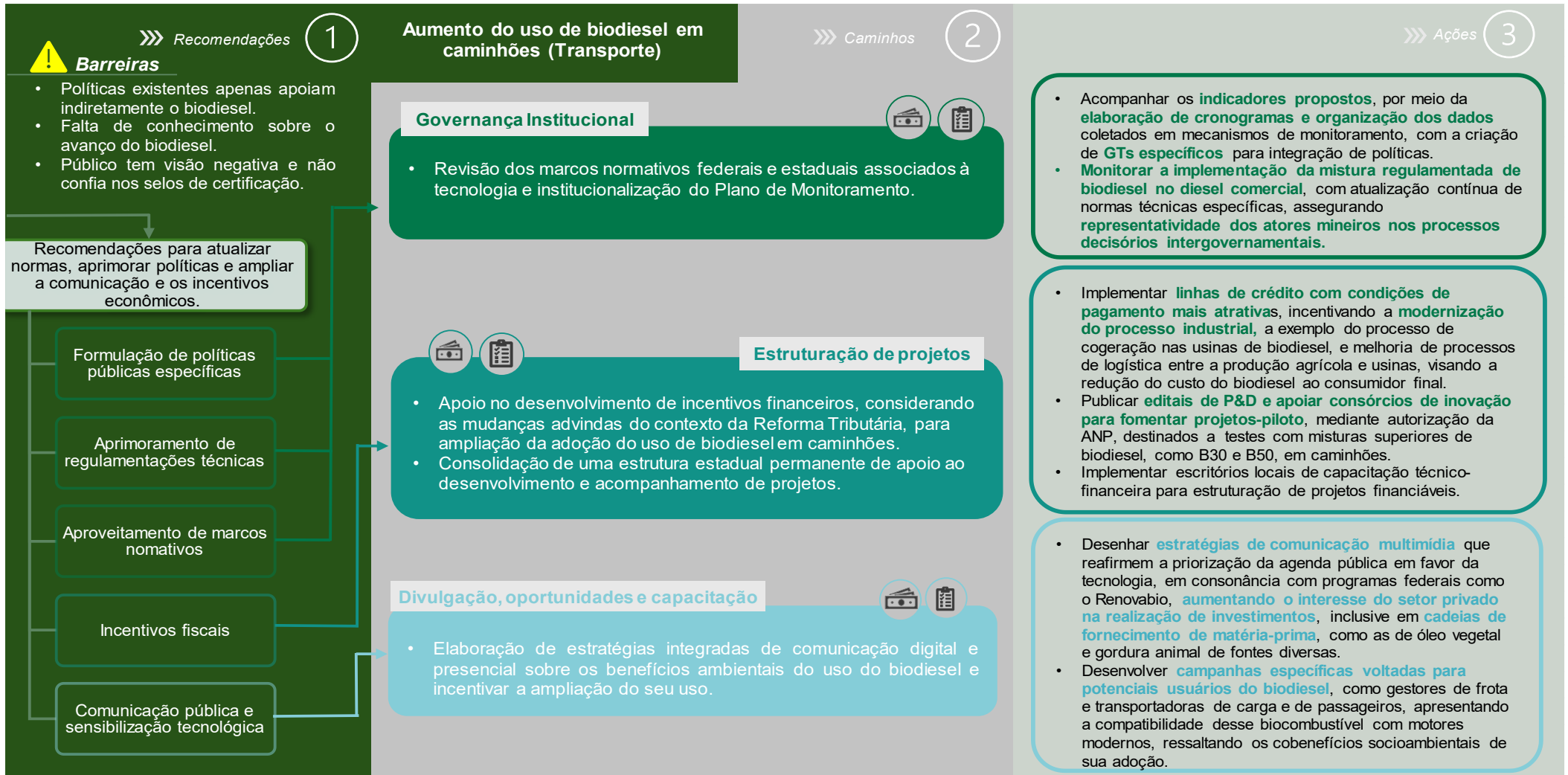
Figura 13 – Ficha-resumo com as principais informações do Aumento do uso de biodiesel em caminhões



Fonte: Elaboração própria.



Figura 14 – Mapa das Ações: Aumento do uso de biodiesel em caminhões



Fonte: Elaboração própria.



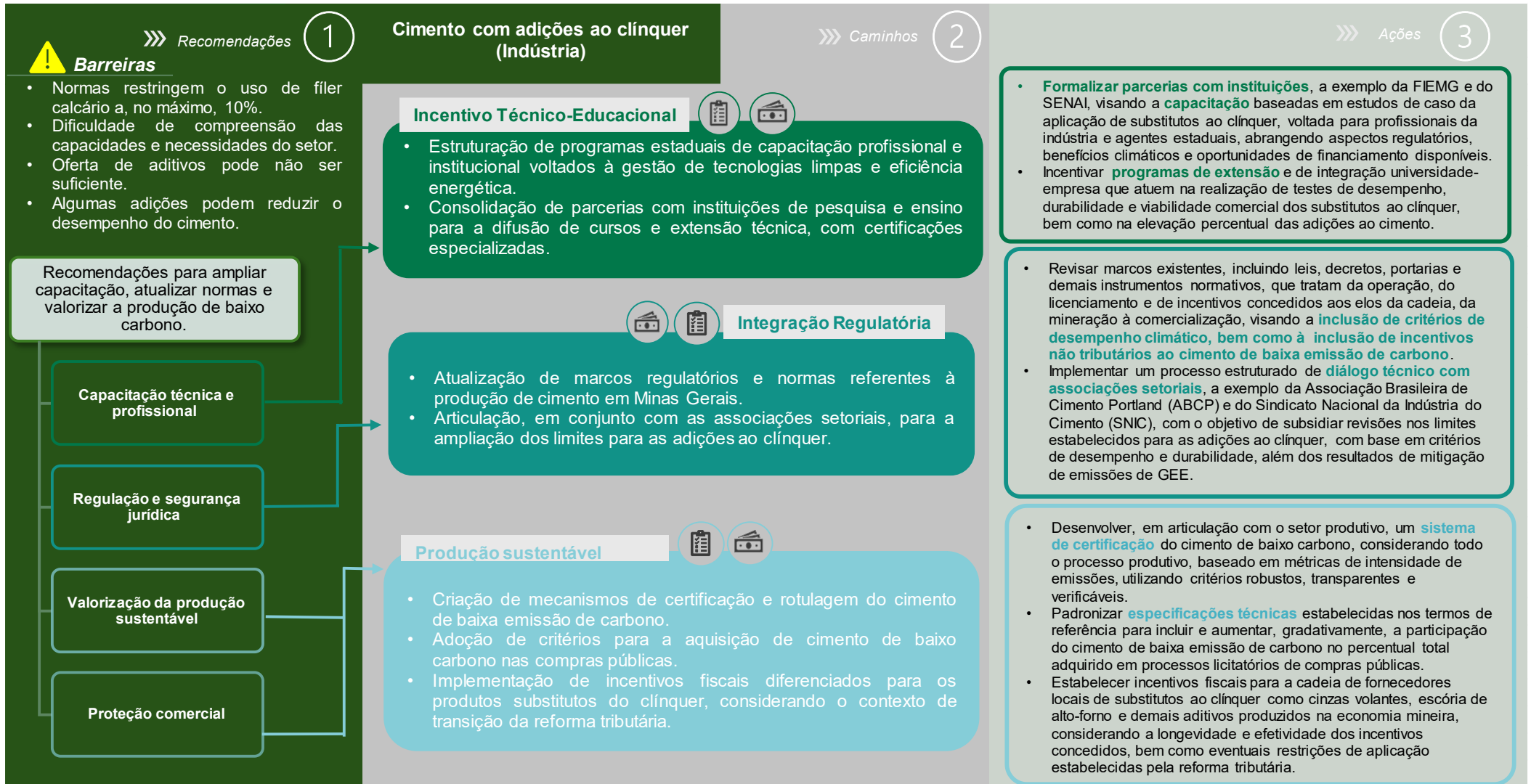
Figura 15 – Ficha-resumo com as principais informações de cimento com adições ao clínquer



