



Proposição de novas políticas públicas para a Eficiência energética industrial no Brasil

Volume 3

Avaliação de impacto macroeconômico, ambiental e social advindo das políticas públicas de EE térmica industrial propostas e plano de implementação

Produto elaborado para: Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética, Ministério de Minas e Energia (MME); Secretaria de Economia Verde, Descarbonização e Bioindústria, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

Responsável:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Elaborado por: Facto Energy / PUC-Rio.

Equipe: Roberto Velásquez e Rodrigo Flora Calili (Coordenadores), Douglas Rischter, Felipe Leite, Guilherme Dantas, Maria Fatima Ludovico da Gama e Souza, Raymundo Aragão, Renato Ferreira, Ricardo Lima, Samuel Santos e Isabella Rocha.

Esse documento foi elaborado no âmbito do PotencializEE – Programa de Investimentos Transformadores em Eficiência Energética na Indústria – com o intuito de promover Eficiência Energética em Pequenas e Médias Empresas industriais no Brasil. O PotencializEE faz parte da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) na qualidade do parceiro político, o MDIC e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Conta com recursos de múltiplos doadores através da *Mitigation Action Facility*, um mecanismo de financiamento de descarbonização dos seguintes doadores: Ministério Alemão para Assuntos Econômicos e Ação Climática (BMWK); Departamento de Segurança Energética e Net Zero do Reino Unido (DESNZ); Ministério do Clima, Energia e Serviços Públicos da Dinamarca (KEFM); Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca (MFA); União Europeia e Fundação do Fundo de Investimento para Crianças (CIFF).

Coordenação: Marco Schiewe (GIZ)

Joice Pereira (GIZ)

Revisão: Samira Sana Fernandes de Sousa Carmo (MME)

Alexandra Albuquerque Maciel (MME)

Novembro de 2023

Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Conseqüentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.



Sumário

1. Introdução	29
2. Abordagens Metodológicas para Avaliação dos Impactos de Políticas Públicas de EE	35
3. Abordagem Metodológica para Avaliação de Impactos das Políticas Públicas de EE Térmica	40
4. Construção dos Cenários de Conservação de Energia segundo a Abordagem Híbrida <i>Top-down/Bottom-up</i>	43
4.1 Descrição da Abordagem Híbrida <i>Top-down/Bottom-up</i>	43
4.2 Cenários de Conservação de Energia segundo a Abordagem Híbrida <i>Top-down/Bottom-up</i>	44
5. Definição, Cálculo e Avaliação dos Impactos Advindos da Implantação das Políticas Públicas.....	53
5.1 Definição dos Indicadores Associados aos Impactos Advindos da Implementação das Políticas Públicas.....	53
5.1.1 Redução da Intensidade Energética	54
5.1.2 Impacto na Produtividade Industrial	55
5.1.3 Economia Financeira.....	56
5.1.4 Geração de Empregos.....	57
5.1.5 Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa.....	57
5.1.6 Melhoria da Qualidade do Ar Local.....	58
5.1.7 Impacto na Saúde	60
5.1.8 Impacto nos Orçamentos Públicos	61
5.2 Cálculo dos Impactos Advindos da Implementação das Políticas Públicas	62
6. Definição de Metas de Eficiência Energética Térmica e Planos de Implementação das Políticas Públicas	82
7. Considerações Finais e Recomendações.....	88
Referências Bibliográficas.....	91
Apêndice 1 – Resultados da Segunda Sessão do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”	93
Apêndice 2 – Políticas Públicas para Eficiência Energética Térmica na Indústria.....	103
Política de Treinamento e Educação.....	103
Política de Gestão Energética Industrial.....	105
Política de Inovação em EE Térmica na Indústria.....	106
Política de Cogeração e Recuperação de Calor	109



Índice de Figuras

Figura 1 – Abordagens metodológicas para avaliação de impactos de políticas de EE segundo escopo e complexidade da mensuração	37
Figura 2 – Árvore de decisão para a escolha da abordagem metodológica para a avaliação de impactos de políticas públicas de EE	41
Figura 3 - Energia conservada total estratificada por tecnologia	49



Índice de Quadros e Tabelas

Quadro 1– Metodologia geral para o desenvolvimento dos Produtos 4 e 5	11
Quadro 2– Impactos econômicos, ambientais e sociais considerados no Produto 4.....	15
Quadro 3 - Plano de ação para a implementação da política de treinamento e educação	83
Quadro 4 - Plano de ação para a implementação da política de gestão energética industrial	84
Quadro 5 - Plano de ação para a implementação da política de inovação em EE térmica na indústria.....	85
Quadro 6 - Plano de ação para a implementação da política de cogeração e recuperação de calor	86
Tabela 1 - Conservação de energia com a implementação das quatro políticas públicas por segmento industrial	15
Tabela 2 - Conservação de energia com a implementação das políticas públicas por período	16
Tabela 3 - Conservação de energia por tecnologia e por período	17
Tabela 4 - Impacto na redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por período	17
Tabela 5 - Redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	18
Tabela 6 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por período	18
Tabela 7 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	18
Tabela 8 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por período	19
Tabela 9 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	19
Tabela 10 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por período	19
Tabela 11 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	20
Tabela 12 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período	20
Tabela 13 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	20
Tabela 14 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por período	21
Tabela 15 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	21
Tabela 16 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por período	22

Tabela 17 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	22
Tabela 18 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por período	23
Tabela 19 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	23
Tabela 20 - Plano de ação para a implementação da política de treinamento e educação ...	24
Tabela 21- Plano de ação para a implementação da política de gestão energética industrial	25
Tabela 22 - Plano de ação para a implementação da política de inovação em EE térmica na indústria.....	26
Tabela 23 - Plano de ação para a implementação da política de cogeração e recuperação de calor	27
Tabela 24 - Conservação de energia com a implementação das quatro políticas públicas por segmento industrial	45
Tabela 25 - Estimativa da energia conservada com a implementação das políticas públicas por período	45
Tabela 26 - Quadro- resumo da energia conservada total estratificada por segmento industrial, implementação das políticas públicas e período: horizonte 2050	46
Tabela 27 – Quadro- resumo da estimativa da energia conservada total estratificada por energético e uso fina.....	48
Tabela 28 - Quadro resumo da energia conservada com a política de cogeração estratificada por tecnologia e por período: horizonte 2050	49
Tabela 29 - Quadro-resumo da estimativa da energia conservada estratificada por segmento industrial, impacto das tecnologias e período	50
Tabela 30 – Emissão de GEE evitada (tCO ₂ eq) estratificada por conjunto de políticas e por período	51
Tabela 31 – Quadro- resumo das emissões de GEE evitadas com a política de cogeração, estratificadas por tecnologia e período	52
Tabela 32 - Impacto na redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por período	62
Tabela 33 - Redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	62
Tabela 34 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por período	62
Tabela 35 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	63
Tabela 36 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por período	63
Tabela 37 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	63
Tabela 38 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por período	64



Tabela 39 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	64
Tabela 40 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período	64
Tabela 41 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	65
Tabela 42 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por período	65
Tabela 43 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	66
Tabela 44 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por período	66
Tabela 45 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período	67
Tabela 46 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por período	67
Tabela 47 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.....	67
Tabela 48 - Impactos no segmento de cimento com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)	68
Tabela 49 - Impactos no segmento de cimento com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)	68
Tabela 50 - Impactos no segmento de ferro-gusa e aço com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)	69
Tabela 51 - Impactos no segmento de ferro-gusa e aço com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)	69
Tabela 52 - Impactos no segmento de mineração e pelotização com a implementação das 3 políticas	70
Tabela 53 - Impactos no segmento de mineração e pelotização com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B).....	71
Tabela 54 - Impactos no segmento de não-ferrosos e outros da metalurgia com a implementação das 3 políticas	71
Tabela 55 - Impactos no segmento de não-ferrosos e outros da metalurgia com a implementação das 4 políticas(Cenário A – Cenário B).....	73
Tabela 56 - Impactos no segmento de química com a implementação das 3 políticas.....	73
Tabela 57 - Impactos no segmento de química com a implementação das 4 políticas.....	74
Tabela 58 - Impactos no segmento de alimentos e bebidas com a implementação das 3 políticas	74
Tabela 59 - Impactos no segmento de alimentos e bebidas com a implementação das 4 políticas	75
Tabela 60 - Impactos no segmento de têxtil com a implementação das 3 políticas.....	76
Tabela 61- Impactos no segmento de têxtil com a implementação das 4 políticas.....	76
Tabela 62 - Impactos no segmento de papel e celulose com a implementação das 3 políticas	78



Tabela 63 - Impactos no segmento de papel e celulose com a implementação das 4 políticas	79
Tabela 64 - Impactos no segmento de cerâmica e vidro com a implementação das 3 políticas	80
Tabela 65 - Impactos no segmento de cerâmica e vidro com a implementação das 4 políticas	80
Tabela 66 - Metas de conservação de energia com a implementação das políticas públicas por período	83
Tabela 67 - Metas de redução de emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período.....	83

Resumo Executivo

No contexto da transição energética para uma economia de baixo carbono, a eficiência energética (EE) desempenha um papel importante, uma vez que permite não apenas reduzir a intensidade energética das atividades econômicas, como também, no caso da Eficiência Energética Elétrica, liberar capacidade de geração de eletricidade por um custo geralmente inferior ao de construção de novas instalações geradoras. Conforme estimativas da Agência Internacional de Energia (AIE), os investimentos em eficiência energética precisarão contribuir com uma redução de cerca de 35% das emissões acumuladas de CO₂ para atingir as metas do Acordo de Paris, que visa combater as mudanças climáticas.

A indústria brasileira foi responsável por 32% do consumo e por 18% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da matriz energética em 2022 (EPE, BEN Síntese, 2023).

Com o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia no Brasil, foi criado o Programa de Eficiência Energética (PEE), sob responsabilidade da ANEEL em 24 de julho de 2000. No âmbito do PEE, concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas a aplicar anualmente um montante de sua receita líquida em iniciativas de eficiência energética por meio de chamadas públicas de projetos, além de alocar uma parcela desses recursos em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico.

Atualmente, nota-se que a parcela de recursos aplicada em projetos industriais no PEE é muito inferior à parcela industrial no consumo de eletricidade no país (41%), mesmo que esses projetos demonstrem resultados mais efetivos em economia de energia do que os que vêm sendo realizados em outros segmentos, aqui chamados de tipologias para maior aderência à terminologia da regulamentação.

No contexto brasileiro, os projetos de eficiência energética desenvolvidos pelos agentes do setor devem demonstrar a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Dessa forma, buscam maximizar os benefícios da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica no país.

A recuperação de energia térmica industrial é um processo que envolve a captura e reutilização do calor gerado durante as operações industriais, em vez de simplesmente desperdiçá-lo na atmosfera por meio dos gases quentes, produtos da combustão, na chaminé. Esse processo é benéfico tanto para o meio ambiente quanto para a competitividade das indústrias, uma vez que pode reduzir os custos de energia e as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Em processos térmicos, as perdas de energia podem ser classificadas como evitáveis e inevitáveis. As perdas evitáveis são aquelas que podem ser reduzidas ou eliminadas por meio de medidas de eficiência energética (MEEs), enquanto as perdas inevitáveis são



aquelas que não podem ser evitadas devido às imposições físicas do processo ou equipamento. Portanto, as perdas evitáveis podem ser reduzidas ou eliminadas por meio de melhorias no processo ou equipamento, enquanto as perdas inevitáveis são inerentes ao processo e à limitação física do equipamento, aumentando, assim, a eficiência energética (EE) do sistema.

Em relação à recuperação de energia térmica na indústria brasileira, os resultados obtidos no desenvolvimento do Produto 2¹ indicaram que o maior potencial de recuperação de perdas evitáveis está no aquecimento direto e indireto, processos que comumente utilizam caldeiras e fornos. No entanto, outras tecnologias como bombas de calor e sistemas solares térmicos podem ser utilizadas para esse fim — aquecimento direto e indireto — de maneira mais eficiente.

Em relação às caldeiras e fornos, a experiência tem demonstrado que, em várias indústrias de pequeno e médio porte, esses equipamentos são adquiridos tendo com foco apenas o atendimento às demandas de produção, sem priorizar a performance energética. Nesse sentido, vários são os exemplos práticos em que caldeiras e fornos são comprados sem equipamentos, ditos acessórios, que recuperam o rejeito térmico, como preaquecedor de ar, economizador, bomba de calor, dentre outros. Muitos desses equipamentos são adquiridos sem controle em malha fechada de oxigênio, o que inevitavelmente implica em desperdício de energético não queimado nos produtos da combustão, exauridos para atmosfera por meio das chaminés.

Visando promover eficiência energética em pequenas e médias empresas (PMEs) industriais no Brasil, o Programa PotencializEE, liderado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e coordenado por meio da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ), o Programa PotencializEE conta com recursos de múltiplos doadores através da *Mitigation Action Facility*², um mecanismo de financiamento que tem como objetivo ajudar países em desenvolvimento e economias emergentes em seus esforços em direção à redução de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o combate às mudanças climáticas.

O Programa tem como uma de suas vertentes a criação de políticas públicas e aumento de escala de projetos de EE na indústria brasileira. Nesta perspectiva, o consórcio Facto Energy/PUC-Rio foi contratado pela GIZ para apoiar o Programa PotencializEE em três frentes:

- Proposta de aperfeiçoamento do PEE/ANEEL para desenvolvimento de projetos de eficiência energética nos diversos segmentos industriais;

¹ Facto/PUC-Rio. **Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial**. Produto 2 – Estudo para promoção da EE térmica na indústria. Rio de Janeiro: Facto/PUC-Rio, 2023.

² A Mitigation Action Facility é uma iniciativa conjunta dos seguintes doadores: Ministério Alemão para Assuntos Econômicos e Ação Climática (BMWK); Departamento de Segurança Energética e Net Zero (DESNZ); Ministério do Clima, Energia e Serviços Públicos da Dinamarca (KEFM); Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca (MFA); União Europeia e Fundação do Fundo de Investimento para Crianças (CIFF).



- Promoção da eficiência energética industrial em energia térmica por meio de estudos técnicos e um plano de ação detalhado de políticas públicas;
- Levantamento e apresentação dos cobenefícios econômico-financeiros, ambientais e sociais dos projetos de EE viabilizados pelo PotencializEE.

Este relatório refere-se a resultados da segunda frente, mais especificamente à avaliação de impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial e ao estabelecimento de metas de eficiência energética térmica, incluindo quatro planos de implementação das políticas públicas para promoção eficiência energética térmica no setor industrial.

À medida que as prioridades políticas e econômicas vêm sendo revistas no contexto da transição para uma economia de baixo carbono, as justificativas governamentais para continuar a implementar políticas de eficiência energética baseiam-se na quantificação de múltiplos benefícios, que vão além das medidas tradicionais de redução da demanda de energia e de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Nessa perspectiva, abordagens metodológicas alternativas para definir e avaliar impactos econômicos, ambientais e sociais da eficiência energética em diversos contextos visam expandir a perspectiva das análises tradicionais, ao identificar, calcular e avaliar tais impactos em esferas distintas. Tomando-se como base o estudo da Agência Internacional de Energia (IEA, 2014)³ e uma segunda referência mais recente publicada pelo Fraunhofer Institut⁴, foi possível definir a metodologia geral para o desenvolvimento das análises aqui propostas, compreendendo oito etapas, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1– Metodologia geral para o desenvolvimento da análise de impactos

Etapa de desenvolvimento	Resultados alcançados
1 – Revisão da literatura sobre abordagens metodológicas e definição do horizonte temporal	Abordagens metodológicas revisadas com base do documento de referência da Agência Internacional de Energia (IEA, 2014). O horizonte temporal de 2050 foi definido em alinhamento ao Plano Nacional de Energia (PNE 2050), com a anuência da GIZ e do Ministério de Minas e Energia (MME).
2 – Definição dos critérios para seleção da abordagem metodológica	Critérios para seleção da abordagem metodológica foram definidos com base no referido guia da Agência Internacional (2014). Adicionalmente, foi realizado um mapeamento das abordagens metodológicas revistas na etapa anterior, segundo dois critérios: (i) escopo; e (ii) complexidade.
3 – Elaboração de texto descritivo da abordagem metodológica de escolha	Texto descrevendo a abordagem metodológica de escolha e destacando os diferenciais da adoção de uma abordagem híbrida <i>Top-down/Bottom-up</i> para fins da construção de cenários de conservação de energia considerando a implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial no horizonte de 2050.
4 – Construção de cenários de conservação de energia com a implementação das políticas públicas propostas (capítulo 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Cenário A com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo. • Cenário B com dinâmica induzida referente à implementação de

³ International Energy Agency. IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: OECD/IEA, 2014.

⁴ Reuter, M.; Patel, M.K.; Eichhammer, W.; Lapillonne, B.; Pollier, K. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, article ID 111284, 2020.

Etapa de desenvolvimento	Resultados alcançados
	políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial.
5 – Definição e cálculo de impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial	Definidos e calculados oito impactos econômicos, ambientais e sociais e respectivas fórmulas de cálculo, a saber: (i) redução da intensidade energética; (ii) impacto na produtividade industrial; (iii) economia financeira; (iv) geração de empregos; (v) redução das emissões gases de efeito estufa; (vi) melhoria da qualidade do ar local; (vii) impacto na saúde; e (viii) impacto nos orçamentos públicos.
6 – Avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais	Relatório consolidando a avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial.
7 – Definição de metas de eficiência energética térmica e planos de implementação das políticas públicas propostas (capítulo 2) para cumprimento das metas	<ul style="list-style-type: none"> • Relatório com metas de eficiência energética térmica definidas no cenário com dinâmica induzida em quatro períodos até 2050. Considerados dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor). • Planos de ação para a implementação das referidas políticas, na perspectiva de cumprimento das metas de eficiência energética térmica até o horizonte de 2050.
8 – Realização do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, com participação dos atores-chave	Relatório contendo a compilação dos resultados do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, incluindo lista de participantes e as apresentações.

Para a construção dos cenários de conservação de energia no horizonte de 2050, adotou-se uma abordagem metodológica híbrida, que associou modelos de previsão do tipo *Bottom-up* a modelos *Top-down*. A combinação de modelos *Top-down* e *Bottom-up* foi a abordagem de escolha por oferecer uma estratégia mais robusta para desenvolver cenários de conservação de energia, abordando de maneira mais completa a complexidade do consumo de energia em diversos segmentos industriais.

Dentre os diferenciais da adoção da abordagem *Top-down/ Bottom-up*, destacam-se:

- (i) Abrangência holística: a abordagem *Top-down* fornece uma visão macro e global, considerando fatores econômicos, sociais e políticos que afetam a conservação de energia em nível nacional ou por segmento industrial, enquanto a abordagem *Bottom-up* requer o levantamento mais detalhado de dados dos segmentos industriais considerados, incluindo usos finais, seja de equipamentos ou de processos;
- (ii) Detalhamento técnico: a abordagem *Top-down* ajuda a estabelecer metas e políticas de alto nível para a conservação de energia na indústria, enquanto a abordagem *Bottom-up* examina usos finais, seja de equipamentos ou de processos, e práticas industriais que possam contribuir para a eficiência energética nos diversos segmentos industriais;
- (iii) Validação cruzada: a abordagem *Top-down* permite validar os resultados *Bottom-up*, garantindo consistência entre os resultados globais e os específicos, enquanto os



resultados da aplicação da abordagem *Bottom-up* podem ser utilizados para validar e aprimorar as projeções *Top-down*;

- (iv) Engajamento das partes interessadas: a abordagem *Top-down* facilita o envolvimento das partes interessadas (governo, indústrias e federações industriais, ESCOs e distribuidoras de energia elétrica), contribuindo para a implementação efetiva das políticas públicas propostas no Capítulo 2 desta série. Já a abordagem *Bottom-up* pode envolver representantes de setores industriais e consumidores finais, garantindo uma abordagem mais participativa; e
- (v) Adaptação dinâmica: a abordagem *Top-down* permitirá ajustes nos planos de implementação de políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica industrial, com base em mudanças nas premissas macroeconômicas, sociais e políticas, adotadas neste estudo. Isso porque o horizonte temporal definido para a cenarização em foco foi 2050. Já a abordagem *Bottom-up* facilita a adaptação a avanços tecnológicos e mudanças nas preferências das empresas dos segmentos industriais considerados na construção dos cenários de conservação de energia.