Fonte: Elaboração própria.



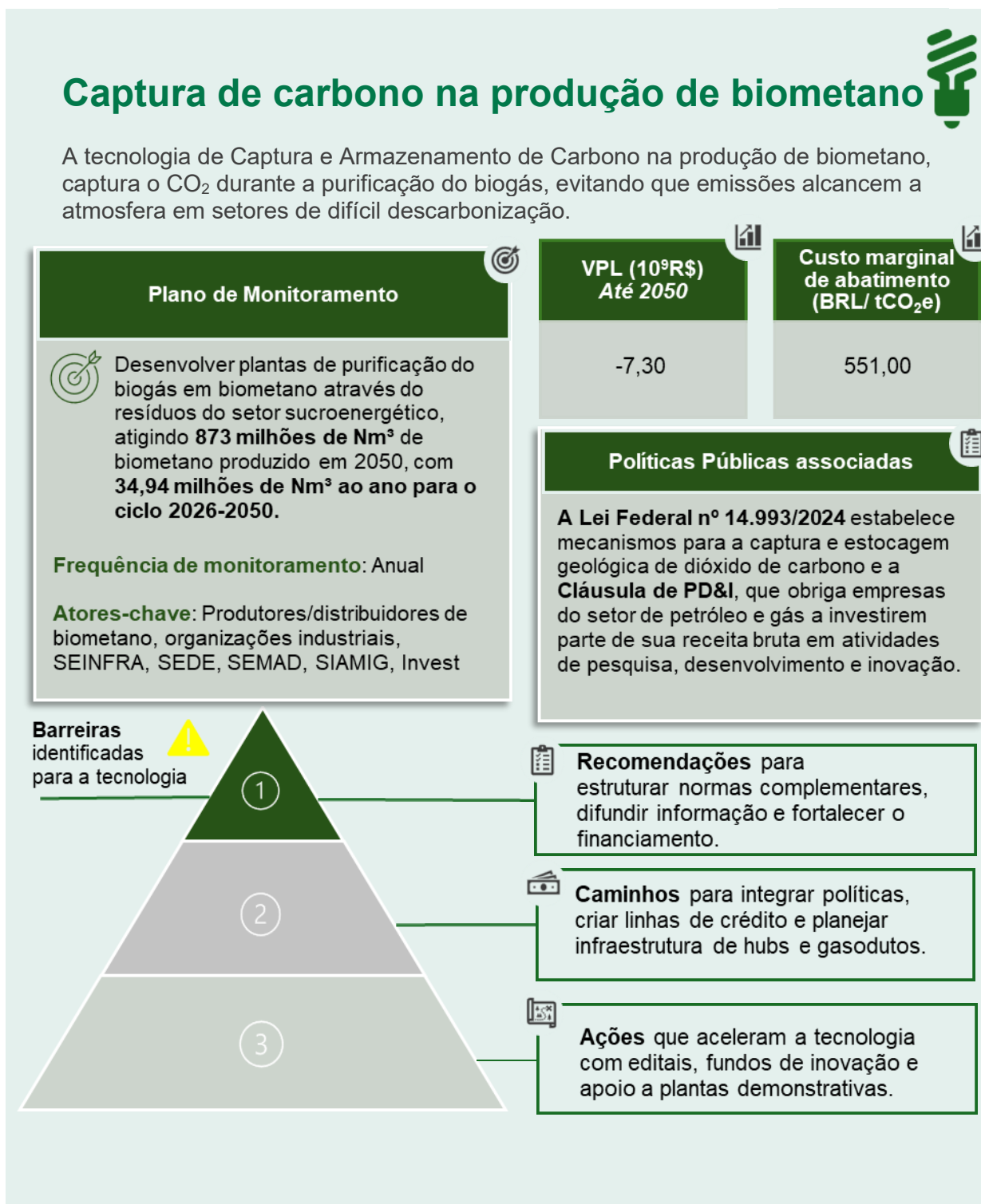
Figura 16 – Mapa das Ações: Cimento com adições ao clínquer



Fonte: Elaboração própria.



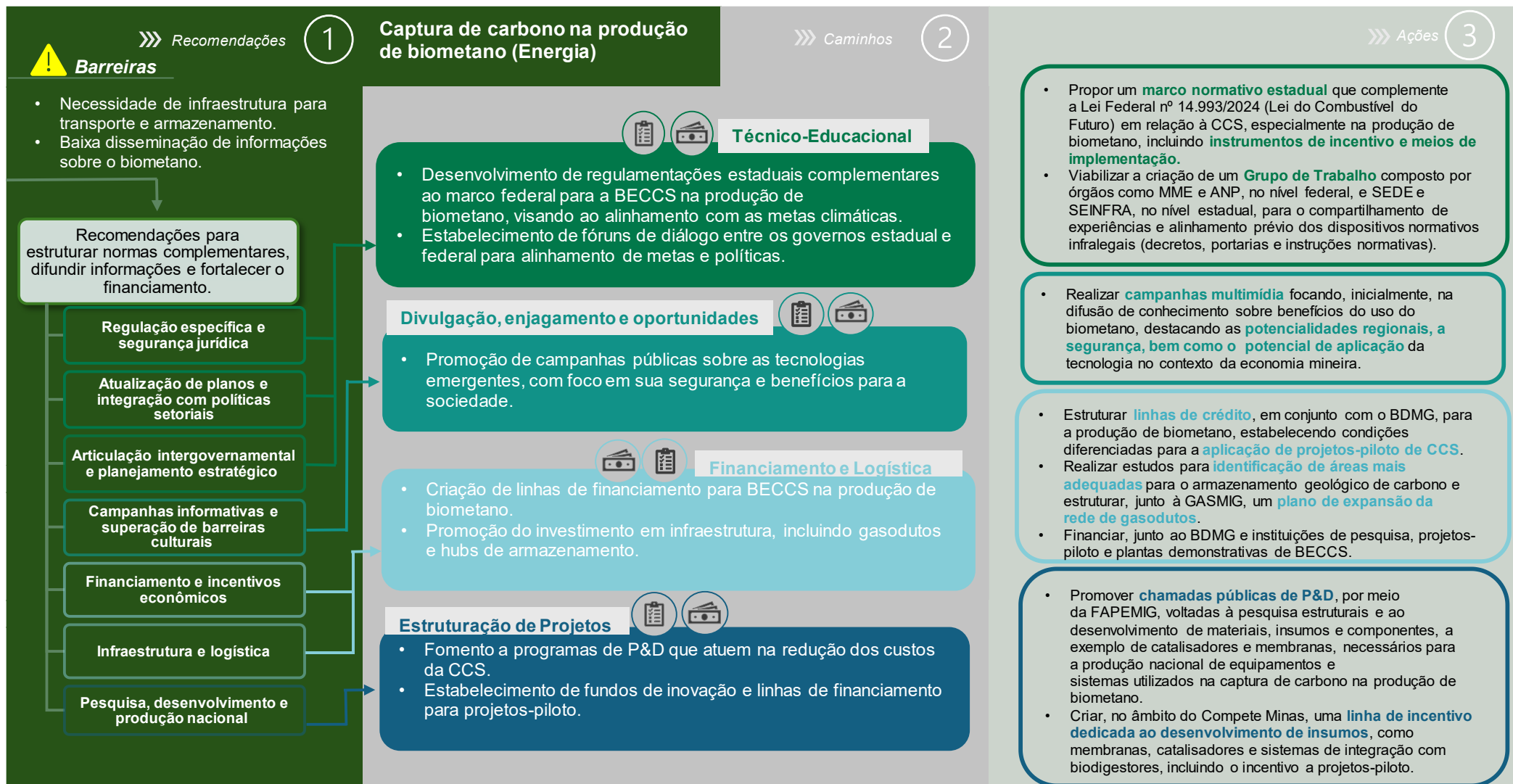
Figura 17 – Ficha-resumo com as principais informações da captura de carbono na produção de biometano



Fonte: Elaboração própria.



Figura 18 – Mapa das Ações: Captura de carbono na produção de biometano



Fonte: Elaboração própria.



BLOCO 3

O Bloco 3 abrange tecnologias com VPL negativo, maior custo marginal de abatimento e contribuição acima da mediana para o cenário de mitigação em seus setores. Nesse conjunto, a viabilização depende de políticas públicas estruturantes, capazes de mobilizar instrumentos inovadores e articular recursos de longo prazo voltados à pesquisa, desenvolvimento e inovação. As ações demandam um esforço coordenado para reduzir incertezas tecnológicas, estimular investimentos antecipados e criar condições para que soluções ainda emergentes

Em AFOLU, a restauração florestal é tratada como agenda de implantação e de consolidação de cadeia produtiva. As ações combinam comunicação estratégica e focalizada, escritórios locais de capacitação e apoio à estruturação e ao acompanhamento de projetos. Propõem-se integração de políticas e coordenação entre entes, além de protocolos de salvaguardas e avaliação de riscos socioambientais, com indicadores sociais, ambientais e econômicos para monitorar resultados e reduzir incertezas para investidores. Também se recomenda fortalecer a cadeia de insumos para o plantio e a logística de armazenamento e escoamento de sementes e mudas.

Em Transporte, o uso de HVO em caminhões demanda integração regulatória e indução de mercado. Recomenda-se revisar marcos normativos para contemplar tecnologias *drop-in* e institucionalizar o monitoramento da mistura por indicadores e instâncias dedicadas. Para viabilizar escala, propõem-se editais de P&D e consórcios de inovação, atração de investimentos para plantas de HVO em Minas Gerais e incentivos financeiros, incluindo subsídios por litro, programas de certificação e reconhecimento e metas para frotas públicas.

Em Indústria, a redução direta a gás natural (RD-GN) exige inovação e infraestrutura. As ações incluem chamadas públicas (Compete Minas/FAPEMIG) para pesquisa aplicada, plantas demonstrativas e formação de capital humano, além do desenho, com o BDMG, de produto financeiro para modernização de equipamentos e sistemas. Complementarmente, recomenda-se mapear a demanda industrial por gás natural e estruturar incentivos com a GASMIG para expansão da rede e compartilhamento de riscos.

Por fim, em Energia, a captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço (BECCS) requer marco normativo estadual complementar à Lei do Combustível do Futuro, linhas de crédito para projetos-piloto e estratégias de escala baseadas em métricas verificáveis. Estudos territoriais com universidades e FAPEMIG e apoio local à preparação de projetos completam o arranjo, sobretudo para identificar e viabilizar áreas de armazenamento geológico de carbono.