A partir da construção da base de dados históricos para a modelagem *Bottom-up*, foram desenvolvidas as seguintes etapas: (i) definição dos cenários do PIB para o horizonte 2050, considerando as projeções realizadas pela EPE no PNE 2050. Para fins da análise dos impactos advindos da implementação de políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica neste horizonte, será considerado o cenário de referência descrito Capítulo 1⁵ desta série; (ii) ajuste dos modelos econométricos às séries temporais históricas de produção industrial por energético e por segmento, considerando as estimativas do PIB realizadas na etapa anterior; (iii) estimativa da produção industrial com emprego do modelo econométrico estimado na segunda etapa, usando as projeções do PIB no cenário de referência; (iv) projeção do consumo de energia de cada segmento industrial, considerando a produção estimada na terceira etapa; (v) projeção do consumo de energia por energéticos e usos finais dos segmentos industriais, considerando os coeficientes de destinação definidos pelo documento orientativo para definição do Plano Decenal de Eficiência Energética 2029 (PDEf 2029); e (vi) cálculo de energia de cada segmento industrial por uso final e por energético, considerando cenários de eficiência energética (difusão tecnológica) combinados com o cenário macroeconômico de referência.

Na cenarização em foco, consideraram-se as curvas de difusão tecnológica para os cenários de eficiência energética, conforme mencionado acima. Essas curvas permitiram que a difusão fosse parametrizada de forma a se estimar o potencial técnico⁶, o potencial econômico⁷ e o potencial autônomo⁸. Além disso, para a estimativa do potencial econômico,

⁵ No Capítulo 1 desta série, foram estimados três cenários de PIB: inferior, referência, superior. Portanto, três cenários de produção foram estimados, bem como do consumo de energia (por energético). Todavia, para o cálculo dos impactos reportados neste documento, será considerado apenas o cenário de referência.

⁶ Para o cálculo do potencial técnico, nenhuma reposição prematura de estoque é permitida e, portanto, a difusão ainda pode ser considerada “realista”, embora ambiciosa. Dada a longa vida útil de certos processos, pode-se levar muito tempo para que todo o potencial de economia seja realizado, mesmo no cenário técnico. Este potencial representa o limite superior para a difusão econômica.

⁷ O potencial econômico é calculado endogenamente com base no custo das MEEs e certas suposições sobre a tomada de decisões de investimento das empresas. Assume-se que as empresas investem com base no



foram consideradas duas dinâmicas, uma natural e outra induzida pela implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica, propostas no Produto 3. Parametrizou-se a dinâmica induzida, considerando-se os dados de um dos documentos que subsidiaram o Plano Decenal de Eficiência Energética 2029⁹.

Como resultado da aplicação da abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up* foram gerados dois cenários de conservação de energia para o horizonte 2050: (i) cenário A, com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo; e (ii) cenário B, com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial. No cenário com dinâmica induzida pelas políticas públicas, consideraram-se dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor), bem como os impactos das tecnologias de cogeração e recuperação de calor.

Para a avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais advindos da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica no setor industrial, adotaram-se a metodologia proposta pelo Fraunhofer Institut¹⁰ e as orientações metodológicas contidas em (IEA, 2014)¹¹. Após análise dessas referências, um conjunto de impactos econômicos, ambientais e sociais foi definido pela equipe Facto/PUC-Rio e submetido à GIZ para escolha final em outubro de 2023.

O Quadro 2, a seguir, descreve os impactos econômicos, ambientais e sociais considerados no Produto 4, a saber: (i) redução da intensidade energética; (ii) impacto na produtividade industrial; (iii) economia financeira; (iv) geração de empregos; (v) redução das emissões de gases de efeito estufa; (vi) melhoria da qualidade do ar local; (vii) impacto na saúde; e (viii) impacto nos orçamentos públicos.

tempo de retorno dos MEEs. Quanto maior o tempo de retorno, mais próxima a difusão econômica fica da difusão autônoma (limite inferior) e quanto menor o tempo de retorno, mais próxima ela fica da difusão técnica (limite superior).

⁸ Para o cálculo do potencial autônomo, pressupõe que as barreiras à difusão de tecnologia permanecem altas no futuro e representa uma extrapolação de tendências passadas. As taxas de difusão são entradas exógenas para o modelo e baseadas no desenvolvimento passado e expectativas sobre a decolagem futura da tecnologia. Essas taxas de difusão são tipicamente mais baixas do que seriam caso as empresas decidissem investir em uma medida de eficiência energética (MEE) com base na relação custo-benefício. A difusão autônoma não é sensível ao preço. Representa um limite mais baixo para a difusão econômica.

⁹ Eletrobras. **Elaboração do Plano Decenal de Eficiência Energética (Pdef), provendo um portfólio de ações para o avanço dos ganhos de eficiência energética no Brasil**. Produto 7. Propostas de novas ações no setor industrial. Rio de Janeiro: Eletrobras, janeiro de 2021

¹⁰ Reuter, M. et al. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, article ID 111284, 2020.

¹¹ International Energy Agency. IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: OECD/IEA, 2014.



Quadro 2– Impactos econômicos, ambientais e sociais considerados no Produto 4

Impacto	Área de impacto	Definição
Redução da intensidade energética	Economia e mercado de trabalho	Redução da quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto ou serviço. Isso pode envolver a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficientes.
Impacto na produtividade industrial	Economia e mercado de trabalho	Aumento na produtividade industrial devido à implementação de medidas de EE nas indústrias pode levar a uma melhoria na competitividade das empresas no mercado, favorecendo o crescimento econômico e a geração de receitas.
Economia financeira	Economia e mercado de trabalho	Economia financeira resultante da implementação de medidas de eficiência energética e da redução do consumo de energia nas indústrias.
Geração de empregos	Economia e mercado de trabalho	A implementação de medidas de eficiência energética, como a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficientes pode gerar empregos diretos e indiretos.
Redução das emissões de gases de efeito estufa	Ambiental	Medidas de eficiência energética reduzem a quantidade de energia necessária para a produção industrial, resultando em menor emissão de gases de efeito estufa por unidade de produção.
Melhoria da qualidade do ar local	Ambiental	Emissões evitadas de poluentes atmosféricos locais (NOx, SOx, CO e material particulado (PM 2.5 e PM10) com a redução do consumo de energia devido à adoção de medidas de eficiência energéticas pelas indústrias.
Impacto na saúde	Social	Ao reduzir o consumo de energia, uma parte da poluição do ar local pode ser evitada pela redução de NOx, SOx, CO e material particulado (PM 2.5 e PM10). Além disso, políticas de eficiência energética voltadas para processos industriais têm um forte efeito positivo na saúde, tanto pela redução da poluição atmosférica local, como pela redução de emissões de GEE, minimizando os efeitos das mudanças climáticas sobre a população.
Impacto nos orçamentos públicos	Orçamentação pública	Os orçamentos públicos são afetados pela eficiência energética de várias maneiras. Para o cálculo deste impacto, consideram-se as mudanças nos orçamentos públicos, devido à receita adicional de imposto de renda gerada pelos novos empregos criados pelas políticas de eficiência energética no setor industrial.

A avaliação dos impactos levou em consideração nove segmentos industriais (cimento; ferro gusa e aço; mineração e pelletização; não-ferrosos e outros da metalurgia; química; alimentos e bebidas; têxtil; papel e celulose; cerâmica e vidro) e quatro usos finais (aquecimento indireto, incluindo o uso de bombas de calor; força motriz; iluminação; e produção de frio). Com relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, a análise considerou as metas da NDC brasileira (Brasil, 2020)¹².

Apresentam-se, a seguir, os resultados das estimativas de energia conservada no cenário com a implementação das quatro políticas propostas (Tabelas 1 a 3).

Tabela 1 - Conservação de energia com a implementação das quatro políticas públicas por segmento industrial

¹² Brasil. **Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2020. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 31 out. 2023.



Segmento industrial	Energia conservada 2030 [kTep]	Energia conservada 2050 [kTep]	Energia conservada 2030 em relação ao PDEf 2029 [%]	Energia conservada 2050 em relação ao PDEf 2029 [%]
Cimento	9	77	13,1%	112%
Ferro gusa e aço	58	668	8,6%	100%
Mineração e pelotização	4	40	13,0%	139%
Não-ferrosos e outros da metalurgia	10	124	6,3%	80%
Químico	8	111	7,8%	104%
Alimentos e bebidas	33	406	10,8%	131%
Têxtil	2	22	6,8%	72%
Celulose e papel	21	253	30,4%	364%
Cerâmica e vidro	339	1288	31,2%	118%
Total	484	2989	19,2%	118%

Como pode ser observado na Tabela 1, os percentuais mostrados nas colunas à direita validaram as estimativas de energia conservada para os dois períodos considerados (2030 e 2050). No entanto, cabe ressaltar que, antes de prosseguir com a análise estimativas, os estudos orientadores do PDEf 2029 são abrangentes tanto em termos de quantidade de políticas públicas, quanto de escopo industrial.

Os resultados de conservação de energia com a implementação das quatro políticas públicas referem-se a quatro períodos distintos: (i) 2023-2025; (ii) 2026-2030; e (iii) 2031-2040; e (iv) 2041-2050.

Tabela 2 - Conservação de energia com a implementação das políticas públicas por período

Implementação das políticas públicas	2023-2025 [tep]	2026-2030 [tep]	2031-2040 [tep]	2041-2050 [tep]
Três políticas*	15.929	87.354	331.403	238.685
Quatro políticas**	74.154	40.9675	1.489.845	1.015.197
Impacto das tecnologias***	58.225	322.321	1.158.442	776511

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

Para avaliar os impactos das tecnologias de cogeração e recuperação de calor, adotou-se uma abordagem específica para as estimativas de conservação de energia decorrentes da implementação da quarta política, que permitiu avaliar os ganhos da adoção dessas tecnologias associados a cada um dos oito impactos considerados neste estudo. A estratificação no nível de equipamentos engloba as principais tecnologias associadas à conservação de energia, destacando-se pré-aquecedores de ar; controle em malha fechada de oxigênio; economizadores; cogeração e bombas de calor.

A Tabela 3 consolida as estimativas de energia conservada estratificada por tecnologia e por período.

Tabela 3 - Conservação de energia por tecnologia e por período

Impacto da tecnologias	2023-2025 [tep]	2026-2030 [tep]	2031-2040 [tep]	2041-2050 [tep]
Pré-aquecedor	8.734	45.125	150.597	93.181
Controle em malha fechada de oxigênio	8.734	48.348	173.766	116.477
Economizador	8.734	45.125	150.597	93.181
Cogeração	23.290	119.259	393.870	240.718
Bomba de calor	8.734	64.464	289.611	232.953

Com base nas estimativas de conservação de energia (Tabelas 1 e 3), apresentam-se os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais organizados da seguinte forma: (i) redução da intensidade energética (Tabelas 4 e 5); (ii) impacto na produtividade industrial (Tabelas 6 e 7); (iii) economia financeira (Tabelas 8 e 9); (iv) geração de empregos (Tabelas 10 e 11); (v) redução das emissões de GEE (Tabelas 12 e 13); (vi) melhoria da qualidade do ar local (Tabelas 14 e 15); (vii) impacto na saúde (Tabelas 16 e 17); e (viii) impacto nos orçamentos públicos (Tabelas 18 e 19).

A Tabela 4 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na redução da intensidade energética por conjunto de políticas e por período.

Tabela 4 - Impacto na redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por período

Redução da intensidade energética /conjunto de políticas	2023-2025 [tep/10 ³ .US\$]	2026-2030 [tep/10 ³ .US\$]	2031-2040 [tep/10 ³ .US\$]	2041-2050 [tep/10 ³ .US\$]
Três políticas*	0,00004	0,00011	0,00014	0,00006
Quatro políticas**	0,00075	0,00110	0,00119	0,00075
Impactos das tecnologias***	0,00072	0,00099	0,00105	0,00069

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 5 sintetiza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na redução da intensidade energética estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 5 - Redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período.

Redução da intensidade energética / impacto das tecnologias	2023-2025 [tep/10 ³ .US\$]	2026-2030 [tep/10 ³ .US\$]	2031-2040 [tep/10 ³ .US\$]	2041-2050 [tep/10 ³ .US\$]
Pré-aquecedor	0,00011	0,00014	0,00014	0,00008
Controle em malha fechada de oxigênio	0,00011	0,00015	0,00016	0,00010
Economizador	0,00011	0,00014	0,00014	0,00008
Cogeração	0,00029	0,00037	0,00036	0,00021
Bomba de calor	0,00011	0,00020	0,00026	0,00021

A Tabela 6 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na produtividade industrial por conjunto de políticas e por período.

Tabela 6 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por período

Impacto na produtividade industrial /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$/tep]	2026-2030 [R\$/tep]	2031-2040 [R\$/tep]	2041-2050 [R\$/tep]
Três políticas*	-3,63	-11,73	-23,09	-16,24
Quatro políticas**	-43,03	-77,53	-119,44	-90,40
Impactos das tecnologias***	-39,40	-65,80	-96,35	-74,16

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 7 sintetiza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na produtividade industrial estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 7 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto na produtividade industrial / impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$/tep]	2026-2030 [R\$/tep]	2031-2040 [R\$/tep]	2041-2050 [R\$/tep]
Pré-aquecedor	-5,91	-9,21	-12,53	-8,90
Controle em malha fechada de oxigênio	-5,91	-9,87	-14,45	-11,12
Economizador	-5,91	-9,21	-12,53	-8,90
Cogeração	-15,76	-24,34	-32,76	-22,99
Bomba de calor	-5,91	-13,16	-24,09	-22,25

A Tabela 8 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 8 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por período

Economia financeira /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Três políticas*	66,88	325,34	1.325,20	757,35
Quatro políticas**	311,93	1.525,69	5.954,12	3.220,62
Impactos das tecnologias***	245,05	1.200,35	4.628,92	2.463,27

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 9 reúne os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica, estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 9 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Economia financeira / impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Pré-aquecedor	36,76	168,05	601,76	295,59
Controle em malha fechada de oxigênio	36,76	180,05	694,34	369,49
Economizador	36,76	168,05	601,76	295,59
Cogeração	98,02	444,13	1.573,83	763,61
Bomba de calor	36,76	240,07	1.157,23	738,98

A Tabela 10 sumariza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na geração de empregos, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 10 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por período

Geração de empregos /conjunto de políticas	2023-2025 [unidade]	2026-2030 [unidade]	2031-2040 [unidade]	2041-2050 [unidade]
Três políticas*	3.682	11.982	28.124	15.996
Quatro políticas**	17.278	55.955	123.822	66.666
Impactos das tecnologias***	13.596	43.973	95.698	50.670

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 11 apresenta os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na geração de empregos, estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 11 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Geração de empregos / impacto das tecnologias	2023-2025 [número de empregos full time gerados]	2026-2030 [número de empregos full time gerados]	2031-2040 [número de empregos full time gerados]	2041-2050 [número de empregos full time gerados]
Pré-aquecedor	2.039	6.156	12.441	6.080
Controle em malha fechada de oxigênio	2.039	6.596	14.355	7.601
Economizador	2.039	6.156	12.441	6.080
Cogeração	5.438	16.270	32.537	15.708
Bomba de calor	2.039	8.795	23.925	15.201

A Tabela 12 apresenta os impactos da implementação das políticas públicas propostas na redução das emissões de GEE por conjunto de políticas e por período.

Tabela 12 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período

Redução das emissões de GEE/conjunto de políticas	2023-2025 [tCO _{2,eq}]	2026-2030 [tCO _{2,eq}]	2031-2040 [tCO _{2,eq}]	2041-2050 [tCO _{2,eq}]
Três políticas*	17.137	86.971	398.107	340.648
Quatro políticas**	80.982	414.822	1.882.682	1.587.556
Impactos das tecnologias***	63.845	327.852	1.484.575	1.246.907

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 13 apresenta os impactos da implementação das políticas públicas na redução das emissões de GEE, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 13 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Redução das emissões de GEE/impacto das tecnologias	2023-2025 [tCO _{2,eq}]	2026-2030 [tCO _{2,eq}]	2031-2040 [tCO _{2,eq}]	2041-2050 [tCO _{2,eq}]
Pré-aquecedor	9.577	45.899	192.995	149.629
Controle em malha fechada de oxigênio	9.577	49.178	222.686	187.036
Economizador	9.577	45.899	192.995	149.629
Cogeração	25.538	121.305	504.756	386.541
Bomba de calor	9.577	65.570	371.144	374.072

A Tabela 14 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na melhoria da qualidade do ar local por conjunto de políticas e por período. Esse indicador contempla as emissões evitadas de poluentes atmosféricos locais (CO, NO_x, SO_x, e material particulado - PM 2.5 e PM10).

Tabela 14 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por período

Melhoria da qualidade do ar local /conjunto de políticas	Poluente	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Três políticas*	CO [kgCO]	311.357	1.698.946	9.095.387	7.662.364
	NOx [kgNOx]	69.016	362.337	1.694.813	1.382.492
	SOx [kgSOx]	90.964	451.982	2.673.252	2.332.166
	MP [kgMP]	174.542	981.441	3.852.305	2.636.493
Quatro políticas**	CO [kgCO]	1.477.486	8.154.607	43.811.436	36.845.055
	NOx [kgNOx]	330.873	1.752.821	8.195.966	6.591.033
	SOx [kgSOx]	429.331	2.154.929	12.921.350	11.295.659
	MP [kgMP]	848.448	4.806.234	18.809.970	12.800.660
Impactos das tecnologias***	CO [kgCO]	1.166.129	6.455.661	34.716.049	29.182.691
	NOx [kgNOx]	261.858	1.390.484	6.501.153	5.208.542
	SOx [kgSOx]	338.367	1.702.947	10.248.098	8.963.493
	MP [kgMP]	673.905	3.824.793	14.957.665	10.164.167

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 15 sintetiza os cálculos dos impactos da implementação das políticas públicas na melhoria da qualidade do ar local, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 15 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Melhoria da qualidade do ar local /impacto das tecnologias	Poluente	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Pré-aquecedor	CO [kgCO]	174.919	903.793	4.513.086	3.501.923
	Nox [kgNOx]	39.279	194.668	845.150	625.025
	SOx [kgSOx]	50.755	238.413	1.332.253	1.075.619
	MP [kgMP]	101.086	535.471	1.944.496	1.219.700
Controle em malha fechada de oxigênio	CO [kgCO]	174.919	968.349	5.207.407	4.377.404
	Nox [kgNOx]	39.279	208.573	975.173	781.281
	SOx [kgSOx]	50.755	255.442	1.537.215	1.344.524
	MP [kgMP]	101.086	573.719	2.243.650	1.524.625
Economizador	CO [kgCO]	174.919	903.793	4.513.086	3.501.923
	Nox [kgNOx]	39.279	194.668	845.150	625.025
	SOx [kgSOx]	50.755	238.413	1.332.253	1.075.619



Melhoria da qualidade do ar local /impacto das tecnologias	Poluente	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
	MP [kgMP]	101.086	535.471	1.944.496	1.219.700
Cogeração	CO [kgCO]	466.452	2.388.595	11.803.457	9.046.634
	Nox [kgNOx]	104.743	514.479	2.210.392	1.614.648
	SOx [kgSOx]	135.347	630.091	3.484.353	2.778.683
	MP [kgMP]	269.562	1.415.173	5.085.606	3.150.892
Bomba de calor	CO [kgCO]	174.919	1.291.132	8.679.012	8.754.807
	Nox [kgNOx]	39.279	278.097	1.625.288	1.562.563
	SOx [kgSOx]	50.755	340.589	2.562.025	2.689.048
	MP [kgMP]	101.086	764.959	3.739.416	3.049.250

A Tabela 16 resume os cálculos do impacto na saúde com a implementação das políticas públicas, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 16 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por período

Impacto na saúde /conjunto de políticas	2023-2025 [ano]	2026-2030 [ano]	2031-2040 [ano]	2041-2050 [ano]
Três políticas*	175	955	3.912	2.873
Quatro políticas**	843	4.647	18.928	13.757
Impactos das tecnologias***	668	3.692	15.016	10.885

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 17 sintetiza os cálculos do impacto na saúde com a implementação das políticas públicas, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 17 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto na saúde /impacto das tecnologias	2023-2025 [ano]	2026-2030 [ano]	2031-2040 [ano]	2041-2050 [ano]
Pré-aquecedor	100	517	1.952	1.306
Controle em malha fechada de oxigênio	100	554	2.252	1.633
Economizador	100	517	1.952	1.306
Cogeração	267	1.366	5.105	3.374
Bomba de calor	100	738	3.754	3.265

A Tabela 18 sumariza os cálculos do impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 18 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por período

Impacto nos orçamentos públicos /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Três políticas*	39,21	127,87	306,88	177,63
Quatro políticas**	184,18	597,67	1.355,81	740,75
Impactos das tecnologias***	144,97	469,81	1.048,93	563,12

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 19 sintetiza os cálculos do impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 19 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto nos orçamentos públicos /impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Pré-aquecedor	21,75	65,77	136,36	67,57
Controle em malha fechada de oxigênio	21,75	70,47	157,34	84,47
Economizador	21,75	65,77	136,36	67,57
Cogeração	57,99	173,83	356,64	174,57
Bomba de calor	21,75	93,96	262,23	168,94

Os resultados apresentados até aqui referem-se ao Produto 4. A seguir, apresentam-se os resultados do Produto 5, que incluem:

- (i) Metas de eficiência energética térmica definidas no cenário com dinâmica induzida em quatro períodos até 2050. Para tal, foram considerados dois conjuntos de políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica industrial, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor);
- (ii) Planos de ação para a implementação das referidas políticas públicas, na perspectiva de cumprimento das metas de eficiência energética térmica industrial até o horizonte de 2050.