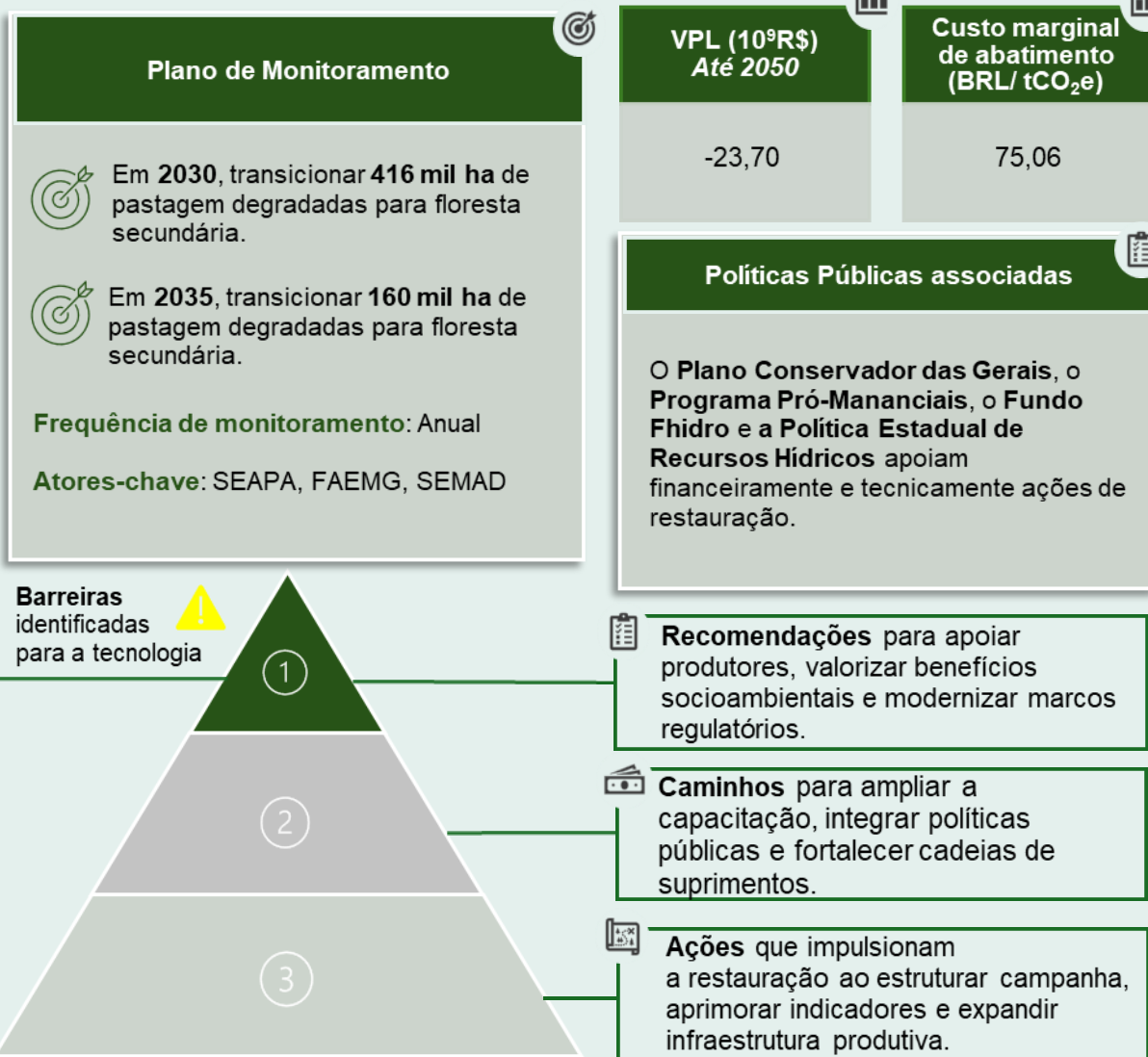


Figura 19 – Ficha-resumo com as principais informações de restauração florestal

Restauração florestal



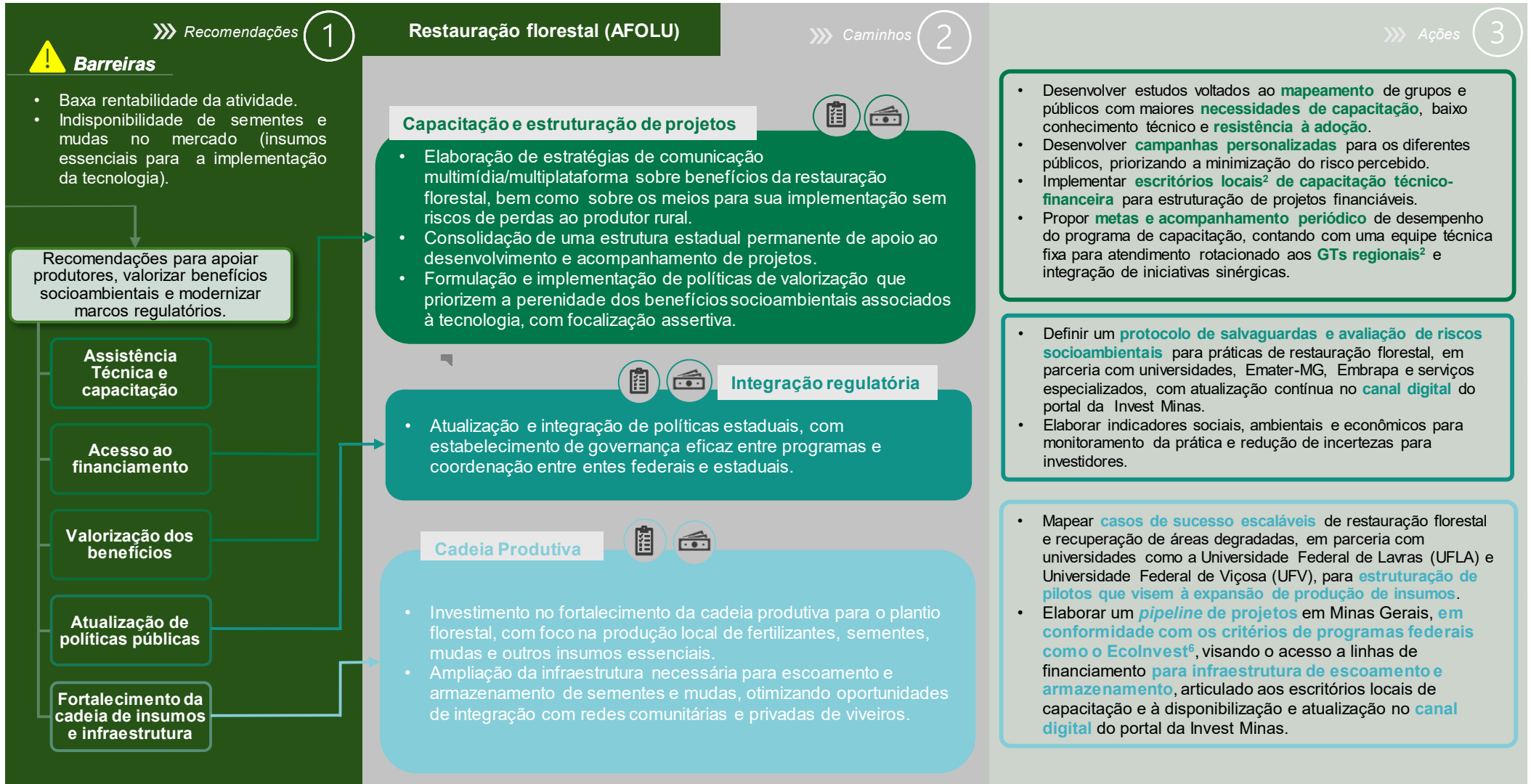
Envolve a recuperação de áreas degradadas de pastagem, reduzindo a pressão por abertura de novas áreas, e a recomposição da vegetação nativa, promovendo remoção de carbono e fornecendo serviços ecossistêmicos como regulação hídrica, purificação do ar e conservação da biodiversidade.



Fonte: Elaboração própria.



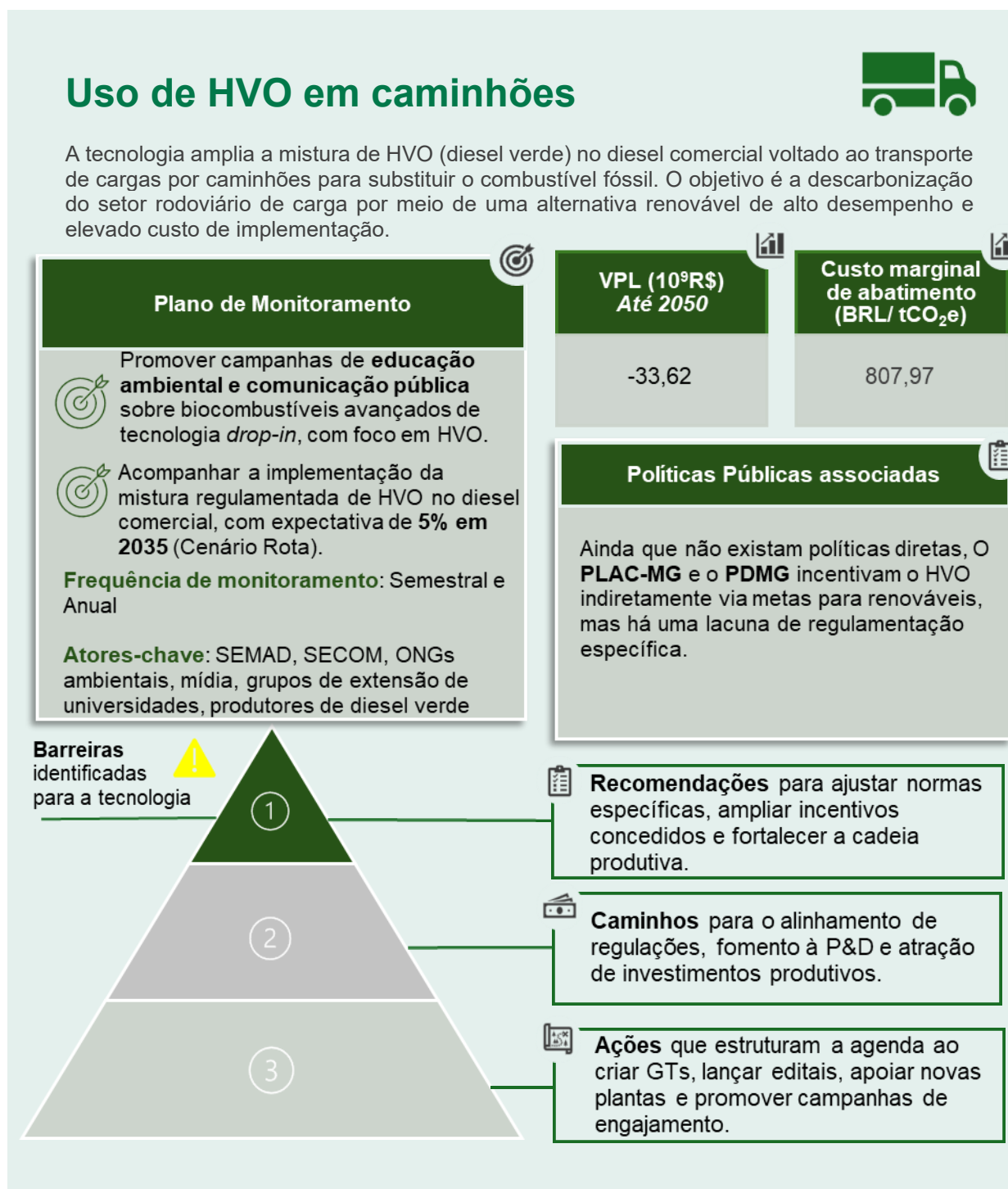
Figura 20 – Mapa das Ações: Restauração florestal



Fonte: Elaboração própria.



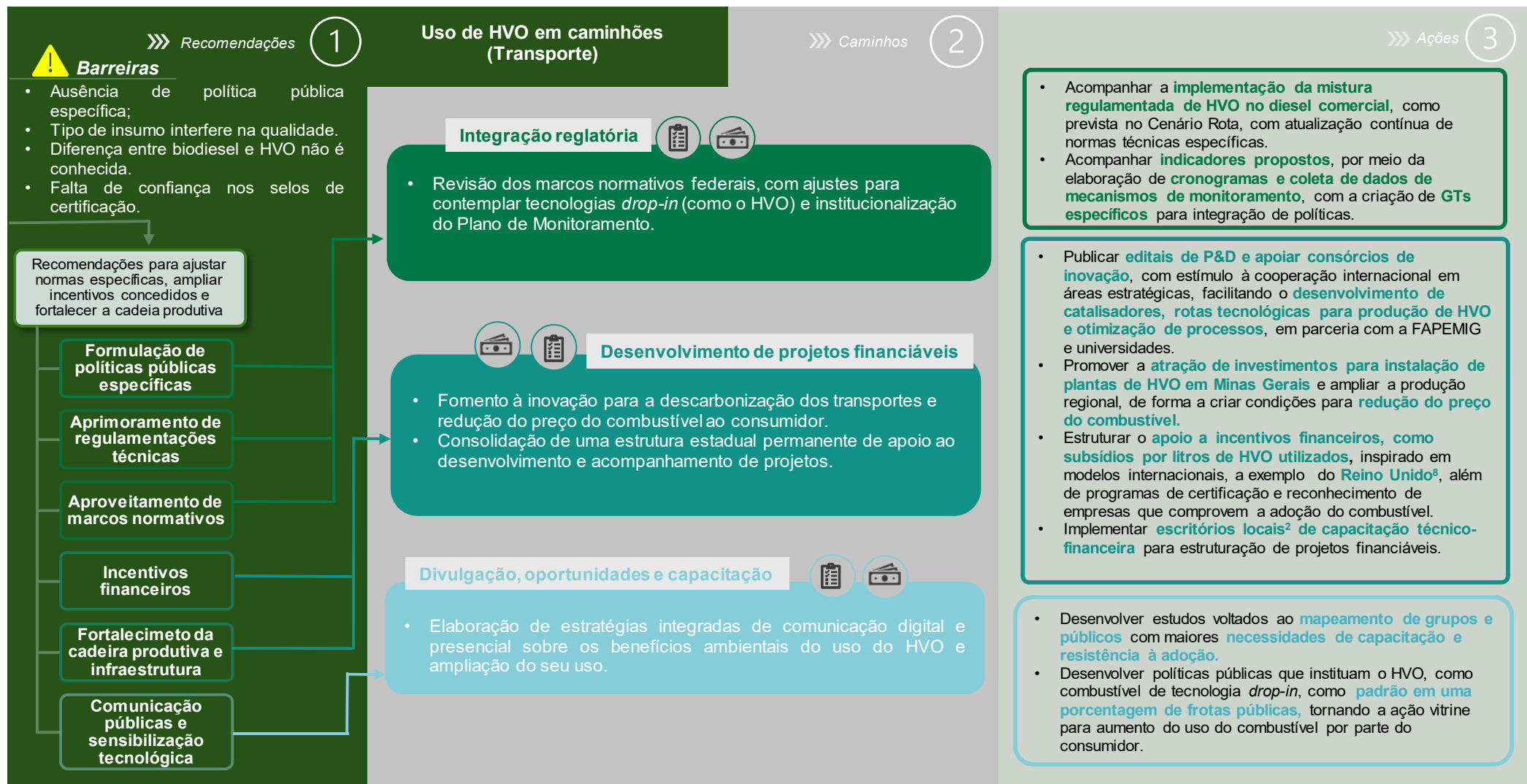
Figura 21 – Ficha-resumo com as principais informações do uso de HVO em caminhões



Fonte: Elaboração própria.