Cabe destacar que as Tabelas 20 a 23 apresentam os planos de ação para implementação das quatro políticas públicas propostas no Produto 3 com a incorporação das contribuições dos participantes do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, ao final da segunda sessão deste evento (Ver Apêndice 1).

Tabela 20 - Plano de ação para a implementação da política de treinamento e educação

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 Definir a estrutura de governança para monitorar e gerenciar a implementação da política de treinamento e educação, com responsabilidades bem definidas.	ANP (governança) SENAI, universidades, certificadoras.	2024-2025
1.2 Definir uma estratégia de divulgação do programa, que alcance todas as partes interessadas, principalmente as PME e os profissionais que nelas atuam. A divulgação deve ser direcionada a atrair profissionais interessados na obtenção de uma certificação em gestão de energia.	ANP (governança) CNI, SENAI, MDIC, MME	2024-2025
1.3 Definir as fontes e mecanismos de financiamento da política proposta.	ANP (governança) MME, SENAI, CNI	2024-2025
1.3 Criar um certificado nacional de gestão energética que utilize como referência — CEM da AEE e EUREM da comunidade europeia. Definição das áreas do conhecimento (e carga horária) incluídas na capacitação dos candidatos	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI, ABESCO, ABNT	2024-2025
1.4 Definir os órgãos que serão responsáveis pela capacitação, realização dos exames e posterior certificação dos candidatos.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2024-2025
1.5 Selecionar e capacitar os multiplicadores, instrutores que serão responsáveis pelas etapas de capacitação dos candidatos à certificação, cobrindo: (i) definição dos requisitos para seleção dos candidatos; (ii) desenvolvimento de material didático; e (iii) definição da frequência e modalidade da capacitação.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2024-2025
1.6 Definir as metas e os indicadores da política proposta.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2023-2025
1.7 Definir a estratégia de fiscalização e monitoramento	ANP (governança) MME, SENAI, CNI	2023-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Implementar banco de dados centralizado <i>online</i> para profissionais qualificados em EE térmica, multiplicadores e profissionais certificados, facilitando a contratação pelas PME.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
2.2 Promover a integração desta política a outros programas. Pode ser condicionante, por exemplo, para que as empresas acessem os recursos disponibilizados por outros instrumentos regulatórios. O êxito das políticas de cogeração e de gestão energética propostas requer a presença de profissionais com qualificação certificada em EE térmica, por exemplo.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados da política com a sociedade com periodicidade anual. Campanha de divulgação anual, visando maior adesão ao programa.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Realizar revisões quinquenais da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto energético, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2031-2050



Tabela 21- Plano de ação para a implementação da política de gestão energética industrial

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 – Estabelecer uma estrutura de governança clara para monitorar e gerenciar a implementação do Programa de Gestão Energética na Indústria, com responsabilidades bem definidas	MME, MDIC, MMA, ANP, CNI	2023-2024
1.2 - Estabelecer campanhas de conscientização para as empresas — destacar os benefícios potenciais da implementação dos Sistemas de Gestão de Energia (SGEs), por meio da apresentação de casos de sucesso no país.	MME, MDIC, CNI, SENAI	2023-2025
1.3 - Desenvolver ferramentas digitais para implantação de sistemas de gestão energética com baixo custo operacional — criar, com apoio do Senai, ferramentas disponibilizadas em plataforma de internet do governo federal para as indústrias interessadas em se estruturar com SGEs.	MME, SENAI	2023-2025
1.4 - Estabelecer parcerias com entidades como Senai e Sebrae para desenvolver programas de apoio técnico às empresas.	MME, MDIC, MCTI, SENAI, SEBRAE	2023-2025
1.5 - Criar incentivos fiscais para a compra de sistemas de medição compatíveis com o orçamento da União e com a transição prevista na reforma tributária.	MME, MCTI, MDIC, MFazenda, MPlanejamento e Orçamento	2023-2025
1.6 - Incentivar o estabelecimento e ampliação da oferta de cursos e treinamentos específicos com o objetivo de capacitar profissionais a atuar nos organismos certificadores acreditados como auditores internos, auditores de terceira parte ou responsáveis pela implantação de SGE segundo a ISO 50.001.	MME, MEC, INMETRO	2023-2025
1.7 - Criar fontes de financiamento para esta política — estabelecer percentuais dos recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural para financiamento das ações desta política, utilizando mecanismos similares aos adotados no PEE/ANEEL, de acordo com a modalidade de contrato.	ANP, MME, MDIC	2023-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 - Estabelecer campanhas de informação à população em geral para criar conscientização sobre o conteúdo energético dos produtos e a gestão energética eficaz das empresas. Essas campanhas devem estabelecer a ligação entre a conservação de energia e os impactos climáticos, buscando gerar no público em geral interesse por produtos e serviços que sejam energeticamente eficientes, de forma a criar demanda que incentive as empresas a adotarem SGEs.	MME, CNI	2026-2030
2.2 - Consolidar uma sistemática de monitoramento e avaliação do programa para fazer ajustes conforme necessário, visando o alinhamento com os objetivos originais e com as mudanças políticas, econômicas, sociais e ambientais	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP	2026-2030
2.3 – Dar continuidade às campanhas de conscientização das empresas, compartilhando os resultados de SGEs implantados na primeira fase, de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria	MME, MDIC, CNI	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 – Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos do Programa.	MME, MDIC, MCTI, MMA, CNI	A partir de 2031
3.2 – Realizar uma revisão ampla do plano de ação, considerando os resultados alcançados e o monitoramento realizado nas fases anteriores	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP	A partir de 2031
3.3 – Permanecer flexível e adaptável às mudanças no ambiente, tecnologias emergentes e novas demandas das empresas	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP, SENAI	A partir de 2031



Tabela 22 - Plano de ação para a implementação da política de inovação em EE térmica na indústria

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 Criar uma estrutura de governança clara para monitorar e gerenciar a implementação do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria, com responsabilidades bem definidas.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.2 Estruturar a teoria da mudança e o modelo lógico do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria para cumprimento de seu objetivo fundamental, incluindo a definição de objetivos, recursos, ações, resultados e impactos esperados no curto, médio e longo prazo.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.3 Estabelecer metas claras e mensuráveis para o Programa, alinhadas com os objetivos de PD&I em EE térmica, critérios da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para projetos de PD&I e diretrizes do modelo de operação da Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.4 Estruturar a alocação de recursos financeiros adequados para os projetos de PD&I e criar mecanismos para garantir o financiamento contínuo.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.5 Estabelecer parcerias com instituições científicas, tecnológicas e inovação (ICTs), empresas dos diversos segmentos industriais e órgãos governamentais para promover a colaboração e maximizar os recursos disponíveis.	ANP e Embrapii (governança) ICTs Empresas de diversos segmentos industriais MCTI, MME, MMA, MDIC Agências de fomento e de financiamento para PD&I	2024-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Consolidar uma sistemática de monitoramento e avaliação para fazer ajustes conforme necessário, visando o alinhamento do Programa com os objetivos originais e com as mudanças políticas, econômicas, sociais e ambientais.	ANP e Embrapii (governança) Parceiros institucionais	2026-2030
2.2 Promover nas ICTS credenciadas pela Embrapii participantes do Programa atividades de prospecção de mercado e tecnológica.	ANP e Embrapii (governança) ICTs credenciadas pela Embrapii	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados dos projetos de PD&I da primeira fase, de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais Parceiros institucionais	2026-2030
2.4. Propor incentivos e estratégias de comunicação que motivem as indústrias a adotarem as inovações desenvolvidas no âmbito do Programa, maximizando os benefícios da EE térmica nos diversos segmentos industriais.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais CNI e Senai	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Investir em programas de educação e treinamento para criar e manter talentos em PD&I em EE na indústria.	ANP e Embrapii (governança) ICTs credenciadas pela Embrapii CNI e Senai Parceiros institucionais	A partir de 2031
3.2 Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos do Programa.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais CNI e Senai	A partir de 2031
3.3 Permanecer flexível e adaptável às mudanças no	ANP e Embrapii	A partir de



Fase	Agentes envolvidos	Período
ambiente, tecnologias emergentes e novas demandas das empresas.	(governança)	2031

Tabela 23 - Plano de ação para a implementação da política de cogeração e recuperação de calor

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 - Implementação inicial		
1.1 Envolver e engajar os principais atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual.	MME Produtores de energia Associações do setor Órgãos reguladores Empresas de distribuição de energia; e Consumidores	2023-2024
1.2 Elaborar proposta de regulamentação com base nas informações coletadas e nas contribuições dos atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual	ANP e ANEEL Atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual	2023-2025
1.3 Estruturar subsídios financeiros, tarifas diferenciadas, incentivos fiscais ou outros mecanismos que estimulem os investimentos em equipamentos de recuperação de calor e em cogeração distribuída.	MME Ministério da Fazenda BNDES	2023-2026
1.4 Realizar a Análise de Impacto Regulatório (AIR) referente à proposta de regulamentação.	MME Ministério da Fazenda MDIC e MMA	2023-2025
1.5 Estabelecer parcerias internacionais para desenvolvimento tecnológico e fortalecimento da cadeia de fabricantes de equipamentos eficientes no Brasil	MME, Ministério da Fazenda, MDIC e MMA	2023-2025
1.6 Realizar campanhas de comunicação e conscientização junto às indústrias para promover a cogeração qualificada e o uso de equipamentos de recuperação de calor.	MME e COGEN	A partir de 2024
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Estabelecer mecanismos de monitoramento e avaliação da implementação da regulamentação e identificar eventuais ajustes necessários para garantir a efetividade da política de cogeração e recuperação de calor.	MME, ANP e ANEEL	A partir de 2025
2.2 Realizar de forma sistemática atividades de prospecção de mercado e de novas tecnologias	ANP, COGEN, CNI e SENAI	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados da primeira fase da implementação da política de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria.	ANP, ANEEL e COGEN Indústrias	2028-2050
2.4 Proposição de Incentivos técnicos e financeiros	ANP, ANEEL, COGEN e BNDES	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Realizar revisões periódicas da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, avanços tecnológicos e mudanças no contexto energético.	MME, Ministério da Fazenda, MDIC, MMA, ANEEL e ANP	A partir de 2030
3.2 Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos da regulamentação.	ANP, CNI, SENAI e indústrias	2032-2040
3.3 Permanecer flexível e adaptável às mudanças no ambiente, tecnologias emergentes e novas	ANP	A partir de 2031



Fase	Agentes envolvidos	Período
tecnologias		

Com base nos resultados dos Produtos 4, 5 e 7, realizou-se em Brasília, na sede do Ministério de Minas e Energia (MME), em 21 de novembro de 2023, o Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, que teve como objetivos:

- (i) Apresentar o projeto GIZ no âmbito do Programa PotencializEE “Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria” para contextualizar os resultados apresentados neste Seminário;
- (ii) Compartilhar ideias e proposições de mudanças no PEE/ANEEL para aumentar a participação da indústria nas chamadas do Programa;
- (iii) Apresentar quatro novas políticas públicas para eficiência energética térmica na indústria e os impactos ambientais, sociais e econômicos acarretados por suas implementações;
- (iv) Propor os próximos passos para implementação das propostas de mudanças no PEE/ANEEL e de políticas públicas para eficiência energética térmica na indústria.

Deste Seminário, participaram 87 representantes do governo, da indústria e da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e do Serviço Nacional da Indústria (SENAI), das empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs) e da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), além de fabricantes de equipamentos para eficiência energética na indústria, parlamentares, especialistas de políticas públicas e representantes da sociedade civil interessados no tema de eficiência energética industrial.

Este Relatório reúne os resultados alcançados ao longo do desenvolvimento da análise de impactos e do plano de implementação e incorpora as inúmeras contribuições recebidas dos participantes do Seminário, especialmente ao final da segunda sessão deste evento.

Buscou-se com a identificação e avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implementação das políticas públicas propostas, fornecer uma visão abrangente dos efeitos potenciais da adoção de medidas de eficiência energética térmica pelas pequenas e médias empresas (PMEs) nos quatro horizontes temporais considerados neste estudo.

1. Introdução

Há mais de quatro décadas, a eficiência energética tem ocupado um papel proeminente nas políticas públicas, tanto em nível nacional, quanto regional e internacional. O entendimento de que a eficiência energética desempenha um papel crucial na formulação de políticas governamentais de energia surgiu como resposta à primeira crise do preço do petróleo em 1973, quando a redução da demanda por energia foi reconhecida como uma rota para fortalecer a segurança energética em muitos países desenvolvidos. Atualmente, a eficiência energética se destaca como uma das áreas de maior importância para o cumprimento do compromisso assumido pela maioria dos países, inclusive o Brasil, no Acordo de Paris para reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e limitar o aumento da temperatura média do planeta.

No Brasil, embora a matriz energética brasileira tenha uma das maiores proporções de energias renováveis, especialmente na geração de energia elétrica, o setor energético ainda é um dos principais emissores de GEE e requer atenção para cumprir as metas da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) (Brasil, 2020). Por outro lado, o Brasil depende muito do regime de chuvas para geração de eletricidade e em períodos de escassez hídrica recorre a fontes mais caras e poluentes para suprir a demanda de eletricidade. Frente a tais condicionantes, promover a eficiência energética é uma maneira eficaz de liberar capacidade de geração, muitas vezes sendo mais econômico investir em projetos de eficiência do que em expansão da capacidade.

De acordo com um dos documentos orientativos para definição do Plano Decenal de Eficiência Energética 2029 (PDef, 2029), o potencial de economia de energia no Brasil é de 23,1 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) até 2029¹³. Deste total, 84% estão relacionados ao consumo de combustíveis e o restante à eletricidade. Como a indústria é um grande consumidor de energia no país, representando 32,3% do consumo total (EPE, 2022), é possível deduzir que a maior parte do potencial de eficiência energética está na indústria e está associada ao uso de combustíveis. De fato, de acordo com os dados do PDef 2029, esse potencial em 2029 é de cerca de 9,93 milhões de tep ou cerca de 43% do total de energia (Eletrobras, 2021).

No entanto, a proporção de recursos aplicados em projetos de eficiência energética no âmbito do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é consideravelmente menor do que a parcela industrial de consumo de eletricidade no país, mesmo que esses projetos apresentem resultados mais eficazes em termos de economia de energia do que aqueles realizados em outros setores, chamados aqui de tipologias em consistência com a terminologia adotada no PEE/ANEEL.

¹³ Eletrobras. **Elaboração do Plano Decenal de Eficiência Energética (Pdef), provendo um portfólio de ações para o avanço dos ganhos de eficiência energética no Brasil**. Produto 7. Propostas de novas ações no setor industrial. Rio de Janeiro: Eletrobras, janeiro de 2021.



Diante deste quadro e visando promover eficiência energética em pequenas e médias empresas (PMEs) industriais no Brasil, o Programa PotencializEE, liderado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e coordenado por meio da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ), o Programa PotencializEE conta com recursos de múltiplos doadores através da *Mitigation Action Facility*¹⁴, um mecanismo de financiamento que tem como objetivo ajudar países em desenvolvimento e economias emergentes em seus esforços em direção à redução de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o combate às mudanças climáticas.

Com o objetivo de apoiar o Programa PotencializEE, o consórcio Facto Energy / PUC-Rio foi contratado para o desenvolvimento de estudos em três frentes distintas:

- (i) Promoção da eficiência energética industrial em energia térmica por meio de estudos técnicos e um plano de ação detalhado de políticas públicas;
- (ii) Proposta de aperfeiçoamento do PEE/ANEEL para desenvolvimento de projetos no setor industrial;
- (iii) Levantamento e apresentação dos cobenefícios econômico-financeiros, ambientais e sociais dos projetos de EE viabilizados pelo PotencializEE.

O presente relatório refere-se à primeira frente e corresponde a análise de impactos e de plano de implementação das novas políticas públicas propostas.

Este capítulo contempla:

- (i) Relatório técnico e detalhado da proposta de metodologia;
- (ii) Relatório técnico com os impactos econômicos, ambientais e sociais (diretos e indiretos) advindos do crescimento da eficiência energética térmica industrial no Brasil;
- (iii) Resumo executivo do relatório técnico (item b) para publicação;
- (iv) Seminário com os atores-chaves e relatório contendo a compilação dos resultados obtidos dele, incluindo lista de participantes e apresentações.
- (v) Relatório técnico com metas de eficiência energética térmica, incluindo plano de implementação e definição dos próximos passos para cumprimento das metas, em alinhamento com os atores-chaves;
- (vi) Planilha descritiva com as metas, os indicadores-chave para avaliação de cumprimento das metas;
- (vii) Resumo executivo do relatório técnico (item a) para publicação.

À medida que as prioridades políticas e econômicas vêm sendo revistas no contexto da transição para uma economia de baixo carbono, as justificativas governamentais para continuar a implementar políticas de eficiência energética baseiam-se na quantificação de múltiplos benefícios, que vão além das medidas tradicionais de redução da demanda de energia e de emissões de gases de efeito estufa. Nessa perspectiva, abordagens

¹⁴ A *Mitigation Action Facility* é uma iniciativa conjunta dos seguintes doadores: Ministério Alemão para Assuntos Econômicos e Ação Climática (BMWK); Departamento de Segurança Energética e Net Zero (DESNZ); Ministério do Clima, Energia e Serviços Públicos da Dinamarca (KEFM); Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca (MFA); União Europeia e Fundação do Fundo de Investimento para Crianças (CIFF).



metodológicas para definir e avaliar impactos econômicos, ambientais e sociais da eficiência energética em diversos contextos buscam expandir a perspectiva das análises tradicionais, ao identificar, calcular e avaliar tais impactos em esferas distintas.

Partindo desse pressuposto básico, a Agência Internacional de Energia reuniu uma ampla gama de evidências empíricas sobre os diversos impactos das medidas de eficiência energética e identificou quinze categorias de impactos em um estudo de referência publicado em 2014. Tomando-se como base as orientações metodológicas contidas neste documento de referência ¹⁵ e um segundo mais recente publicado pelo Fraunhofer Institut¹⁶, foi possível definir a metodologia geral para o desenvolvimento destas análises, compreendendo oito etapas, como mostra o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Metodologia geral para o desenvolvimento dos Produtos 4 e 5

Etapa de desenvolvimento	Resultados alcançados
1 – Revisão da literatura sobre abordagens metodológicas e definição do horizonte temporal	Abordagens metodológicas revisadas com base do documento de referência da Agência Internacional de Energia (IEA, 2014). O horizonte temporal de 2050 foi definido em alinhamento ao Plano Nacional de Energia (PNE 2050), com a anuência da GIZ e do Ministério de Minas e Energia (MME).
2 – Definição dos critérios para seleção da abordagem metodológica	Critérios para seleção da abordagem metodológica foram definidos com base no referido guia da Agência Internacional (2014). Adicionalmente, foi realizado um mapeamento das abordagens metodológicas revistas na etapa anterior, segundo dois critérios: (i) escopo; e (ii) complexidade.
3 – Elaboração de texto descritivo da abordagem metodológica de escolha	Texto descrevendo a abordagem metodológica de escolha e destacando os diferenciais da adoção de uma abordagem híbrida <i>Top-down/Bottom-up</i> para fins da construção de cenários de conservação de energia considerando a implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial no horizonte de 2050.
4 – Construção de cenários de conservação de energia com a implementação das políticas públicas propostas no Capítulo 2	<ul style="list-style-type: none"> • Cenário A com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo. • Cenário B com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial.
5 – Definição e cálculo de impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial	Definidos oito impactos econômicos, ambientais e sociais e respectivas fórmulas de cálculo, a saber: (i) redução da intensidade energética; (ii) impacto na produtividade industrial; (iii) economia financeira; (iv) geração de empregos; (v) redução das emissões gases de efeito estufa; (vi) melhoria da qualidade do ar local; (vii) impacto na saúde; e (viii) impacto nos orçamentos públicos.
6 – Avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais nos cenários A e B	Relatório consolidando a avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de políticas públicas de eficiência energética térmica industrial nos cenários A e B.
7 – Definição de metas de eficiência energética térmica e planos de implementação das políticas públicas propostas no Capítulo 2 para	<ul style="list-style-type: none"> • Relatório com metas de eficiência energética térmica definidas no cenário com dinâmica induzida em quatro períodos até 2050. Considerados dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com

¹⁵ International Energy Agency. IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: OECD/IEA, 2014.