Figura 22 – Mapa das Ações: Uso de HVO em caminhões



Fonte: Elaboração própria.



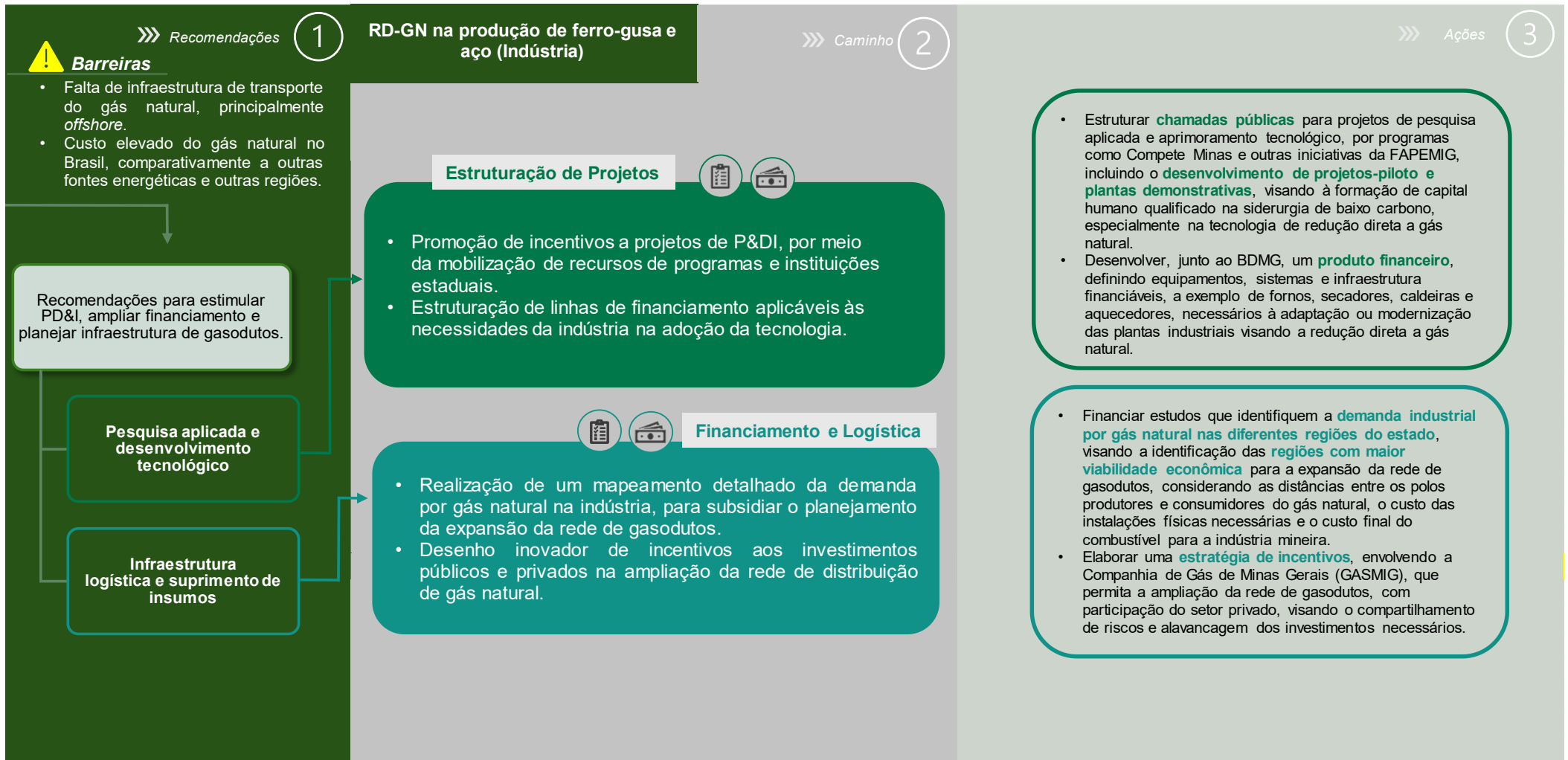
Figura 23 – Ficha-resumo com as principais informações da RD-GN na produção de ferro-gusa e aço



Fonte: Elaboração própria.



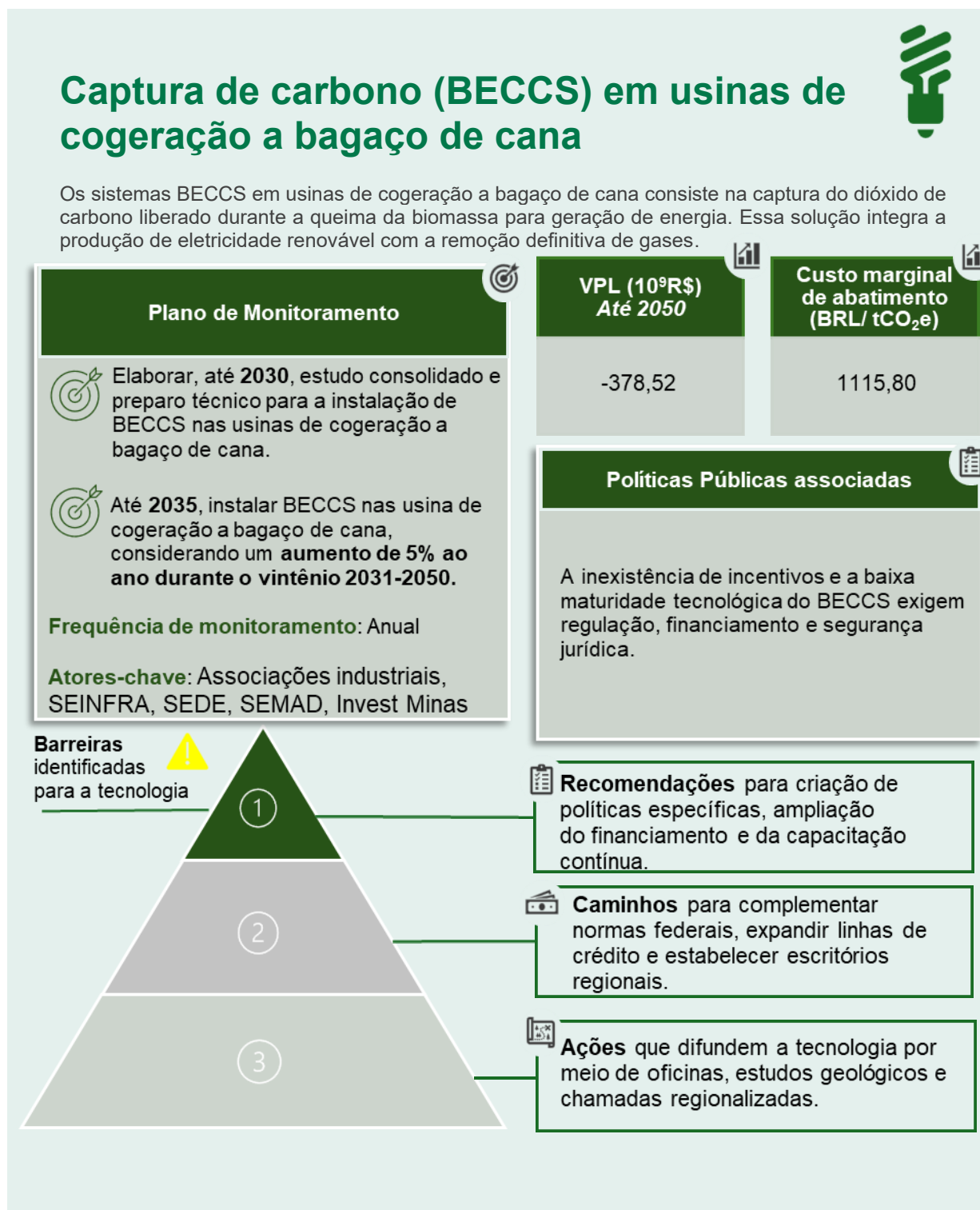
Figura 24 – Mapa das Ações: RD-GN na produção de ferro-gusa e aço