¹⁶ Reuter, M. et al. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, article ID 111284, 2020.



Étapa de desenvolvimento	Resultados alcançados
cumprimento das metas	quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor); <ul style="list-style-type: none"> Planos de ação para a implementação das referidas políticas, na perspectiva de cumprimento das metas de eficiência energética térmica até o horizonte de 2050.
8 – Realização do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, com participação dos atores-chave	Relatório contendo a compilação dos resultados do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, incluindo lista de participantes e as apresentações.

Para a construção dos cenários de conservação de energia no horizonte de 2050, adotou-se uma abordagem metodológica híbrida, que associou modelos de previsão do tipo *Bottom-up* a modelos *Top-down*. A combinação de modelos *Top-down* e *Bottom-up* foi a abordagem de escolha por oferecer uma estratégia mais robusta para desenvolver cenários de conservação de energia, abordando de maneira mais completa a complexidade do consumo de energia em diversos segmentos industriais. Além disso, pesou na escolha o aprendizado da equipe Facto/PUC-Rio na aplicação desta abordagem durante o desenvolvimento do Produto 2¹⁷.

Como resultado da aplicação da abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up* foram gerados dois cenários de conservação de energia para o horizonte 2050: (i) cenário A, com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo; e (ii) cenário B, com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial. No cenário com dinâmica induzida pelas políticas públicas, consideram-se dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor), bem como os impactos das tecnologias de cogeração e recuperação de calor.

Com relação à avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais advindos da implementação das políticas públicas até 2050, adotaram-se a metodologia proposta pelo Fraunhofer Institut¹⁸ e as orientações metodológicas contidas em (IEA, 2014). Após análise dessas referências, um conjunto de impactos econômicos, ambientais e sociais foi definido inicialmente pela equipe Facto/PUC-Rio e, posteriormente, submetido à GIZ para escolha final em outubro de 2023. O Quadro 2, a seguir, descreve os impactos econômicos, ambientais e sociais considerados neste Produto 4.

A avaliação dos impactos levou em consideração nove segmentos industriais (cimento; ferro gusa e aço; mineração e pelletização; não-ferrosos e outros da metalurgia; química; alimentos e bebidas; têxtil; papel e celulose; cerâmica e vidro) e quatro usos finais

¹⁷ Reuter, M. et al. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, article ID 111284, 2020.



(aquecimento indireto, incluindo o uso de bombas de calor; força motriz; iluminação; e produção de frio). Com relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, a análise considerou as metas da NDC brasileira (Brasil, 2020).

Quadro 2 – Impactos econômicos, ambientais e sociais considerados no Produto 4

Impacto	Área	Descrição
Redução da intensidade energética	Economia e mercado de trabalho	Redução da quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto ou serviço. Isso pode envolver a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficientes.
Impacto na produtividade industrial	Economia e mercado de trabalho	Aumento na produtividade industrial devido à implementação de medidas de EE nas indústrias pode levar a uma melhoria na competitividade das empresas no mercado, favorecendo o crescimento econômico e a geração de receitas.
Economia financeira	Economia e mercado de trabalho	Economia financeira resultante da implementação de medidas de eficiência energética e da redução do consumo de energia nas indústrias.
Geração de empregos	Economia e mercado de trabalho	A implementação de medidas de eficiência energética, como a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficiente pode gerar empregos diretos e indiretos.
Redução das emissões de gases de efeito estufa	Ambiental	Medidas de eficiência energética reduzem a quantidade de energia necessária para a produção industrial, resultando em menor emissão de gases de efeito estufa por unidade de produção.
Melhoria da qualidade do ar local	Ambiental	Emissões evitadas de poluentes atmosféricos locais (NOx, SOx, CO e material particulado (PM 2.5 e PM10) com a redução do consumo de energia devido à adoção de medidas de eficiência energéticas pelas indústrias.
Impacto na saúde	Social	Ao reduzir o consumo de energia, uma parte da poluição do ar local pode ser evitada pela redução de NOx, SOx, CO e material particulado (PM 2.5 e PM10). Além disso, políticas de eficiência energética voltadas para processos industriais têm um forte efeito positivo na saúde, tanto pela redução da poluição atmosférica local, como pela redução de emissões de GEE, minimizando os efeitos das mudanças climáticas sobre a população.
Impacto nos orçamentos públicos	Orçamentação pública	Os orçamentos públicos são afetados pela eficiência energética de várias maneiras. Para o cálculo deste impacto, consideram-se as mudanças nos orçamentos públicos, devido à receita adicional de imposto de renda gerada pelos novos empregos criados pelas políticas de eficiência energética no setor industrial.

Com base nos resultados dos Produtos 4, 5 e 7, realizou-se em Brasília, na sede do Ministério de Minas e Energia (MME), em 21 de novembro de 2023, o Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, que teve como objetivos:

- (i) Apresentar o projeto GIZ no âmbito do Programa PotencializEE “Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria” para contextualizar os resultados apresentados neste Seminário;
- (ii) Compartilhar ideias e proposições de mudanças no PEE/ANEEL para aumentar a participação da indústria nas chamadas do Programa;
- (iii) Apresentar quatro novas políticas públicas para eficiência energética térmica na indústria e os impactos ambientais, sociais e econômicos acarretados por suas implementações;
- (iv) Propor os próximos passos para implementação das propostas de mudanças no PEE/ANEEL e de políticas públicas para eficiência energética térmica na indústria.



Deste Seminário, participaram 87 representantes do governo, da indústria e da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e do Serviço Nacional da Indústria (SENAI), das empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs) e da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), além de fabricantes de equipamentos para eficiência energética na indústria, parlamentares, especialistas de políticas públicas e representantes da sociedade civil interessados no tema de eficiência energética industrial.

Este Relatório encontra-se estruturado em sete seções, incluindo esta introdução e dois apêndices, como sumarizado a seguir:

- (i) A Seção 2 apresenta uma revisão da literatura sobre abordagens metodológicas para avaliação de impactos de EE, visando fundamentar a escolha da abordagem mais adequada para o desenvolvimento do estudo;
- (ii) Na Seção 3, definem-se inicialmente os critérios para seleção da abordagem metodológica a ser adotada neste estudo e, na sequência, estabelece-se o horizonte temporal da avaliação em alinhamento ao Plano Nacional de Energia 2050 e com a anuência da GIZ e do Ministério de Minas e Energia (MME);
- (iii) A Seção 4 inicia com a descrição da abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up*, escolhida para a construção dos cenários de conservação de energia no Brasil, considerando o horizonte de 2050. Em seguida, apresenta dois cenários de conservação de energia para este horizonte: (i) cenário A, com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo; e (ii) cenário B, com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica indústria;
- (iv) Na Seção 5, definem-se, calculam-se e avaliam-se os impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implementação das referidas políticas públicas, com base nas estimativas de energia conservada no cenário de dinâmica induzida, considerando dois conjuntos de políticas públicas apresentados na Seção 4;
- (v) Na Seção 6, estabelecem-se as metas de eficiência energética térmica no curto, médio e longo prazo até 2050, considerando-se duas dinâmicas de indução: a primeira com a implementação de três políticas públicas (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria); e a segunda com a implementação de quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor). Na sequência, apresentam-se os respectivos planos de ação para a implementação das políticas públicas propostas no Produto 3;
- (vi) Finalmente, a Seção 7 apresenta as considerações finais deste estudo e recomendações para os diversos agentes do setor interessados na promoção da eficiência energética térmica no setor industrial no Brasil.



2 Abordagens Metodológicas para Avaliação dos Impactos de Políticas Públicas de EE

Nesta seção, apresenta-se uma síntese da revisão da literatura sobre abordagens metodológicas para avaliação de impactos de políticas públicas de EE, visando fundamentar a escolha da abordagem adotada neste estudo, que será descrita na seção seguinte.

A avaliação de impactos econômicos, ambientais e sociais de EE trouxe novos desafios e oportunidades em todo o processo de desenvolvimento de políticas públicas de eficiência energética, desde o planejamento e implementação até o monitoramento e avaliação. Isso porque a avaliação de impactos das políticas públicas de EE tem sido considerada como o elemento mais essencial, muitas vezes negligenciado pelos formuladores de políticas e gestores corporativos. Muitas das ferramentas e métodos de avaliação comumente utilizados para avaliar os impactos tradicionais da eficiência energética, como conservação de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), podem ser aplicados à avaliação de impactos econômicos, ambientais e sociais de EE, no entanto alguns deles são mais adequados do que outros, dependendo dos objetivos da avaliação.

A maioria das diretrizes de avaliação de políticas governamentais recomenda a consideração de impactos não mercadológicos por abrangerem uma variedade de questões sociais, econômicas e ambientais. Na perspectiva de uma avaliação multidimensional, vários governos publicaram documentos normativos de referência. A título de ilustração, no Reino Unido, o *Green Book* oferece um referencial para as melhores práticas na gestão e monitoramento de impactos de políticas públicas ao longo de todo ciclo de implementação e enfatiza a tarefa desafiadora, mas essencial, de avaliar múltiplos benefícios (HM Treasury do Reino Unido, 2003). Já o documento *Impact Assessment Guidelines* publicado pela Comissão Europeia foca principalmente na consideração de opções de políticas antes da implementação e recomendam métodos de avaliação, que possam integrar dados qualitativos, quantitativos e monetários, com diferentes graus de certeza.

No documento de referência da Agência Internacional Energia para avaliação de múltiplos benefícios da EE¹⁹, várias abordagens metodológicas são descritas para demonstrar as diferentes maneiras de atribuir valor a múltiplos benefícios de EE, individualmente ou cumulativamente, em um contexto de diferentes níveis de informação e experiência. Estudos de caso nas áreas de economia e mercado de trabalho, ambiental, de saúde e bem-estar e de orçamentos públicos são apresentados para ilustrar como o impacto de múltiplos benefícios pode ser integrado à tomada de decisão por formuladores de políticas voltadas para eficiência energética. Aprimorar a avaliação de políticas públicas dentro de uma

¹⁸ International Energy Agency. IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: OECD/IEA, 2014.



abordagem de múltiplos benefícios pode contribuir para este processo de duas formas: (i) construindo a base de evidências para medir os resultados mais diversos em termos quantitativos, monetários ou qualitativos; e (ii) facilitando uma abordagem mais holística para a tomada de decisões na formulação ou revisão de políticas públicas.

As abordagens multidimensionais para avaliação de impactos das políticas de eficiência energética diferem das tradicionais que comumente têm sido adotadas. Um desafio-chave é que muitos resultados de múltiplos benefícios - sejam diretos (primeira rodada) ou indiretos (segunda rodada) - são menos tangíveis e mais difíceis de medir ou valorar de maneira robusta e objetiva. Como as ferramentas de tomada de decisão comumente utilizadas exigem que os impactos sejam quantificados para ser considerados, qualquer impacto não quantificado corre o risco de ser atribuído a ele um valor zero. Nessa perspectiva, uma variedade de abordagens pode ser usada para atribuir valor a indicadores de impactos econômicos, ambientais e sociais de políticas públicas de EE, muitos dos quais já fazem parte das práticas de avaliação de políticas e, de maneira mais geral, no campo da análise econômica. Um segundo desafio é que os especialistas em eficiência energética frequentemente não têm experiência em identificar ou medir os tipos de indicadores relevantes para tais impactos.

O documento de referência da IEA delinea como abordagens metodológicas disponíveis hoje podem ser usadas para medir os impactos das políticas de eficiência energética, tendo em vista dois objetivos: (i) atribuir valor a todos os impactos observados, na tentativa de superar os desafios específicos de valorizar impactos não mercadológicos; e (ii) estimar e modelar os impactos mais amplos numa visão multidimensional e holística.

Assim, os impactos selecionados para análise determinarão qual metodologia deve ser usada para medir e quantificá-los. Outras restrições práticas (como tempo disponível, restrições de custo, qualidade dos dados disponíveis e nível de precisão necessário) também influenciarão a escolha da abordagem metodológica. Modelagem ou outras técnicas de estimativa muitas vezes são necessárias para avaliar completamente as dinâmicas complexas entre impactos diretos e indiretos de medidas de eficiência energética.

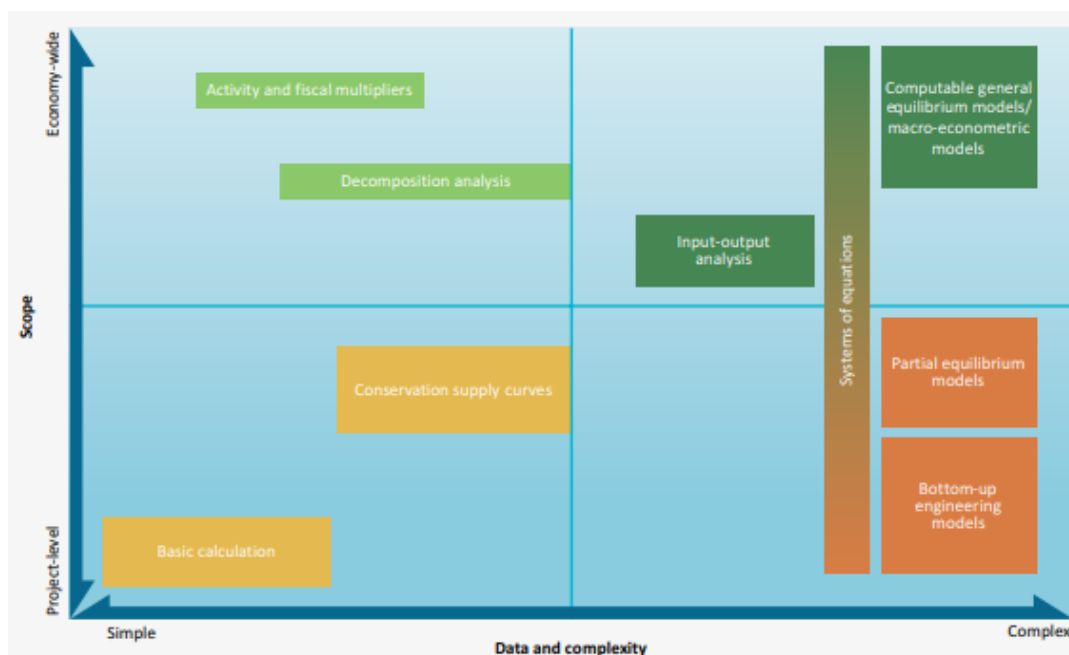
Conforme IEA (2014), a Figura 1 mapeia algumas das abordagens metodológicas mais comumente usadas, classificadas segundo dois eixos: (i) escopo da avaliação (ou seja, se ela abrange um projeto específico, um setor inteiro ou toda a economia); e (ii) complexidade do desafio da mensuração propriamente dita.

Uma variedade de métodos apoia a avaliação de impactos no nível de projeto ou empresa, no qual as dinâmicas complexas são menos relevantes para as decisões tomadas. Esses métodos também podem ser usados em situações em que restrições de tempo e financeiras tornam impraticável a realização de avaliações mais detalhadas ou quando dados empíricos diretos não estão disponíveis.

Quando as dinâmicas de impactos indiretos são mais complexas, vários modelos podem facilitar uma avaliação mais detalhada. Em geral, os modelos podem ser caracterizados como sendo *Top-down*, se dependerem de dados econômicos agregados para avaliar amplos efeitos econômicos, ou *Bottom-up* se utilizam dados estatísticos ou de engenharia



desagregados para analisar efeitos mais específicos em um contexto mais restrito (por exemplo, dentro de um setor).



Fonte: IEA (2014)

Figura 1 – Abordagens metodológicas para avaliação de impactos de políticas de EE segundo escopo e complexidade da mensuração

Como pode ser observado na Figura 1, situações em que a avaliação de impactos tenha escopo específico, como um projeto ou uma organização, e a complexidade seja baixa, a escolha deve girar em torno de abordagens mais básicas, como o uso de métodos de cálculo básicos, como, por exemplo, estimar os custos e benefícios diretos usando planilha Excel®. Um cálculo básico geralmente começa com uma equação simples, representando os principais custos de investimento relacionados à política pública, com a redução esperada nos custos de energia para cenários de referência, incluindo as implicações para outros setores, se possível²⁰.

Já em situações em que a avaliação de impactos tenha um escopo mais amplo, mas a complexidade situa-se entre média e baixa, a escolha pode ficar entre: (i) curvas de oferta de conservação para descrever e comparar diferentes opções de conservação de energia de maneira transparente. Mostram a quantidade e o custo de energia conservada, bem como os custos relacionados a opções específicas de economia. No contexto de um setor ou economia específicos, essas curvas podem fornecer uma ordem de mérito das opções mais econômicas dentro de uma análise de custo-benefício comum; (ii) multiplicadores fiscais, que são úteis para estimativas iniciais, mas podem indicar áreas que podem merecer uma análise mais detalhada dos impactos das políticas. Governos geralmente publicam

²⁰ Oeko-Institut et al. **Ex-post quantification of the effects and costs of policies and measures**. Final report, CLIMA.A.3/SER/2010/0005, Oeko-Institut e. V., Berlin, 2012.



multiplicadores fiscais para refletir a relação entre gastos governamentais e aumento do produto interno bruto (PIB); e (iii) análise de decomposição, que identifica as forças socioeconômicas que moldam o estado das intensidades de atividade energética em uma economia²¹. A análise de decomposição pode ser particularmente útil para formuladores de políticas públicas que buscam entender a interação entre o meio ambiente e as atividades socioeconômicas para fins de projeções dos impulsionadores e impactos.

Considerando-se situações nas quais em que a avaliação de impactos tenha escopo específico ou de média abrangência, como um setor, por exemplo, porém a complexidade seja alta, as abordagens metodológicas de escolha referem-se a: (i) modelagem de equilíbrio parcial, que tem sido útil para fazer uma avaliação muito detalhada de um setor individual no qual as intervenções são improváveis de ter muito impacto em outros setores²²; e (ii) modelos setoriais ou parciais, que são eficazes para construir relacionamentos detalhados entre entradas e saídas. Eles podem fornecer resultados precisos sobre como as políticas afetam diretamente variáveis-chave em um nível desagregado (por exemplo, preços, emprego e demanda no nível setorial e regional), mas são intrinsecamente limitados a um único setor. Modelos setoriais ou parciais podem ser de *Top-down* ou *Bottom-up* ou uma combinação de ambos.

Quando se deseja uma avaliação em toda a economia, mas com menor nível de detalhe, modelos *Top-down* (que dependem de dados econômicos agregados) são frequentemente eficazes. Como esses modelos são em geral usados em modelagem econômica convencional para análise de políticas públicas e previsões econômicas. Sua principal vantagem é que podem representar vários setores e modelar uma ampla gama de interações. No entanto, como geralmente são representados como lineares, não fornecem muitos detalhes sobre os mecanismos que estimulam os resultados.

Os modelos macroeconômicos também fornecem estimativas em toda a economia com base em relações históricas, mas partindo da premissa que essas relações permanecerão ao longo do tempo. Essa dependência de dados históricos limita a capacidade dos modelos macroeconômicos de refletir mudanças estruturais. Outra abordagem que pode ser usada para uma avaliação em toda a economia é análise insumo-produto, que utiliza dados estatísticos sobre entradas e saídas financeiras e de atividade em vários setores. Os dados são compilados sobre as mudanças nos gastos entre setores e depois convertidos em coeficientes. Isso permite que os pesquisadores estimem como o aumento dos gastos em um setor afeta outros setores. A principal desvantagem é que a análise insumo-produto é rígida e estática, com coeficientes e estruturas fixas para toda a produção desagregada em um determinado período. Além disso, a necessidade de dados primários de qualidade é alta.

²¹ Ang, B.W. **A simple guide to LMDI analysis**. Department of Industrial and Systems Engineering. National University of Singapore, Singapore, 2012.

²² Oeko-Institut et al. **Ex-post quantification of the effects and costs of policies and measures**. Final report, CLIMA.A.3/SER/2010/0005, Oeko-Institut e. V., Berlin, 2012.

Buscou-se nesta seção apresentar uma visão das abordagens mais usadas na avaliação de impactos de políticas públicas de EE para fundamentar a escolha da abordagem metodológica adotada neste estudo. Uma descrição mais detalhada de cada abordagem encontra-se em IEA (2014).

3 Abordagem Metodológica para Avaliação de Impactos das Políticas Públicas de EE Térmica

Definem-se inicialmente os critérios para seleção da abordagem metodológica para avaliação de impactos das políticas públicas de EE térmica industrial, com base no documento de referência da IEA (2014). Na sequência, estabelece-se o horizonte temporal da avaliação em alinhamento ao Plano Nacional de Energia 2050 e apresentam-se os diferenciais da abordagem escolhida para este estudo.

Como visto na seção anterior, face à variedade de abordagens metodológicas disponíveis para estimar os impactos de políticas de eficiência energética, escolher a mais adequada para uma determinada avaliação não é trivial. Vários fatores devem ser levados em consideração, incluindo o tempo e os recursos disponíveis para a análise, a qualidade dos dados necessários e disponíveis, e o tempo para a estimativa do impacto.

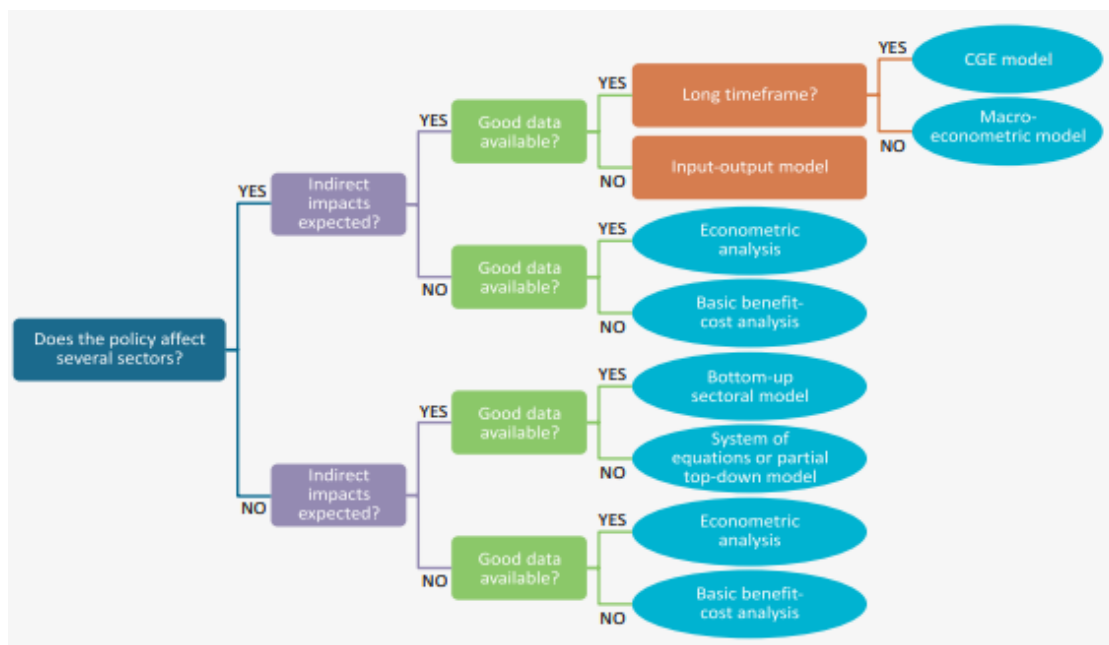
Seguindo as orientações do documento de referência da IEA (2014), estabeleceram-se dois critérios para a escolha da abordagem metodológica a ser adotada na cenarização de conservação de energia no horizonte de 2050 e a quantificação dos impactos advindos da implementação das políticas públicas de EE térmica na indústria: (i) escopo da avaliação (ou seja, se ela abrange um projeto específico, um setor inteiro ou toda a economia); e (ii) complexidade do desafio da mensuração propriamente dita.

A árvore de decisão da Figura 2, extraída do documento de referência da IEA (2014) ajudou no processo de escolha da abordagem mais adequada para este estudo, ocasião em que foram respondidas as seguintes perguntas:

- (i) São esperados impactos indiretos das medidas de eficiência energética, ou seja, mais de um setor econômico é afetado? Se sim, será necessário um modelo econômico geral;
- (ii) Que dados podem ser obtidos em um curto período e qual é a qualidade desses dados? Modelos de equilíbrio geral, macroeconômicos e modelos *Top-down* são intensivos em dados. Se os dados desagregados não estiverem disponíveis, então modelos de insumo-produto ou modelos de avaliação mais básicos devem ser utilizados.
- (iii) Que recursos (capacidade e expertise da equipe, recursos financeiros, tempo) estão disponíveis para modelagem? Modelos macroeconômicos requerem significativamente mais recursos do que modelos de insumo-produto.
- (iv) Qual período deve ser modelado? Para previsões de longo prazo, modelos macroeconômicos tendem a ser melhores para efeitos de médio prazo, em vez de efeitos de longo ou curto prazo.



- (v) Quantos cenários de políticas públicas diferentes devem ser comparados? Mais cenários exigem mais tempo de modelagem e aumentam a complexidade dos modelos.



Fonte: IEA (2014)

Figura 2 - – Árvore de decisão para a escolha da abordagem metodológica para a avaliação de impactos de políticas públicas de EE

Ao responder as referidas perguntas, escolheu-se para a construção dos cenários de conservação de energia no horizonte de 2050 (e posterior avaliação de impactos da implementação efetiva das políticas públicas de EE térmica na indústria) uma abordagem metodológica híbrida, que associa modelos de previsão do tipo *Bottom-up* a modelos *Top-down*. A combinação de modelos *Top-down* e *Bottom-up* foi a abordagem de escolha por oferecer uma estratégia mais robusta para desenvolver cenários de conservação de energia, abordando de maneira mais completa a complexidade do consumo de energia em diversos segmentos industriais. Além disso, pesou na escolha o aprendizado da equipe Facto Energy/PUC-Rio na aplicação desta abordagem durante o desenvolvimento do Produto 2²³.

Dentre os diferenciais da adoção da abordagem *Top-down/ Bottom-up*, destacam-se:

- (i) Abrangência holística: a abordagem *Top-down* fornece uma visão macro e global, considerando fatores econômicos, sociais e políticos que afetam a conservação de energia em nível nacional ou por segmento industrial, enquanto a abordagem *Bottom-up* requer o levantamento mais detalhado de dados dos segmentos

²³ Facto Energy/PUC-Rio. **Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial.** Produto 2 – Estudo para promoção da EE térmica na indústria. Rio de Janeiro: Facto Energy /PUC-Rio, 2023.



industriais considerados, incluindo usos finais, seja de equipamentos ou de processos;

- (ii) Detalhamento técnico: a abordagem *Top-down* ajuda a estabelecer metas e políticas de alto nível para a conservação de energia na indústria, enquanto a abordagem *Bottom-up* examina usos finais, seja de equipamentos ou de processos, e práticas industriais que possam contribuir para a eficiência energética nos diversos segmentos industriais;
- (iii) Validação cruzada: a abordagem *Top-down* permite validar os resultados *Bottom-up*, garantindo consistência entre os resultados globais e os específicos, enquanto os resultados da aplicação da abordagem *Bottom-up* podem ser utilizados para validar e aprimorar as projeções *Top-down*;
- (iv) Engajamento das partes interessadas: a abordagem *Top-down* facilita o envolvimento das partes interessadas (governo, indústrias e federações industriais, ESCOs e distribuidoras de energia elétrica), contribuindo para a implementação efetiva das políticas públicas de EE na indústria apresentadas no Produto P3 e no Apêndice 2 deste Relatório. Já a abordagem *Bottom-up* pode envolver representantes de setores industriais e consumidores finais, garantindo uma abordagem mais participativa; e
- (v) Adaptação dinâmica: a abordagem *Top-down* permitirá ajustes nas políticas com base em mudanças nas premissas macroeconômicas, sociais e políticas, adotadas neste estudo, tendo em vista o horizonte temporal de 2050, que foi definido para a construção dos cenários e o subsequente cálculo de impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implementação das políticas públicas de EE na indústria. Já a abordagem *Bottom-up* facilita a adaptação a avanços tecnológicos e mudanças nas preferências das empresas dos segmentos industriais considerados na construção dos cenários de conservação de energia.



4 Construção dos Cenários de Conservação de Energia segundo a Abordagem Híbrida *Top-down/Bottom-up*

Inicialmente, descreve-se a abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up*, que foi adotada para a construção dos cenários de conservação de energia no Brasil até o horizonte de 2050. Em seguida, apresentam-se dois cenários de conservação de energia para este horizonte: (i) cenário A, com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo; e (ii) cenário B, com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial.

4.1 Descrição da Abordagem Híbrida *Top-down/Bottom-up*

A partir da construção da base de dados históricos para a modelagem *Bottom-up*, foram desenvolvidas as seguintes etapas: (i) definição dos cenários do PIB para o horizonte 2050, considerando as projeções realizadas pela EPE no PNE 2050, conforme reportado no relatório do Produto 2²⁴. Para fins da análise dos impactos advindos da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica, será considerado o cenário de referência descrito Produto 2²⁵; (ii) ajuste dos modelos econométricos às séries temporais históricas de produção industrial por energético e por segmento industrial, considerando as estimativas do PIB realizadas na etapa anterior; (iii) estimativa da produção industrial com emprego do modelo econométrico estimado na segunda etapa, usando as projeções do PIB no cenário de referência; (iv) projeção do consumo de energia de cada segmento industrial, considerando a produção estimada na terceira etapa; (v) projeção do consumo de energia por energético e uso final em cada um dos segmentos industriais, considerando os coeficientes de destinação definidos pelo documento orientativo para definição do Plano Decenal de Eficiência Energética 2029 (PDEf 2029), conforme descrição detalhada no Produto 2; e (vi) cálculo de energia de cada segmento industrial por uso final e por energético, considerando cenários de eficiência energética (difusão tecnológica) combinados com o cenário macroeconômico de referência.

²⁴ Facto/PUC-Rio. **Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial**. Produto 2 – Estudo para promoção da EE térmica na indústria. Rio de Janeiro: Facto/PUC-Rio, 2023.

²⁵ No Produto 2, foram estimados três cenários de PIB: inferior, referência, superior. Portanto, três cenários de produção foram estimados, bem como do consumo de energia (por energético). Todavia, para o cálculo dos impactos reportados neste documento, será considerado apenas o cenário de referência.



Na cenarização em foco, consideraram-se as curvas de difusão tecnológica para os cenários de eficiência energética, conforme mencionado acima. Essas curvas permitiram que a difusão fosse parametrizada de forma a se estimar o potencial técnico²⁶, o potencial econômico²⁷ e o potencial autônomo²⁸. Além disso, para a estimativa do potencial econômico, foram consideradas duas dinâmicas, uma natural e outra induzida pela implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica. Parametrizou-se a dinâmica induzida, considerando-se os dados de um dos documentos que subsidiaram o Plano Decenal de Eficiência Energética 2029 (PDEf 2029)²⁹.

Como resultado da aplicação da abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up* foram gerados dois cenários de conservação de energia para o horizonte 2050: (i) cenário A, com dinâmica natural de aumento da eficiência energética térmica, pela reposição tecnológica e adequações de hábitos de consumo; e (ii) cenário B, com dinâmica induzida referente à implementação de políticas públicas e programas específicos para promoção da eficiência energética térmica industrial.

No cenário com dinâmica induzida pelas políticas públicas, consideram-se dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor), bem como os impactos das tecnologias de cogeração e recuperação de calor.

4.2 Cenários de Conservação de Energia segundo a Abordagem Híbrida *Top-down/Bottom-up*

A construção dos cenários de conservação de energia contemplou nove segmentos industriais (cimento; ferro gusa e aço; mineração e pelletização; não-ferrosos e outros da metalurgia; química; alimentos e bebidas; têxtil; papel e celulose; cerâmica e vidro) e quatro

²⁶ Para o cálculo do potencial técnico, nenhuma reposição prematura de estoque é permitida e, portanto, a difusão ainda pode ser considerada “realista”, embora ambiciosa. Dada a longa vida útil de certos processos, pode-se levar muito tempo para que todo o potencial de economia seja realizado, mesmo no cenário técnico. Este potencial representa o limite superior para a difusão econômica.

²⁷ O potencial econômico é calculado endogenamente com base no custo das MEEs e certas suposições sobre a tomada de decisões de investimento das empresas. Assume-se que as empresas investem com base no tempo de retorno dos MEEs. Quanto maior o tempo de retorno, mais próxima a difusão econômica fica da difusão autônoma (limite inferior) e quanto menor o tempo de retorno, mais próxima ela fica da difusão técnica (limite superior).

²⁸ Para o cálculo do potencial autônomo, pressupõe que as barreiras à difusão de tecnologia permanecem altas no futuro e representa uma extrapolação de tendências passadas. As taxas de difusão são entradas exógenas para o modelo e baseadas no desenvolvimento passado e expectativas sobre a decolagem futura da tecnologia. Essas taxas de difusão são tipicamente mais baixas do que seriam caso as empresas decidissem investir em uma medida de eficiência energética (MEE) com base na relação custo-benefício. A difusão autônoma não é sensível ao preço. Representa um limite mais baixo para a difusão econômica.

²⁹ Eletrobras. **Elaboração do Plano Decenal de Eficiência Energética (Pdef), provendo um portfólio de ações para o avanço dos ganhos de eficiência energética no Brasil**. Produto 7. Propostas de novas ações no setor industrial. Rio de Janeiro: Eletrobras, janeiro de 2021



usos finais (aquecimento indireto, incluindo o uso de bombas de calor; força motriz; iluminação; e produção de frio). Com relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, a análise considerou as metas da NDC brasileira (Brasil, 2020)³⁰.

Apresentam-se, a seguir, os resultados das estimativas de energia conservada no cenário com a implementação das quatro políticas propostas (Tabelas 24 a 27).

Tabela 24 - Conservação de energia com a implementação das quatro políticas públicas por segmento industrial

Segmento industrial	Energia conservada 2030 [kTep]	Energia conservada 2050 [kTep]	Energia conservada 2030 em relação ao PDef 2029 [%]	Energia conservada 2050 em relação ao PDef 2029 [%]
Cimento	9	77	13,1%	112%
Ferro gusa e aço	58	668	8,6%	100%
Mineração e pelotização	4	40	13,0%	139%
Não-ferrosos e outros da metalurgia	10	124	6,3%	80%
Químico	8	111	7,8%	104%
Alimentos e bebidas	33	406	10,8%	131%
Têxtil	2	22	6,8%	72%
Celulose e papel	21	253	30,4%	364%
Cerâmica e vidro	339	1288	31,2%	118%
Total	484	2989	19,2%	118%

Como pode ser observado na Tabela 1, os percentuais mostrados nas colunas à direita validaram as estimativas de energia conservada para os dois períodos considerados (2030 e 2050). Após essa fase inicial de validação dos resultados, apresentam-se na Tabela 2 os resultados consolidados relativos às estimativas de conservação de energia em quatro períodos distintos: (i) 2023-2025; (ii) 2026-2030; (iii) 2031-2040; e (iv) 2041-2050.

Como pode ser observado na Tabela, as estimativas consideraram dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro compreendendo as políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria, enquanto o segundo contempla as políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor. Essa abordagem foi adotada para permitir a estratificação dos resultados em termos dos impactos das tecnologias.

Tabela 25 - Estimativa da energia conservada com a implementação das políticas públicas por período

Implementação das políticas públicas	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
--------------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

³⁰ Brasil. **Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2020. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 31 out. 2023.



Implementação das políticas públicas	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Três políticas*	15.929	87.354	331.403	238.685
Quatro políticas**	74.154	40.9675	1.489.845	1.015.197
Impactos das tecnologias***	58.225	322.321	1.158.442	776511

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

Para avaliar os impactos das tecnologias de cogeração e recuperação de calor, adotou-se uma abordagem específica para as estimativas de conservação de energia decorrentes da implementação da quarta política, que permitiu avaliar os ganhos da adoção dessas tecnologias associados a cada um dos oito impactos considerados neste estudo. A estratificação no nível de equipamentos engloba as principais tecnologias associadas à conservação de energia, destacando-se pré-aquecedores de ar; controle em malha fechada de oxigênio; economizadores; cogeração e bombas de calor.

A Tabela 26 apresenta um quadro-resumo da energia conservada total estratificada por segmento industrial, implementação das políticas públicas e período.

Tabela 26 - Quadro-resumo da energia conservada total estratificada por segmento industrial, implementação das políticas públicas e período: horizonte 2050

Segmento industrial	Implementação das políticas públicas	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Cimento	3 políticas	343	1.685	9.353	6.876
	4 políticas	1.541	7.466	39.958	28.014
	Impactos das tecnologias	1.198	5.781	30.605	21.138
Ferro- gusa e aço	3 políticas	2.040	10.450	66.591	64.663
	4 políticas	9.377	48.324	310.263	300.394
	Impactos das tecnologias	7.337	37.873	243.672	235.731
Mineração e pelotização	3 políticas	240	1.178	7.049	7.059
	4 políticas	644	3.131	18.421	17.985
	Impactos das tecnologias	404	1.953	11.372	10.926
Não ferrosos e outros da metalurgia	3 políticas	705	3.396	20.745	24.745
	4 políticas	1.680	8.046	49.615	64.627
	Impactos das tecnologias	975	4.650	28.871	39.882
Química	3 políticas	346	1.807	12.069	14.932
	4 políticas	1.312	7.004	47.596	54.847
	Impactos das tecnologias	966	5.197	35.527	39.915
Alimentos e bebidas	3 políticas	1.189	6.343	41.753	41.130
	4 políticas	5.192	28.029	187.380	185.116
	Impactos das tecnologias	4.003	21.686	145.627	143.986



Têxtil	3 políticas	131	615	3.479	3.402
	4 políticas	353	1.675	9.698	9.894
	Impactos das tecnologias	222	1.060	6.219	6.492
Papel e celulose	3 políticas	735	4.000	27.811	26.167
	4 políticas	3.328	17.828	120.582	111.627
	Impactos das tecnologias	2.593	13.828	92.771	85.460
Cerâmica e vidro	3 políticas	10.199	57.878	142.553	49.713
	4 políticas	50.726	288.171	706.331	242.693
	Impactos das tecnologias	40.526	230.292	563.778	192.981

A Tabela 27 apresenta um quadro-resumo da estimativa da energia conservada total estratificada por energético e uso final.

Tabela 27 – Quadro- resumo da estimativa da energia conservada total estratificada por energético e uso fina.