Fonte: Elaboração própria



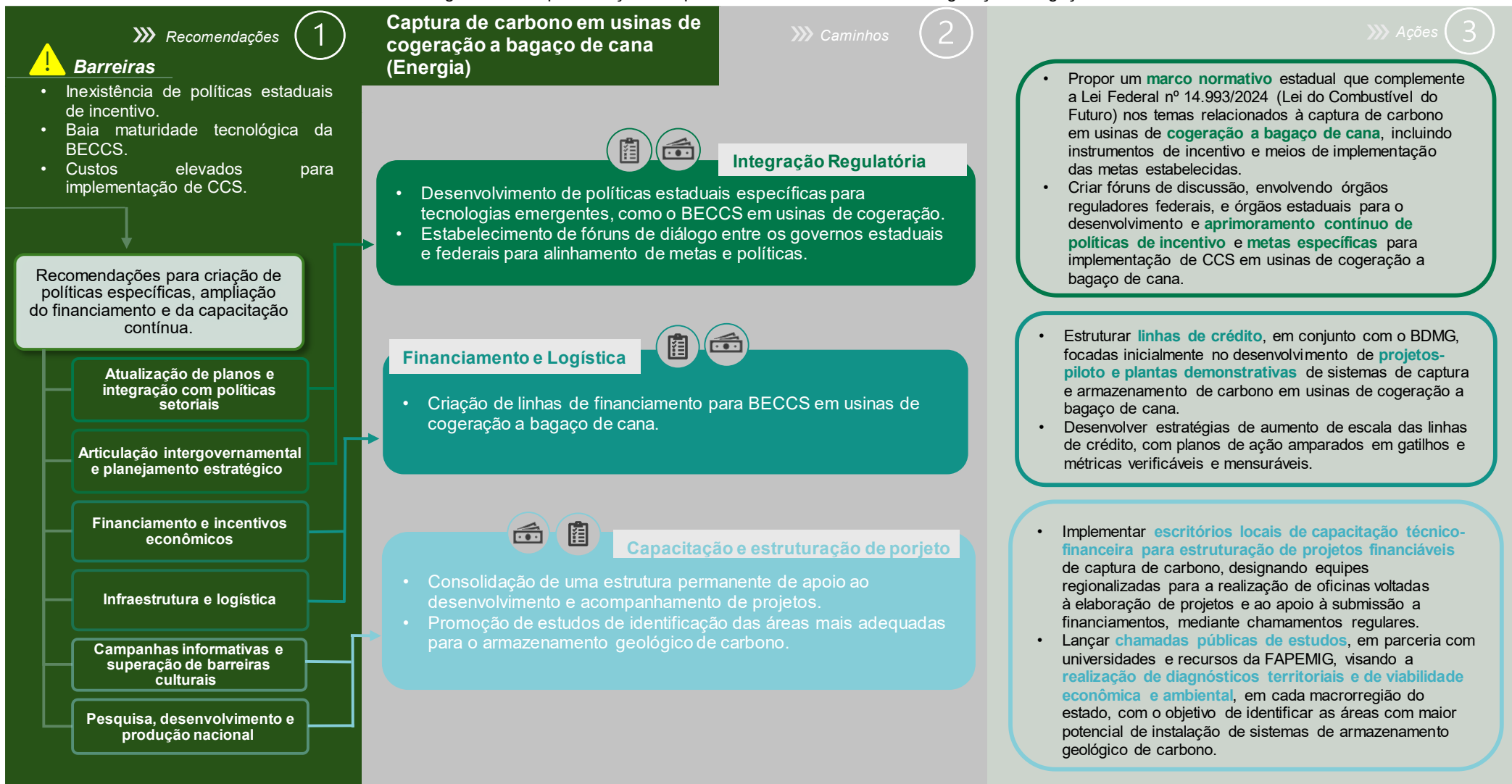
Figura 25 – Ficha-resumo com as principais informações da Captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana



Fonte: Elaboração própria



Figura 26 – Mapa das Ações: Captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana



Fonte: Elaboração própria.



NOTAS

¹ILPFdigital (Rede ILPF)

O ILPFdigital é uma iniciativa tecnológica da Rede ILPF, uma associação público-privada que agrega a Embrapa, a cooperativa Cocamar e as empresas Bradesco, John Deere, Soesp, Suzano, Syngenta e Timac Agro, visando promover a ampliação dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Brasil. O ILPF digital permite que técnicos, produtores e demais profissionais do setor agro registrem informações e monitorem áreas, contribuindo para o mapeamento das áreas de aplicação de ILPF no país, por meio de um aplicativo ou plataforma *web*, conectando tecnologia às práticas adotadas no campo (Rede ILPF, 2024, [S.d.]

² Escritórios locais de capacitação técnico-financeira

Os Escritórios de Capacitação Técnico-Financeira são unidades institucionais propostas de apoio permanente, com atuação territorializada, voltadas ao fortalecimento das capacidades locais para a estruturação de projetos robustos do ponto de vista técnico e financeiro, aptos à captação de recursos junto a múltiplas fontes de financiamento. Atuam por meio de chamadas públicas regulares, ofertando capacitações e assessoria aplicada, composta por uma equipe ou Grupo de Trabalho (GTs regionais) regionalizado, responsáveis pela realização de oficinas piloto de elaboração de projetos e apoio à submissão a financiamentos.

³ Unidades de Demonstração (UDs) de sistema ILPF em Minas Gerais

Unidades de Demonstração (UDs) são áreas, em geral, propriedades rurais privadas, utilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) para a validação e demonstração de tecnologias, práticas e cultivos. No contexto específico, se refere à UD localizada nos municípios de Prudente de Moraes e Sete Lagoas voltadas à aplicação de sistemas integrados envolvendo eucalipto, milho, pastagens e outras culturas (EPAMIG, 2012).

⁴ MapBiomias Alerta

MapBiomias Alerta é um sistema de validação e refinamento de alertas de supressão de vegetação nativa em todos os biomas do Brasil, transformando dados brutos provenientes de satélites e alertas automáticos em informações validadas e contextualizadas, facilitando o monitoramento e a fiscalização do desmatamento (MAPBIOMAS, 2025).



5 Programa Brasil M.A.I.S (Meio Ambiente Integrado e Seguro)

O Programa Brasil M.A.I.S. (Meio Ambiente Integrado e Seguro) é uma iniciativa do Governo Federal, operacionalizado pela Polícia Federal, que oferece tecnologias para apoiar o monitoramento, a prevenção e o combate a crimes ambientais e outros delitos em todo território brasileiro. A iniciativa utiliza imagens de satélite diárias em alta resolução, emitindo alertas quando alterações no uso do solo que podem representar danos ambientais são detectadas. Os órgãos públicos que tenham interesse no monitoramento territorial podem aderir ao programa sem custos (Polícia Federal, [S.d.]).

6 EcoInvest

O EcoInvest é um programa federal que busca atrair e mobilizar recursos privados e externos para investimentos em projetos sustentáveis de longo prazo no Brasil, incluindo setores como transição energética, bioeconomia e infraestrutura verde. O programa possui linhas de atuação que utilizam instrumentos financeiros inovadores, como *blended finance*, que consiste na combinação de recursos públicos e privados para alavancar investimentos e reduzir o custo do crédito, além de outros instrumentos destinados a reduzir a volatilidade cambial (*hedge* cambial) (Tesouro Nacional, [S.d.]).

7 Flutuações sazonais de oferta e estabilizações de preço do etanol

As flutuações sazonais do preço do etanol ocorrem devido à necessidade do rápido processamento da cana-de-açúcar para produção de etanol, limitando a produção entre os meses de abril e novembro e resultando em menor oferta e preços mais altos, agravados por quebras de safra, queimadas e pela concorrência com o açúcar em períodos de valorização internacional. Já o etanol de milho ajuda a reduzir essa volatilidade, pois pode ser produzido o ano todo a partir de grãos armazenados, garantindo oferta contínua e maior estabilidade de preços (Globo Rural, 2024; Milanez *et al.*, 2014; Moraes, 2026).

8 Incentivos financeiros a biocombustíveis no Reino Unido

Um dos mecanismos no Reino Unido para a área de biocombustíveis é a Obrigação de Combustível Renovável para Transportes (RTFO, na sigla em inglês), no âmbito da qual o HVO é elegível. Esse mecanismo impõe aos fornecedores a obrigatoriedade de utilização de combustíveis renováveis e concede certificados negociáveis por litro de combustível sustentável fornecido (GOV.UK, 2024).



9 PotencializEE

O programa PotencializEE é uma iniciativa de cooperação Brasil-Alemanha que busca incentivar e ampliar a eficiência energética em pequenas e médias empresas (PMEs) industriais brasileiras, inicialmente do estado de São Paulo. A iniciativa busca redução do consumo de energia, diminuição de custos e melhoria da competitividade industrial por meio da identificação e implementação de melhorias e novas tecnologias. O PotencializEE também atua na realização de diagnósticos energéticos, conscientização e apoio técnico e financeiro na implementação de projetos, incluindo modelos de créditos facilitados para as PMEs (PotencializEE, [S.d.]).

10 Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (IPMVP)

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (IPMVP, na sigla em inglês) é um padrão reconhecido internacionalmente para medir e verificar resultados obtidos por projetos de eficiência energética, de água e de energias renováveis. O IPMVP foca não apenas na medição do consumo, mas também na economia gerada com as intervenções realizadas, dispondo de um framework de melhores práticas para transparência, confiabilidade, monitoramento, verificação e redução de riscos (EVO, 2022).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPAMIG. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Propriedades Rurais**. [S.l.]: [S.e.], [S.d.]. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/ILPF-ctco-2012-EPAMIG.pdf>.

EVO. **International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)**. 2022. Efficiency Valuation Organization. Disponível em: <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>.

GLOBO RURAL. Etanol de milho ou cana-de-açúcar? Entenda a diferença e as vantagens. 8 dez. 2024. **Globo Rural**. Disponível em: <https://globorural.globo.com/biocombustiveis/noticia/2024/12/etanol-de-milho-ou-cana-de-acucar-diferenca-vantagens.ghtml>. Acesso em: 23 jan. 2026.

GOV.UK. Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) scheme. 19 dez. 2024. **GOV.UK**. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/collections/renewable-transport-fuels-obligation-rtfo-orders>. Acesso em: 23 jan. 2026.

MAPBIOMAS. MapBiomass Alerta. 2025. Disponível em: <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 23 jan. 2026.

MILANEZ, A A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, [S.l.], n. 41, p. 147–208, 2014. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003017494>. Acesso em: 23 jan. 2026.

Preço do etanol fecha 2025 com aumento de 9,79% em Minas Gerais. 8 jan. 2026. Diário do Comércio. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/etanol-alta-minas-gerais-combustivel/>. Acesso em: 23 jan. 2026.

POLÍCIA FEDERAL. **Programa BRASIL MAIS - Meio Ambiente Integrado e Seguro**. Disponível em: <https://plataforma-pf.scon.com.br/#/>.

POTENCIALIZEE. **O Programa**. Disponível em: <https://www.programa-potencializee.com.br/o-programa/>.

REDE ILPF. **Cartilha Aplicativo ILPF Digital**. 13 ago. 2024. Disponível em: <https://redeilpf.org.br/cartilha-aplicativo-ilpf-digital/>.

REDE ILPF. **O que é a Rede ILPF**. Disponível em: <https://redeilpf.org.br/o-que-e-a-rede-ilpf/>.

TESOURO NACIONAL. **Eco Invest Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/tesouronacional/pt-br/fomento-ao-investimento>.



Bruna Araujo

bruna.araujo@waycarbon.com

46

Nathalia Pereira

nathalia.pereira@waycarbon.com

Felipe Rocha

felipe.rocha@waycarbon.com

Laise Mondo

laise.mondo@waycarbon.com

Luiz Oliveira

luiz.oliveira@waycarbon.com

Cecília Lorette

cecilia.loretti@waycarbon.com