Energético	Uso final							Total [kTep]
	Força motriz	Aquecimento indireto	Aquecimento direto	Produção de frio	Iluminação	Eletroquímico	Outros	
Gás natural	0,06568295	118,2434398	334,0673774	0	0	0	0	452,3765002
Carvão vapor	0	4,983343403	4,203695725	0	0	0	0	9,187039128
Carvão metalúrgico	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenha	0	69,12268365	989,3934605	0	0	0	0	1058,516144
Produtos da cana	0	314,3306887	0,000190847	0	0	0	0	314,3308795
Outras fontes primárias	0	186,82346	0,678626719	0	0	0	0	187,5020867
Óleo diesel	2,74854732	3,011167378	0,09888689	0	0	0	0	5,858601588
Óleo combustível	0	49,53717101	57,16882225	0	0	0	0	106,7059933
Gasolina	0	0	0	0	0	0	0	0
GLP	1,85033712	0,590416265	8,310357996	0	0	0	0	10,75111138
Querosene	0	0,00894144	0	0	0	0	0	0,00894144
Gases de processo	0	0	53,91020239	0	0	0	0	53,91020239
Coque de carvão mineral	0	0	386,1697821	0	0	0	0	386,1697821
Eletricidade	46,7866066	0,089770934	10,63454118	5,650976888	1,6621873	17,96328982	0,021	82,80826854
Carvão vegetal	0	0,0084056	187,6769808	0	0	0	0	187,6853864
Álcool etílico	0	0	0	0	0	0	0	0
O F S petróleo	0	43,02314533	89,53018455	0	0	0,475082711	0	133,0284126
Alcatrão	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (Ktep)	51,4511739	789,7726334	2121,843109	5,650976888	1,6621873	18,43837253	0,021	2988,83935



A avaliação dos impactos tecnológicos decorrentes da implementação da política de cogeração contemplou cinco tecnologias, a saber: (i) pré-aquecedor de ar; (ii) controle em malha fechada de oxigênio; (iii) economizador; (iv) cogeração; e (v) bomba de calor. A Tabela 28 proporciona uma visão detalhada dos efeitos associados à política de cogeração devido à adoção dessas tecnologias em cada períodos de análise.

Tabela 28 - Quadro resumo da energia conservada com a política de cogeração estratificada por tecnologia e por período: horizonte 2050

Tecnologia	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Pré-aquecedor de ar	8.734	45.125	150.597	93.181
Controle em malha fechada de oxigênio	8.734	48.348	173.766	116.477
Economizador	8.734	45.125	150.597	93.181
Cogeração	23.290	119.259	393.870	240.718
Bomba de calor	8.734	64.464	289.611	232.953

Analisando-se os resultados obtidos, constata-se que ao longo dos períodos analisados, a perspectiva é que a energia conservada proveniente dos equipamentos auxiliares ceda espaço para a ascensão do uso de bomba de calor. Essa tendência é impulsionada pelo amadurecimento dessa tecnologia e pela disseminação de seu uso no país, consolidando-se como uma estratégia viável para a conservação de energia.

A Figura 3 mostra que no final do horizonte de 2050, a bomba de calor será a segunda tecnologia mais representativa em termos de energia conservada.

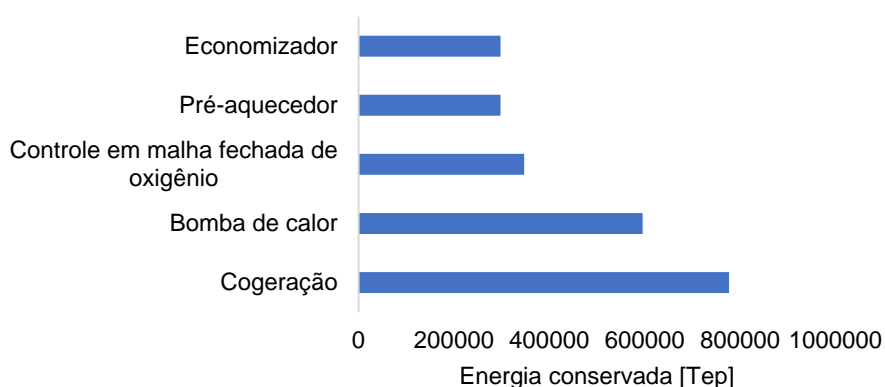


Figura 3 - Energia conservada total estratificada por tecnologia

A Tabela 29 apresenta um quadro-resumo da estimativa da energia conservada estratificada por segmento industrial, impacto das tecnologias e período.

Tabela 29 - Quadro-resumo da estimativa da energia conservada estratificada por segmento industrial, impacto das tecnologias e período

Segmento industrial	Tecnologia	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Cimento	Pré-aquecedor	180	809	3.979	2.537
	Controle em malha fechada de oxigênio	180	867	4.591	3.171
	Economizador	180	809	3.979	2.537
	Cogeração	479	2.139	10.406	6.553
	Bomba de calor	180	1.156	7.651	6.341
Ferro- gusa e aço	Pré-aquecedor	1.100	5.302	31.677	28.288
	Controle em malha fechada de oxigênio	1.100	5.681	36.551	35.360
	Economizador	1.100	5.302	31.677	28.288
	Cogeração	2.935	14.013	82.848	73.077
	Bomba de calor	1.100	7.575	60.918	70.719
Mineração e pelotização	Pré-aquecedor	61	273	1.478	1.311
	Controle em malha fechada de oxigênio	61	293	1.706	1.639
	Economizador	61	273	1.478	1.311
	Cogeração	162	723	3.867	3.387
	Bomba de calor	61	391	2.843	3.278
Não ferrosos e outros da metalurgia	Pré-aquecedor	146	651	3.753	4.786
	Controle em malha fechada de oxigênio	146	698	4.331	5.982
	Economizador	146	651	3.753	4.786
	Cogeração	390	1.721	9.816	12.364
	Bomba de calor	146	930	7.218	11.965
Química	Pré-aquecedor	145	728	4.619	4.790
	Controle em malha fechada de oxigênio	145	780	5.329	5.987
	Economizador	145	728	4.619	4.790
	Cogeração	387	1.923	12.079	12.374
	Bomba de calor	145	1.039	8.882	11.975
Alimentos e bebidas	Pré-aquecedor	600	3.036	18.932	17.278
	Controle em malha fechada de oxigênio	600	3.253	21.844	21.598
	Economizador	600	3.036	18.932	17.278
	Cogeração	1.601	8.024	49.513	44.636
	Bomba de calor	600	4.337	36.407	43.196



Segmento industrial	Tecnologia	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Têxtil	Pré-aquecedor	33	148	808	779
	Controle em malha fechada de oxigênio	33	159	933	974
	Economizador	33	148	808	779
	Cogeração	89	392	2.115	2.013
	Bomba de calor	33	212	1.555	1.948
Papel e celulose	Pré-aquecedor	389	1.936	12.060	10.255
	Controle em malha fechada de oxigênio	389	2.074	13.916	12.819
	Economizador	389	1.936	12.060	10.255
	Cogeração	1.037	5.116	31.542	26.493
	Bomba de calor	389	2.766	23.193	25.638
Cerâmica e vidro	Pré-aquecedor	6.079	32.241	73.291	23.158
	Controle em malha fechada de oxigênio	6.079	34.544	84.567	28.947
	Economizador	6.079	32.241	73.291	23.158
	Cogeração	16.211	85.208	191.684	59.824
	Bomba de calor	6.079	46.058	140.944	57.894

A estimativa da energia conservada com a implementação das políticas públicas tem implicações diretas na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O impacto positivo dessa energia conservada é evidenciado pelos valores apresentados na Tabela 30, demonstrando-se claramente como as práticas de conservação têm um papel crucial na redução das emissões de GEE em cada período analisado. Essa conexão direta entre a energia economizada e as emissões evitadas ressalta a importância de estratégias eficazes de conservação de energia para alcance das metas da NDC brasileira³¹.

Tabela 30 – Emissão de GEE evitada (tCO₂ eq) estratificada por conjunto de políticas e por período

Implementação das políticas públicas	2023-2025 (tCO ₂ eq)	2026-2030 (tCO ₂ eq)	2031-2040 (tCO ₂ eq)	2041-2050 (tCO ₂ eq)
Três políticas*	17.137	86.971	398.107	340.648
Quatro políticas**	80.982	414.822	1.882.682	1.587.556
Impactos das tecnologias***	63.845	327.852	1.484.575	1.246.907

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

³¹ Brasil. **Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2020. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 31 out. 2023.



Do mesmo modo, os resultados de emissões evitadas podem ser apresentados de forma desagregada por tecnologia, conforme indicado na Tabela 31. Ao se analisar individualmente cada tecnologia, torna-se evidente como as tecnologias de reaproveitamento de rejeito térmico contribuem diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Tabela 31 – Quadro- resumo das emissões de GEE evitadas com a política de cogeração, estratificadas por tecnologia e período

Tecnologia	2023-2025 (tCO₂ eq)	2026-2030 (tCO₂ eq)	2031-2040 (tCO₂ eq)	2041-2050 (tCO₂ eq)
Pré-aquecedor	9.577	45.899	192.995	149.629
Controle em malha fechada de oxigênio	9.577	49.178	222.686	187.036
Economizador	9.577	45.899	192.995	149.629
Cogeração	25.538	121.305	504.756	386.541
Bomba de calor	9.577	65.570	371.144	374.072

É notável que a quantidade esperada de energia conservada devido ao emprego de bomba de calor aumente ao longo do tempo, especialmente ao se examinar os resultados relacionados às emissões evitadas de GEE na Tabela 31. Esses dados indicam claramente a previsão de uma maior utilização da bomba de calor, em função da expectativa de maturidade dessa tecnologia, mas também pelo seu impacto positivo na energia conservada em cada período analisado.

5 Definição, Cálculo e Avaliação dos Impactos Advindos da Implantação das Políticas Públicas

Nesta Seção 5, definem-se, calculam-se e avaliam-se os impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implementação das políticas públicas apresentadas no capítulo 2 – “Regulamentos, incentivos e políticas públicas para incentivar a eficiência energética térmica na indústria” desta Série e sumarizadas no Apêndice 2, considerando-se as estimativas de energia conservada nos cenários apresentados na seção anterior. Inicialmente, definem-se os indicadores associados aos referidos impactos, incluindo suas fórmulas de cálculo, dados de entrada e respectivas fontes. Em seguida, apresentam-se e discutem-se os resultados dos cálculos dos impactos econômicos, sociais e ambientais, considerando-se o potencial de conservação de energia decorrente da implementação das referidas políticas públicas.

5.1 Definição dos Indicadores Associados aos Impactos Advindos da Implementação das Políticas Públicas

A avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implantação das políticas públicas contemplou nove segmentos industriais (cimento; ferro-gusa e aço; mineração e pelotização; não-ferrosos e outros da metalurgia; química; alimentos e bebidas; têxtil; papel e celulose; cerâmica e vidro) e quatro usos finais (aquecimento indireto, incluindo o uso de bomba de calor; força motriz; iluminação; e produção de frio). Percebe-se, portanto, que não somente os usos finais que consomem eletricidade (força motriz e iluminação) foram considerados na avaliação de impactos da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica no setor industrial.

Foram considerados no cálculo de impactos os seguintes energéticos: gás natural; carvão vapor; carvão metalúrgico; lenha; produtos da cana; outras fontes primárias; óleo diesel; óleo combustível; gasolina; glp; querosene; gases de processo; coque de carvão mineral; eletricidade; carvão vegetal; álcool etílico e O F S petróleo.

Para esta avaliação, adotaram-se a metodologia proposta pelo Fraunhofer Institut³² e as orientações metodológicas contidas em (IEA, 2014). Após análise dessas referências, um conjunto de impactos econômicos, ambientais e sociais foi definido pela equipe Facto/PUC-Rio e submetido à GIZ para escolha final em outubro de 2023.

³² Reuter, M. et al. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, Article ID 111284, 2020.



Os impactos econômicos, ambientais e sociais considerados no Produto 7 são: (i) redução da intensidade energética; (ii) impacto na produtividade industrial; (iii) economia financeira; (iv) geração de empregos; (v) redução das emissões de gases de efeito estufa; (vi) melhoria da qualidade do ar local; (vii) impacto na saúde; e (viii) impacto nos orçamentos públicos.

A seguir, descrevem-se os indicadores associados aos impactos advindos da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica, incluindo suas fórmulas de cálculo, dados de entrada e respectivas fontes de informação. Nos itens seguintes cada um destes indicadores é descrito, avaliando-se sua área de impacto. Além disso, as respectivas fórmulas de cálculo, os dados de entrada considerados e as suas respectivas fontes também são apresentados.

Para o cálculo de todos os indicadores, considerou-se o cenário de conservação de energia com dinâmica induzida pelas políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica. Neste cenário, foram considerados dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor), bem como os impactos das tecnologias. Vale destacar ainda que todos os cálculos foram feitos para o horizonte “t” de 2023 a 2050, em discretizações anuais.

5.1.1 Redução da Intensidade Energética

Definição do indicador

Redução da quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto ou serviço. Isso pode envolver a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficientes, que tornam o processo produtivo mais eficiente e barato, aumentando assim a produtividade da indústria. Para fins deste trabalho, considerou-se a variação da intensidade energética a partir da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica.

Área de impacto

Economia e mercado de trabalho.

Fórmula de cálculo

$$\text{Redução}_{IE}(t) = \sum_i \frac{E_{CE_{ind(i)}}(t) - E_{CE_{nat(i)}}(t)}{TP_{ind(i)} \times TP_{ind} \times PIB_{total}(t)} \quad (1)$$

Redução_{IE} = redução da intensidade energética

$E_{CE_{ind(j)}}(t)$ = energia consumida no cenário econômico – dinâmica induzida

$E_{CE_{nat(j)}}(t)$ = energia consumida no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

$TP_{ind(i)}$ = taxa de participação do PIB da indústria i no PIB da indústria brasileira

TP_{ind} = taxa de participação da indústria brasileira no PIB do país

$PIB_{total}(t) = PIB \text{ total do Brasil}$
 $i = \text{segmento industrial}$

Dados de entrada e respectivas fontes

O PIB utilizado foi aquele estimado no Produto 2, considerando-se as projeções realizadas no PNE 2050.

Já a “taxa de participação da indústria brasileira no PIB do país” considerada foi de 23,9%, conforme Portal da Indústria³³.

Em relação à “taxa de participação do PIB da indústria i no PIB da indústria brasileira”, considerou-se dados da Confederação Nacional das Indústrias e de algumas associações, quando estes dados não estavam disponíveis na CNI.

5.1.2 Impacto na Produtividade Industrial

Definição do indicador

Aumento na produtividade industrial devido à implementação de medidas de EE nas indústrias pode levar a uma melhoria na competitividade das empresas no mercado, favorecendo o crescimento econômico e a geração de receitas. Nas indústrias, o impacto na produtividade é expresso como valor adicionado por unidade de energia utilizada. Com base na energia conservada dos energéticos dos segmentos da indústria, a redução dos custos com estes energéticos pode ser estimada e relacionada com o valor adicionado da indústria.

Área de impacto

Economia e mercado de trabalho.

Fórmula de cálculo

$$\Delta P(t) = \sum_{i,j} \left(\frac{VA(t)}{E_{CE_{nat(i)}}(t)} - \frac{VA(t) - (E_{CE_{ind(j)}}(t) - E_{CE_{nat(j)}}(t)) \times PC_j(t)}{E_{CE_{ind(i)}}(t)} \right) \quad (2)$$

$\Delta P(t) = \text{impacto na produtividade}$

$E_{CE_{ind(j)}}(t) = \text{energia consumida no cenário econômico – dinâmica induzida}$

$E_{CE_{nat(j)}}(t) = \text{energia consumida no cenário econômico – dinâmica natural}$

$CE = \text{cenário econômico de difusão tecnológica}$

$VA = \text{valor adicionado bruto}$

$PC = \text{preço do combustível}$

$i = \text{segmento industrial}$

$j = \text{combustível}$

³³ Portal da Indústria. 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20da%20Ind%C3%BAstria%20para,empresarial%20em%20pesquisa%20e%20desenvolvimento>.> Acesso em: 31 out. 2023.

Dados de entrada e respectivas fontes

O “valor adicionado bruto” considerado foi o da Pesquisa Industrial Anual – PIA 2022 do IBGE. Para a projeção do crescimento, considerou-se o mesmo crescimento do PIB estimado no Produto 2.

Definiu-se a maioria dos “preços dos combustíveis” a partir dos dados do BEN 2023, salvo eletricidade. Considerou-se a premissa que estes preços não mudariam ao longo do horizonte temporal. Para eletricidade, considerou o cenário do Custo Marginal da Expansão (CME) mais equiprovável do PNE 2050 (mediana dos cenários).

Outras três fontes foram consultadas, a saber: Diário do Comercio (2022)³⁴ para estimativa do preço do carvão metalúrgico e do coque de carvão mineral; IBGE – PEVS³⁵ para estimativa do preço da lenha e do carvão mineral; e Boletim Mini - GD (EPE, 2022)³⁶ para estimativa de preço dos produtos da cana.

5.1.3 Economia Financeira

Definição do indicador

Economia financeira resultante da implementação de medidas de eficiência energética e da redução do consumo de energia nas indústrias. Este indicador é calculado a partir da energia conservada considerando o efeito advindo da implementação das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica, multiplicado pelos preços dos combustíveis considerados.

Área de impacto

Economia e mercado de trabalho.

Fórmula de cálculo

$$EF_{total}(t) = \sum_{i,j} (EC_{CEind}(t) - EC_{CEnat}(t)) \times PC(t) \quad (3)$$

$EF_{total}(t) =$ Economia financeira

$EC_{CEind(j)}(t) =$ energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

³⁴ Diário do Comercio (2022). Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/perspectiva-para-as-siderurgicas-nacionais-e-promissora-em-2022/#:~:text=O%20contrato%20de%20carv%C3%A3o%20metal%C3%BArgico%20mais%20negociado%20encerrou,seu%20valor%20mais%20alto%20desde%2028%20de%20outubro>. Acesso em: 31 out. 2023.

³⁵ IBGE– PEVS (2022). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=37955&t=publicacoes_

³⁶ Boletim Mini - GD (EPE, 2022): Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-735/Mini%20GD%20em%20usinas%20de%20cana%20competitividade.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.



$EC_{CE_{nat}(j)}(t)$ = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

PC = preço do combustível

i = segmento industrial

j = combustível

Dados de entrada e respectivas fontes

Os “preços dos combustíveis” foram calculados, conforme apresentado no item “Impacto na Produtividade Industrial”.

5.1.4 Geração de Empregos

Definição do indicador

A implementação de medidas de eficiência energética, como a instalação de novos equipamentos, a otimização de processos e a adoção de tecnologias mais eficiente pode gerar empregos diretos e indiretos. Para calcular os empregos gerados (EG) em um dado ano, é necessário definir um fator de geração de empregos (FGE) para o segmento industrial.

Área de impacto

Economia e mercado de trabalho.

Fórmula de cálculo

$$EG_{total}(t) = \sum_i (EC_{CE_{ind}}(t) - EC_{CE_{nat}}(t)) \times FGE(t) \quad (4)$$

$EG_{total}(t)$ = novos empregos criados no setor industrial

$EC_{CE_{ind}(j)}(t)$ = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

$EC_{CE_{nat}(j)}(t)$ = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FGE = fator de geração de empregos do segmentos industrial

i = segmento industrial

Dados de entrada e respectivas fontes

O “fator de geração de empregos” é expresso em empregos FTE (*Full Time Equivalent*) por GWh. Para este cálculo, considerou-se o estudo “Potencial de Empregos gerados na Área de Eficiência Energética no Brasil: 2018 até 2030”, publicado pela GIZ em 2019³⁷.

5.1.5 Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

Definição do indicador

³⁷ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. GIZ. **Potencial de empregos gerados na área de eficiência energética no Brasil de 2018 até 2030**. Brasília: GIZ, 2019.



Medidas de eficiência energética reduzem a quantidade de energia necessária para a produção industrial, resultando em menor emissão de gases de efeito estufa por unidade de produção. Com relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, a análise considerou as metas da NDC brasileira.

Área de impacto

Ambiental.

Fórmula de cálculo

$$Redução_{GEE}(t) = \sum_{i,j} (EC_{CE_{ind}(j)}(t) - EC_{CE_{nat}(j)}(t)) \times FE_{GEE} \quad (5)$$

$Redução_{GEE}(t)$ = redução das emissões de gases de efeito estufa

$EC_{CE_{ind}(j)}(t)$ = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

$EC_{CE_{nat}(j)}(t)$ = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_{GEE} = fator de emissões de gases de efeito estufa

i = segmento industrial

j = combustível

Dados de entrada e respectivas fontes

O fator de emissões de gases de efeito estufa é expresso em toneladas de CO₂ equivalente por tonelada equivalente de petróleo (tep). Para este cálculo considerou-se a publicação “EPE-DEA/SMA – Informativo Técnico 011/2022” da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) conferindo-se e complementando quando necessário com os valores da publicação AR6, Table 7, SM7 do UNFCCC. Os fatores foram convertidos para a unidade t/tep utilizando-se os poderes caloríficos e os fatores de conversão indicados no Balanço Energético Nacional 2022.

Especificamente para eletricidade foi feito um cálculo considerando-se a composição da matriz elétrica conforme o Plano Nacional de Energia 2050, cenário 31, e os fatores elencados acima para cada combustível.

5.1.6 Melhoria da Qualidade do Ar Local

Definição do indicador

Emissões evitadas de poluentes atmosféricos locais (NOx, SOx, CO e material particulado - PM 2.5 e PM10) com a redução do consumo de energia devido à adoção de medidas de eficiência energéticas pelas indústrias.

Área de impacto

Ambiental.

Fórmulas de cálculo



$$Redução_NOx(t) = \sum_{i,j} (EC_{CE_{ind}}(t) - EC_{CE_{nat}}(t)) \times FE_{NOx} \quad (6)$$

Redução_NOx(t) = redução das emissão de NOx

EC_{CE_{ind(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

EC_{CE_{nat(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_{NOx} = fator de emissões de NOx

i = segmento industrial

j = combustível

$$Redução_SOx(t) = \sum_{i,j} (EC_{CE_{ind}}(t) - EC_{CE_{nat}}(t)) \times FE_{SOx} \quad (7)$$

Redução_SOx(t) = redução das emissão de SOx

EC_{CE_{ind(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

EC_{CE_{nat(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_{SOx} = fator de emissões de SOx

i = segmento industrial

j = combustível

$$Redução_CO(t) = \sum_{i,j} (EC_{CE_{ind}}(t) - EC_{CE_{nat}}(t)) \times FE_{CO} \quad (8)$$

Redução_CO(t) = redução das emissão de CO

EC_{CE_{ind(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

EC_{CE_{nat(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_{CO} = fator de emissões de CO

i = segmento industrial

j = combustível

$$Redução_MP(t) = \sum_{i,j} (EC_{CE_{ind}}(t) - EC_{CE_{nat}}(t)) \times FE_{MP} \quad (9)$$

Redução_MP(t) = redução das emissão de material particulado

EC_{CE_{ind(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

EC_{CE_{nat(j)}}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_{MP} = fator de emissões de material particulado

i = segmento industrial

j = combustível

Dados de entrada e respectivas fontes

Os fatores de emissões de NO_x, SO_x, CO e de Material Particulado (MP) são expressos em kg de emissões por tonelada equivalente de petróleo (tep). Para este cálculo foram consultadas as publicações “ EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023”, da European Environment Agency, o “Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias - Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível” da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e “Air Emissions Factors and Quantification – AP42, Fifth Edition” da United States Environmental Protection Agency (EPA). Os fatores foram convertidos para a unidade kg/tep, utilizando-se os poderes caloríficos e os fatores de conversão indicados no Balanço Energético Nacional 2022.

5.1.7 Impacto na Saúde

Definição do indicador

Ao reduzir o consumo de energia, uma parte da poluição do ar local pode ser evitada pela redução de NO_x, SO_x, CO e material particulado (PM 2.5 e PM10). Além disso, políticas de eficiência energética voltadas para processos industriais têm um forte efeito positivo na saúde, tanto pela redução da poluição atmosférica local, como pela redução de emissões de GEE, minimizando os efeitos das mudanças climáticas sobre a população. Este indicador pode ser estimado com base num indicador relativo à poluição atmosférica local em combinação com taxas de mortalidade prematura mensurada em base anual considerando toda a população.

Área de impacto

Social.

Fórmula de cálculo

$$Impacto_Saúde = \sum_{i,j,k} (EC_{CE_{ind}(j)}(t) - EC_{CE_{nat}(j)}(t)) \times FE_k \times F_{DALY_k} \quad (10)$$

Impacto_Saúde = impacto na saúde

EC_{CE_{ind}(j)}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica induzida

EC_{CE_{nat}(j)}(t) = energia conservada no cenário econômico – dinâmica natural

CE = cenário econômico de difusão tecnológica

FE_k = fator de emissões do poluente k

F_{DALY_k} = fator Disability Adjusted Life Years (DALY) do poluente k

i = segmento industrial

j = combustível

k = poluente (CO₂, CO, NO_x, SO_x e MP)

Dados de entrada e respectivas fontes



O fator de *Disability Adjusted Life Years (DALY)* é expresso em anos por unidade de massa de emissão, podendo ser por tonelada ou por kg, dependendo da substância, e foi obtido para cada uma das emissões calculadas neste relatório (CO, SO_x, NO_x, CO e MP) conforme planilhas publicadas pela organização *Impact World+ Organization*.

5.1.8 Impacto nos Orçamentos Públicos

Definição do indicador

Os orçamentos públicos são afetados pela eficiência energética de várias maneiras. Para o cálculo deste impacto, consideram-se as mudanças nos orçamentos públicos, devido à receita adicional de imposto de renda gerada pelos novos empregos criados pelas políticas de eficiência energética no setor industrial.

Área de impacto

Orçamentação pública.

Fórmula de cálculo

$$Receita_{IR}(t) = \sum_i EG(t) \times Rend(t) \times Aliq(t) \quad (11)$$

Receita_{IR(t)} = impactos no orçamento público – receitas de IR

EG = novos empregos criados no setor industrial

Rend = renda média típica do emprego nos segmentos industriais

Aliq = alíquota específica de imposto de renda do país

i = segmento industrial

Dados de entrada e respectivas fontes

Os “novos empregos criados no setor industrial” foram estimados pela equação (4), apresentada no item “Geração de Empregos”.

Para estimar a “renda média típica do emprego nos segmentos industriais” analisados, foram utilizados dados da Pesquisa Industrial Anual 2021 do IBGE³⁸. Para este cálculo, considerou-se a média dos rendimentos dos segmentos industriais avaliados.

Já para cálculo da “alíquota específica de imposto de renda do país”, definiu-se uma média ponderada entre os salários de uma determinada indústria e as alíquotas de imposto de renda adotadas atualmente no Brasil, sendo estes dados levantados da tabela de Tributação da Receita Federal.

³⁸ IBGE. Pesquisa Industrial Anual 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html>. Acesso em 31 out. 2023.



5.2 Cálculo dos Impactos Advindos da Implementação das Políticas Públicas

Os cálculos dos impactos apresentados nas Tabelas 9 a 25 foram realizados, considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B, conforme mostrado na seção anterior.

A Tabela 32 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na redução da intensidade energética por conjunto de políticas e por período.

Tabela 32 - Impacto na redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por período

Redução da intensidade energética /conjunto de políticas	2023-2025 [tep/10 ³ .US\$]	2026-2030 [tep/10 ³ .US\$]	2031-2040 [tep/10 ³ .US\$]	2041-2050 [tep/10 ³ .US\$]
Três políticas*	0,00004	0,00011	0,00014	0,00006
Quatro políticas**	0,00075	0,00110	0,00119	0,00075
Impactos das tecnologias***	0,00072	0,00099	0,00105	0,00069

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 33 sintetiza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na redução da intensidade energética estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 33 - Redução da intensidade energética com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Redução da intensidade energética / impacto das tecnologias	2023-2025 [tep/10 ³ .US\$]	2026-2030 [tep/10 ³ .US\$]	2031-2040 [tep/10 ³ .US\$]	2041-2050 [tep/10 ³ .US\$]
Pré-aquecedor	0,00011	0,00014	0,00014	0,00008
Controle em malha fechada de oxigênio	0,00011	0,00015	0,00016	0,00010
Economizador	0,00011	0,00014	0,00014	0,00008
Cogeração	0,00029	0,00037	0,00036	0,00021
Bomba de calor	0,00011	0,00020	0,00026	0,00021

A Tabela 34 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na produtividade industrial por conjunto de políticas e por período.

Tabela 34 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por período

Impacto na produtividade industrial /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$/tep]	2026-2030 [R\$/tep]	2031-2040 [R\$/tep]	2041-2050 [R\$/tep]
Três políticas*	-4,46	-12,41	-22,99	-16,91
Quatro políticas**	-46,60	-80,43	-118,88	-92,80
Impactos das tecnologias***	-42,14	-68,02	-95,90	-75,89



Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 35 sintetiza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na produtividade industrial, estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 35 - Impacto na produtividade industrial com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto na produtividade industrial / impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$/tep]	2026-2030 [R\$/tep]	2031-2040 [R\$/tep]	2041-2050 [R\$/tep]
Pré-aquecedor	-6,32	-9,52	-12,47	-9,11
Controle em malha fechada de oxigênio	-6,32	-10,20	-14,38	-11,38
Economizador	-6,32	-9,52	-12,47	-9,11
Cogeração	-16,86	-25,17	-32,60	-23,52
Bomba de calor	-6,32	-13,60	-23,97	-22,77

A Tabela 36 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 36 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por período

Economia financeira /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Três políticas*	66,88	325,34	1.325,20	757,35
Quatro políticas**	311,93	1.525,69	5.954,12	3.220,62
Impactos das tecnologias***	245,05	1.200,35	4.628,92	2.463,27

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 37 reúne os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica, estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 37 - Impacto na economia financeira decorrente da eficiência energética térmica com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Economia financeira / impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Pré-aquecedor	36,76	168,05	601,76	295,59
Controle em malha fechada de oxigênio	36,76	180,05	694,34	369,49
Economizador	36,76	168,05	601,76	295,59
Cogeração	98,02	444,13	1.573,83	763,61
Bomba de calor	36,76	240,07	1.157,23	738,98



A Tabela 38 sumariza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na geração de empregos, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 38 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por período

Geração de empregos /conjunto de políticas	2023-2025 [unidade]	2026-2030 [unidade]	2031-2040 [unidade]	2041-2050 [unidade]
Três políticas*	3.682	11.982	28.124	15.996
Quatro políticas**	17.278	55.955	123.822	66.666
Impactos das tecnologias***	13.596	43.973	95.698	50.670

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 39 sintetiza os cálculos do impacto da implementação das políticas públicas na geração de empregos, estratificados por tecnologia em cada período.

Tabela 39 - Impacto na geração de empregos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Geração de empregos / impacto das tecnologias	2023-2025 [número de empregos full time gerados]	2026-2030 [número de empregos full time gerados]	2031-2040 [número de empregos full time gerados]	2041-2050 [número de empregos full time gerados]
Pré-aquecedor	2.039	6.156	12.441	6.080
Controle em malha fechada de oxigênio	2.039	6.596	14.355	7.601
Economizador	2.039	6.156	12.441	6.080
Cogeração	5.438	16.270	32.537	15.708
Bomba de calor	2.039	8.795	23.925	15.201

A Tabela 40 apresenta os impactos da implementação das políticas públicas propostas na redução das emissões de GEE por conjunto de políticas e por período.

Tabela 40 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período

Redução das emissões de GEE/conjunto de políticas	2023-2025 [tCO _{2,eq}]	2026-2030 [tCO _{2,eq}]	2031-2040 [tCO _{2,eq}]	2041-2050 [tCO _{2,eq}]
Três políticas*	17.137	86.971	398.107	340.648
Quatro políticas**	80.982	414.822	1.882.682	1.587.556
Impactos das tecnologias***	63.845	327.852	1.484.575	1.246.907

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 41 apresenta os impactos da implementação das políticas públicas na redução das emissões de GEE estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 41 - Redução das emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Redução das emissões de GEE/impacto das tecnologias	2023-2025 [tCO _{2,eq}]	2026-2030 [tCO _{2,eq}]	2031-2040 [tCO _{2,eq}]	2041-2050 [tCO _{2,eq}]
Pré-aquecedor	9.577	45.899	192.995	149.629
Controle em malha fechada de oxigênio	9.577	49.178	222.686	187.036
Economizador	9.577	45.899	192.995	149.629
Cogeração	25.538	121.305	504.756	386.541
Bomba de calor	9.577	65.570	371.144	374.072

A Tabela 42 sumariza o cálculo dos impactos da implementação das políticas públicas na melhoria da qualidade do ar local por conjunto de políticas e por período. Esse indicador contempla as emissões evitadas de poluentes atmosféricos locais (CO, NOx, SOx, e material particulado - PM 2.5 e PM10).

Tabela 42 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por período

Melhoria da qualidade do ar local /conjunto de políticas	Poluente	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Três políticas*	CO [kgCO]	311.357	1.698.946	9.095.387	7.662.364
	NOx [kgNOx]	69.016	362.337	1.694.813	1.382.492
	SOx [kgSOx]	90.964	451.982	2.673.252	2.332.166
	MP [kgMP]	174.542	981.441	3.852.305	2.636.493
Quatro políticas**	CO [kgCO]	1.477.486	8.154.607	43.811.436	36.845.055
	NOx [kgNOx]	330.873	1.752.821	8.195.966	6.591.033
	SOx [kgSOx]	429.331	2.154.929	12.921.350	11.295.659
	MP [kgMP]	848.448	4.806.234	18.809.970	12.800.660
Impactos das tecnologias***	CO [kgCO]	1.166.129	6.455.661	34.716.049	29.182.691
	NOx [kgNOx]	261.858	1.390.484	6.501.153	5.208.542
	SOx [kgSOx]	338.367	1.702.947	10.248.098	8.963.493
	MP [kgMP]	673.905	3.824.793	14.957.665	10.164.167

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 43 sintetiza os cálculos dos impactos da implementação das políticas públicas na melhoria da qualidade do ar local, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 43 - Melhoria da qualidade do ar local com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Melhoria da qualidade do ar local /impacto das tecnologias	Poluente	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Pré-aquecedor	CO [kgCO]	174.919	903.793	4.513.086	3.501.923
	Nox [kgNOx]	39.279	194.668	845.150	625.025
	SOx [kgSOx]	50.755	238.413	1.332.253	1.075.619
	MP [kgMP]	101.086	535.471	1.944.496	1.219.700
Controle em malha fechada de oxigênio	CO [kgCO]	174.919	968.349	5.207.407	4.377.404
	Nox [kgNOx]	39.279	208.573	975.173	781.281
	SOx [kgSOx]	50.755	255.442	1.537.215	1.344.524
	MP [kgMP]	101.086	573.719	2.243.650	1.524.625
Economizador	CO [kgCO]	174.919	903.793	4.513.086	3.501.923
	Nox [kgNOx]	39.279	194.668	845.150	625.025
	SOx [kgSOx]	50.755	238.413	1.332.253	1.075.619
	MP [kgMP]	101.086	535.471	1.944.496	1.219.700
Cogeração	CO [kgCO]	466.452	2.388.595	11.803.457	9.046.634
	Nox [kgNOx]	104.743	514.479	2.210.392	1.614.648
	SOx [kgSOx]	135.347	630.091	3.484.353	2.778.683
	MP [kgMP]	269.562	1.415.173	5.085.606	3.150.892
Bomba de calor	CO [kgCO]	174.919	1.291.132	8.679.012	8.754.807
	Nox [kgNOx]	39.279	278.097	1.625.288	1.562.563
	SOx [kgSOx]	50.755	340.589	2.562.025	2.689.048
	MP [kgMP]	101.086	764.959	3.739.416	3.049.250

A Tabela 44 mostra os cálculos do impacto na saúde com a implementação das políticas públicas, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 44 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por período

Impacto na saúde /conjunto de políticas	2023-2025 [ano]	2026-2030 [ano]	2031-2040 [ano]	2041-2050 [ano]
Três políticas*	175	955	3.912	2.873
Quatro políticas**	843	4.647	18.928	13.757
Impactos das tecnologias***	668	3.692	15.016	10.885

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.



A Tabela 45 apresenta os cálculos do impacto na saúde com a implementação das políticas públicas, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 45 - Impacto na saúde com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto na saúde /impacto das tecnologias	2023-2025 [ano]	2026-2030 [ano]	2031-2040 [ano]	2041-2050 [ano]
Pré-aquecedor	100	517	1.952	1.306
Controle em malha fechada de oxigênio	100	554	2.252	1.633
Economizador	100	517	1.952	1.306
Cogeração	267	1.366	5.105	3.374
Bomba de calor	100	738	3.754	3.265

A Tabela 46 sumariza os cálculos do impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas, por conjunto de políticas e por período.

Tabela 46 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por período

Impacto nos orçamentos públicos /conjunto de políticas	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Três políticas*	39,21	127,87	306,88	177,63
Quatro políticas**	184,18	597,67	1.355,81	740,75
Impactos das tecnologias***	144,97	469,81	1.048,93	563,12

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor; (***) cogeração e recuperação de calor, por meio da indução por políticas públicas.

A Tabela 47 sintetiza os cálculos do impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas, estratificados por impacto das tecnologias em cada período.

Tabela 47 - Impacto nos orçamentos públicos com a implementação das políticas públicas por tecnologia e por período

Impacto nos orçamentos públicos /impacto das tecnologias	2023-2025 [R\$ milhão]	2026-2030 [R\$ milhão]	2031-2040 [R\$ milhão]	2041-2050 [R\$ milhão]
Pré-aquecedor	21,75	65,77	136,36	67,57
Controle em malha fechada de oxigênio	21,75	70,47	157,34	84,47
Economizador	21,75	65,77	136,36	67,57
Cogeração	57,99	173,83	356,64	174,57
Bomba de calor	21,75	93,96	262,23	168,94

Apresentam-se, a seguir, os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais por segmento industrial, a saber: (i) cimento; (ii) ferro-gusa e aço; (iii) mineração e pelletização; (iv) não-ferrosos e outros da metalurgia; (v) química; (vi) alimentos e bebidas; (vii) têxtil; (viii) papel e celulose; e (ix) cerâmica e vidro.

Cimento

As Tabelas 48 e 49 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de cimento, considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 48 - Impactos no segmento de cimento com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00002	0,00004	0,00010	0,00006
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,08	-0,22	-0,61	-0,47
Economia financeira (R\$ milhão)	1,47	7,14	39,74	28,11
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	164	803	4.453	3.273
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	861	4.151	22.048	15.346
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	6.040,61	29.343,98	158.052,70	111.516,74
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	6.123	29.528	156.230	108.014
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	1.956,63	9.394,01	49.084,57	33.747,93
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	2.116,25	10.247,15	54.670,89	38.245,67
Impacto na saúde (DALYs)	4	19	102	71
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	0,94	3,25	11,64	5,38

Tabela 49 - Impactos no segmento de cimento com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00007	0,00019	0,00044	0,00024
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,33	-0,96	-2,55	-1,81
Economia financeira (R\$ milhão)	6,68	32,30	172,91	120,09
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	734	3.554	19.025	13.340
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	4.131	19.931	105.588	73.045
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	28.796,11	139.127,93	739.269,84	512.953,46
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	29.025	140.016	741.176	512.026



Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	5.707,20	27.488,63	144.880,92	99.912,83
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	9.274,31	44.781,25	237.500,95	164.523,27
Impacto na saúde (DALYs)	18	89	473	327
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	4,19	14,29	48,91	21,75

Ferro-gusa e Aço

As Tabelas 50 e 51 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de ferro-gusa e aço, considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 50 - Impactos no segmento de ferro-gusa e aço com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00001	0,00003	0,00008	0,00006
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,36	-1,11	-3,38	-3,18
Economia financeira (R\$ milhão)	6,34	32,34	212,41	212,30
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	971	4.977	31.707	30.789
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	5.663	28.961	183.765	174.356
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	4.336,54	19.219,44	101.415,58	96.441,50
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	23.979	121.649	751.378	672.346
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	72.666,42	366.831,70	2.226.005,75	1.900.646,13
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	10.958,70	54.490,99	325.025,10	278.586,19
Impacto na saúde (DALYs)	24	122	760	699
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	6,41	23,43	101,39	67,20

Tabela 51 - Impactos no segmento de ferro-gusa e aço com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00531	0,00532	0,00537	0,00480
Impacto na produtividade industrial	-263,75	-272,98	-299,93	-322,03

(R\$/tep)				
Economia financeira (R\$ milhão)	28,24	146,61	968,65	986,09
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	4.466	23.010	147.735	143.034
Redução de emissão de GEE (tCO2eq)	27.813	142.908	909.967	863.188
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	8.573,81	41.867,34	260.666,73	277.709,87
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	118.506	603.379	3.741.085	3.348.886
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	360.889,79	1.825.960,41	11.110.491,38	9.490.927,22
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	50.954,01	257.160,70	1.562.516,43	1.343.131,01
Impacto na saúde (DALYs)	116	594	3.728	3.436
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	29,51	108,57	473,05	310,16

Mineração e Pelotização

As Tabelas 52 e 53 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de mineração e pelotização considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 52 - Impactos no segmento de mineração e pelotização com a implementação das 3 políticas

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-1,20	-3,25	-7,98	-6,60
Economia financeira (R\$ milhão)	1,11	5,34	32,18	29,81
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	114	562	3.357	3.360
Redução de emissão de GEE (tCO2eq)	604	2.954	17.693	17.531
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	1.248,83	5.382,74	26.367,32	23.686,56
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	1.672	8.069	47.190	46.394
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	2.701,84	13.379,62	81.168,86	82.217,29
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	405,96	1.724,48	8.064,45	7.111,63
Impacto na saúde (DALYs)	2	10	56	55
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	0,60	2,12	8,55	6,42



Tabela 53 - Impactos no segmento de mineração e pelotização com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00001	0,00001	0,00004	0,00003
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-3,21	-8,62	-20,83	-16,71
Economia financeira (R\$ milhão)	3,02	14,54	85,63	80,98
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	307	1.490	8.770	8.564
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	1.758	8.551	50.438	49.191
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	1.819,94	8.079,30	41.338,24	37.159,07
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	5.123	24.463	139.356	130.839
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	5.858,00	29.303,94	181.112,03	187.256,21
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	614,01	2.683,40	13.124,00	11.318,84
Impacto na saúde (DALYs)	5	26	154	149
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	1,62	5,59	22,23	16,16

Não-ferrosos e Outros da Metalurgia

As Tabelas 54 e 55 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de não-ferrosos e outros da metalurgia considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 54 - Impactos no segmento de não-ferrosos e outros da metalurgia com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00001	0,00004	0,00010	0,00009
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,24	-0,72	-2,09	-2,74
Economia financeira (R\$ milhão)	2,92	13,30	85,41	90,91
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	336	1.617	9.877	11.783
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	1.186	5.326	30.545	37.396
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	7.560,34	31.951,30	154.480,26	142.944,18
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	3.330	14.744	78.748	85.484



Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	6.708,15	29.481,70	151.908,09	153.739,52
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	2.294,56	9.379,37	41.260,96	36.338,84
Impacto na saúde (DALYs)	5	22	117	133
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	1,42	4,85	20,70	19,67

Tabela 55 - Impactos no segmento de não-ferrosos e outros da metalurgia com a implementação das 4 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00003	0,00009	0,00023	0,00024
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,59	-1,67	-4,97	-6,87
Economia financeira (R\$ milhão)	6,90	32,42	206,06	262,26
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	800	3.832	23.624	30.772
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	4.799	22.369	132.486	165.638
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	8.334,35	35.708,75	179.144,33	182.485,83
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	12.738	59.242	339.685	378.282
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	29.124,89	133.629,24	740.117,82	762.799,97
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	2.832,20	11.875,21	55.300,73	51.824,48
Impacto na saúde (DALYs)	16	73	419	511
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	3,37	11,49	50,02	53,97

Química

As Tabelas 56 e 57 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de química considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 56 - Impactos no segmento de química com a implementação das 3 políticas (Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-1,05	-3,18	-10,14	-13,10
Economia financeira (R\$ milhão)	1,53	7,84	52,99	61,82
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	165	859	5.747	7.110
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	760	3.992	26.956	32.599
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	1.907,79	8.575,88	47.343,77	56.373,05
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	2.595	14.092	101.341	136.136
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	1.842,70	8.972,68	52.785,56	54.070,82
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	748,70	3.498,22	20.275,85	23.734,24



Impacto na saúde (DALYs)	3	14	92	110
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	1,23	4,60	21,38	20,58

Tabela 57 - Impactos no segmento de química com a implementação das 4 políticas
(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00000	0,00001	0,00004	0,00003
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-3,97	-12,32	-39,98	-47,94
Economia financeira (R\$ milhão)	5,84	30,96	210,35	238,17
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	625	3.335	22.663	26.115
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	3.435	18.387	125.652	143.973
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	3.617,16	17.979,30	114.182,42	133.992,35
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	12.019	66.495	482.088	588.446
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	7.083,58	36.094,33	227.605,37	239.843,34
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	1.957,27	10.208,95	68.437,87	77.980,28
Impacto na saúde (DALYs)	11	60	409	468
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	4,70	17,95	84,13	71,71

Alimentos e Bebidas

As Tabelas 58 e 59 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de alimentos e bebidas considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 58 - Impactos no segmento de alimentos e bebidas com a implementação das 3 políticas
(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00000	0,00001	0,00002	0,00002
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,37	-1,16	-3,69	-3,76
Economia financeira (R\$ milhão)	3,68	19,21	127,15	121,54
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	567	3.019	19.881	19.584
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	481	2.380	14.649	14.572
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	122.973,52	668.289,97	4.516.602,73	4.476.007,60



Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	3.355	17.592	114.214	112.740
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	1.523,35	7.075,33	38.650,67	37.859,20
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	31.161,41	168.750,51	1.134.481,66	1.120.057,92
Impacto na saúde (DALYs)	24	128	859	848
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	1,05	4,01	17,84	11,84

Tabela 59 - Impactos no segmento de alimentos e bebidas com a implementação das 4 políticas
(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,00001	0,00004	0,00011	0,00009
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-1,64	-5,17	-16,70	-16,98
Economia financeira (R\$ milhão)	15,04	80,87	542,73	535,84
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	2.472	13.346	89.222	88.144
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	1.833	9.552	61.730	62.973
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	603.570,10	3.293.598,13	22.363.289,35	22.203.618,75
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	15.410	82.828	552.377	549.252
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	5.018,41	25.698,35	163.192,22	171.719,34
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	152.499,93	830.267,25	5.616.612,55	5.557.382,42
Impacto na saúde (DALYs)	115	625	4.221	4.181
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	4,61	17,77	80,35	52,92

Têxtil

As Tabelas 60 e 61 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de têxtil considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 60 - Impactos no segmento de têxtil com a implementação das 3 políticas.

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0000007	0,0000018	0,0000043	0,0000034
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-14,31	-38,27	-96,24	-84,39
Economia financeira (R\$ milhão)	0,52	2,33	13,76	12,12
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	62	292	1.656	1.620
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	164	729	4.025	4.162
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	1.390,72	5.711,21	25.848,92	20.560,09
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	352	1.473	7.152	6.852
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	471,26	1.817,11	7.226,32	6.194,39
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	509,96	2.105,84	9.483,34	7.689,72
Impacto na saúde (DALYs)	1	4	18	17
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	0,10	0,33	1,26	0,93

Tabela 61- Impactos no segmento de têxtil com a implementação das 4 políticas

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0000019	0,0000049	0,0000121	0,0000098
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-38,59	-104,24	-268,50	-245,30
Economia financeira (R\$ milhão)	1,36	6,32	37,33	37,32
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	168	798	4.618	4.711
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	651	3.034	17.470	18.369
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	2.047,02	8.851,20	44.079,43	38.432,56
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NO _x (kgNO _x)	1.249	5.627	30.457	30.246
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SO _x (kgSO _x)	1.615,84	6.858,69	33.177,11	30.040,46
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	1.116,60	4.986,87	25.859,32	22.829,44



Impacto na saúde (DALYs)	3	12	69	69
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	0,27	0,90	3,56	2,76

Papel e Celulose

As Tabelas 62 e 63 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de papel e celulose considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 62 - Impactos no segmento de papel e celulose com a implementação das 3 políticas

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0000039	0,0000117	0,0000343	0,0000256
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-0,23	-0,73	-2,48	-2,39
Economia financeira (R\$ milhão)	3,25	17,25	114,72	92,75
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	350	1.905	13.242	12.459
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	395	1.854	10.359	8.522
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	80.302,54	432.869,36	2.823.564,04	2.311.305,20
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	2.291	11.701	74.065	66.144
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	1.575,01	6.511,81	28.988,81	22.541,91
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	19.607,32	105.816,84	703.236,98	607.092,14
Impacto na saúde (DALYs)	15	81	536	461
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	1,60	6,24	29,57	16,49



Tabela 63 - Impactos no segmento de papel e celulose com a implementação das 4 políticas

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0000175	0,0000520	0,0001489	0,0001092
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-1,04	-3,25	-10,77	-10,14
Economia financeira (R\$ milhão)	14,82	78,11	499,14	402,82
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	1.585	8.489	57.416	53.152
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	1.795	8.448	46.365	37.059
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	395.751,72	2.133.259,33	13.911.011,17	11.378.924,92
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	10.886	55.994	358.949	321.328
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	7.021,84	29.252,11	138.719,49	111.099,36
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	96.351,36	520.355,08	3.463.750,44	2.992.229,56
Impacto na saúde (DALYs)	75	399	2.627	2.260
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	7,21	27,67	127,15	70,13

Cerâmica e Vidro

As Tabelas 64 e 65 apresentam os cálculos dos impactos econômicos, ambientais e sociais da implementação das políticas públicas no segmento de cerâmica e vidro considerando-se a diferença das estimativas da energia conservada nos cenários A e B.

Tabela 64 - Impactos no segmento de cerâmica e vidro com a implementação das 3 políticas

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 3 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0002664	0,0008412	0,0008763	0,0002422
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-14,80	-56,97	-81,18	-29,59
Economia financeira (R\$ milhão)	14,06	73,43	177,73	70,87
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	4.857	27.559	67.879	23.671
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	7.023	36.624	88.067	36.163
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	85.595,80	497.602,23	1.241.711,68	423.529,07
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	25.318	143.490	364.496	148.381
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	1.518,61	8.517,65	37.433,70	41.148,74
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	106.739,55	625.427,91	1.555.805,94	517.636,68
Impacto na saúde (DALYs)	97	555	1.372	476
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	25,86	79,05	94,56	29,11

Tabela 65 - Impactos no segmento de cerâmica e vidro com a implementação das 4 políticas

(Cenário A – Cenário B)

Impacto - 4 Políticas	2023-2025	2026-2030	2031-2040	2041-2050
Redução da intensidade energética (tep/10 ³ US\$)	0,0013251	0,0041882	0,0043419	0,0011825
Impacto na produtividade industrial (R\$/tep)	-74,11	-288,58	-410,74	-145,83
Economia financeira (R\$ milhão)	68,86	360,89	854,66	326,53
Geração de empregos (nº de empregos FTE)	24.153	137.216	336.326	115.560
Redução de emissão de GEE (tCO ₂ eq)	34.767	181.643	432.987	174.120
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de CO (kgCO)	424.975,74	2.476.135,92	6.158.454,44	2.079.778,17
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de NOx (kgNOx)	125.917	714.777	1.810.794	731.728
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de SOx (kgSOx)	7.011,32	40.643,29	182.054,04	202.059,88
Melhoria da qualidade do ar pela redução de emissões de mp (kgMP)	532.847,95	3.123.915,51	7.766.868,08	2.579.440,38
Impacto na saúde (DALYs)	483	2.769	6.831	2.355
Impacto nos orçamentos públicos (R\$ milhão)	128,72	393,45	466,42	141,19





6 Definição de Metas de Eficiência Energética Térmica e Planos de Implementação das Políticas Públicas

Apresentam-se nesta seção os resultados do Produto 5 que compreendem:

- (i) Metas de eficiência energética térmica para quatro períodos do cenário de conservação de energia com dinâmica induzida pelas políticas públicas de eficiência energética térmica industrial. Neste cenário, foram considerados dois conjuntos de políticas públicas, sendo o primeiro com três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e o segundo com quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor). Vale destacar ainda que todos os cálculos foram feitos para o horizonte “t” de 2023 a 2050, em discretizações anuais;
- (ii) Planos de ação para a implementação das referidas políticas, na perspectiva de cumprimento das metas de eficiência energética térmica industrial até o horizonte de 2050, incorporando as contribuições dos participantes do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, ao final da segunda sessão deste Seminário (Ver Apêndice 1).

No Apêndice 2, apresenta-se uma síntese das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica industrial, que foram propostas no Produto 3.

Para a definição das metas de conservação de energia, foi estabelecido que, caso o conjunto três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e/ou o conjunto com as quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; cogeração e recuperação de calor) fosse implementado, que pelo menos 50% do potencial de energia conservada apresentado na tabela 2 seria alcançado. Assim, considerou-se esta premissa para se estabelecerem as metas conservação de energia e redução de emissões de gases de efeito estufa.

Na Tabela 66, apresentam-se as metas de conservação de energia para os grupos de três e quatro políticas. Já na Tabela 67, apresentam-se as metas de redução de emissões de GEE. Não são apresentadas metas de impactos das tecnologias, por estas estarem associadas à implementação das políticas. Assim, se as políticas forem implementadas as tecnologias serão adotadas e terão impactos significativos na conservação de energia, como discutido em seção anterior.



Tabela 66 - Metas de conservação de energia com a implementação das políticas públicas por período

Implementação das políticas públicas	2023-2025 (tep)	2026-2030 (tep)	2031-2040 (tep)	2041-2050 (tep)
Três políticas*	7.965	43.677	165.701	119.343
Quatro políticas**	37.077	204.837	744.922	507.598

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor.

Tabela 67 - Metas de redução de emissões de GEE com a implementação das políticas públicas por período

Redução das emissões de GEE/conjunto de políticas	2023-2025 [tCO _{2,eq}]	2026-2030 [tCO _{2,eq}]	2031-2040 [tCO _{2,eq}]	2041-2050 [tCO _{2,eq}]
Três políticas*	8.568	43.485	199.053	170.324
Quatro políticas**	40.491	207.411	941.341	793.778

Nota: (*) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; (**) Políticas de treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria; e cogeração e recuperação de calor.

Os Quadros 3 a 6 apresentam os Planos de Ação para implementação das quatro políticas públicas propostas no Produto 3, incorporando as contribuições dos participantes do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, ao final da segunda sessão deste evento (Ver Apêndice 1).

Quadro 3 - Plano de ação para a implementação da política de treinamento e educação

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 Definir a estrutura de governança para monitorar e gerenciar a implementação da política de treinamento e educação, com responsabilidades bem definidas.	ANP (governança) SENAI, universidades, certificadoras.	2024-2025
1.2 Definir uma estratégia de divulgação do programa, que alcance todas as partes interessadas, principalmente as PME e os profissionais que nelas atuam. A divulgação deve ser direcionada a atrair profissionais interessados na obtenção de uma certificação em gestão de energia.	ANP (governança) CNI, SENAI, MDIC, MME	2024-2025
1.3 Definir as fontes e mecanismos de financiamento da política proposta.	ANP (governança) MME, SENAI, CNI	2024-2025
1.3 Criar um certificado nacional de gestão energética que utilize como referência — CEM da AEE e EUREM da comunidade europeia. Definição das áreas do conhecimento (e carga horária) incluídas na capacitação dos candidatos	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI, ABESCO, ABNT	2024-2025
1.4 Definir os órgãos que serão responsáveis pela capacitação, realização dos exames e posterior certificação dos candidatos.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2024-2025

Fase	Agentes envolvidos	Período
1.5 Selecionar e capacitar os multiplicadores, instrutores que serão responsáveis pelas etapas de capacitação dos candidatos à certificação, cobrindo: (i) definição dos requisitos para seleção dos candidatos; (ii) desenvolvimento de material didático; e (iii) definição da frequência e modalidade da capacitação.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2024-2025
1.6 Definir as metas e os indicadores da política proposta.	ANP (governança) Academia, SENAI, CNI	2023-2025
1.7 Definir a estratégia de fiscalização e monitoramento	ANP (governança) MME, SENAI, CNI	2023-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Implementar banco de dados centralizado <i>online</i> para profissionais qualificados em EE térmica, multiplicadores e profissionais certificados, facilitando a contratação pelas PME.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
2.2 Promover a integração desta política a outros programas. Pode ser condicionante, por exemplo, para que as empresas acessem os recursos disponibilizados por outros instrumentos regulatórios. O êxito das políticas de cogeração e de gestão energética propostas requer a presença de profissionais com qualificação certificada em EE térmica, por exemplo.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados da política com a sociedade com periodicidade anual. Campanha de divulgação anual, visando maior adesão ao programa.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Realizar revisões quinquenais da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, os avanços tecnológicos e as mudanças no contexto energético, garantindo sua eficácia e adaptabilidade às necessidades do mercado.	ANP (governança) SENAI, CNI, ABESCO	2031-2050

Quadro 4 - Plano de ação para a implementação da política de gestão energética industrial

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 – Estabelecer uma estrutura de governança clara para monitorar e gerenciar a implementação do Programa de Gestão Energética na Indústria, com responsabilidades bem definidas	MME, MDIC, MMA, ANP, CNI	2023-2024
1.2 - Estabelecer campanhas de conscientização para as empresas — destacar os benefícios potenciais da implementação dos Sistemas de Gestão de Energia (SGEs), por meio da apresentação de casos de sucesso no país.	MME, MDIC, CNI, SENAI	2023-2025
1.3 - Desenvolver ferramentas digitais para implantação de sistemas de gestão energética com baixo custo operacional — criar, com apoio do Senai, ferramentas disponibilizadas em plataforma de internet do governo federal para as indústrias interessadas em se estruturar com SGEs.	MME, SENAI	2023-2025
1.4 - Estabelecer parcerias com entidades como Senai e Sebrae para desenvolver programas de apoio técnico às empresas.	MME, MDIC, MCTI, SENAI, SEBRAE	2023-2025
1.5 - Criar incentivos fiscais para a compra de sistemas de medição compatíveis com o orçamento da União e com a transição prevista na reforma tributária.	MME, MCTI, MDIC, MFazenda, MPlanejamento e Orçamento	2023-2025



Fase	Agentes envolvidos	Período
1.6 - Incentivar o estabelecimento e ampliação da oferta de cursos e treinamentos específicos com o objetivo de capacitar profissionais a atuar nos organismos certificadores acreditados como auditores internos, auditores de terceira parte ou responsáveis pela implantação de SGE segundo a ISO 50.001.	MME, MEC, INMETRO	2023-2025
1.7 - Criar fontes de financiamento para esta política — estabelecer percentuais dos recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural para financiamento das ações desta política, utilizando mecanismos similares aos adotados no PEE/ANEEL, de acordo com a modalidade de contrato.	ANP, MME, MDIC	2023-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 - Estabelecer campanhas de informação à população em geral para criar conscientização sobre o conteúdo energético dos produtos e a gestão energética eficaz das empresas. Essas campanhas devem estabelecer a ligação entre a conservação de energia e os impactos climáticos, buscando gerar no público em geral interesse por produtos e serviços que sejam energeticamente eficientes, de forma a criar demanda que incentive as empresas a adotarem SGEs.	MME, CNI	2026-2030
2.2 - Consolidar uma sistemática de monitoramento e avaliação do programa para fazer ajustes conforme necessário, visando o alinhamento com os objetivos originais e com as mudanças políticas, econômicas, sociais e ambientais	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP	2026-2030
2.3 – Dar continuidade às campanhas de conscientização das empresas, compartilhando os resultados de SGEs implantados na primeira fase, de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria	MME, MDIC, CNI	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 – Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos do Programa.	MME, MDIC, MCTI, MMA, CNI	A partir de 2031
3.2 – Realizar uma revisão ampla do plano de ação, considerando os resultados alcançados e o monitoramento realizado nas fases anteriores	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP	A partir de 2031
3.3 – Permanecer flexível e adaptável às mudanças no ambiente, tecnologias emergentes e novas demandas das empresas	MME, MMA, MDIC, MCTI, CNI, ANP, SENAI	A partir de 2031

Quadro 5 - Plano de ação para a implementação da política de inovação em EE térmica na indústria

Fase da implementação	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 – Implementação inicial		
1.1 Criar uma estrutura de governança clara para monitorar e gerenciar a implementação do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria, com responsabilidades bem definidas.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.2 Estruturar a teoria da mudança e o modelo lógico do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria para cumprimento de seu objetivo fundamental, incluindo a definição de objetivos, recursos, ações, resultados e impactos esperados no curto, médio e longo prazo.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.3 Estabelecer metas claras e mensuráveis para o Programa, alinhadas com os objetivos de PD&I em EE térmica, critérios da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para projetos de PD&I e diretrizes do modelo de operação da Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025



Fase da implementação	Agentes envolvidos	Período
1.4 Estruturar a alocação de recursos financeiros adequados para os projetos de PD&I e criar mecanismos para garantir o financiamento contínuo.	ANP e Embrapii (governança) MCTI, MME, MMA, MDIC	2024-2025
1.5 Estabelecer parcerias com instituições científicas, tecnológicas e inovação (ICTs), empresas dos diversos segmentos industriais e órgãos governamentais para promover a colaboração e maximizar os recursos disponíveis.	ANP e Embrapii (governança) ICTs Empresas de diversos segmentos industriais MCTI, MME, MMA, MDIC Agências de fomento e de financiamento para PD&I	2024-2025
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Consolidar uma sistemática de monitoramento e avaliação para fazer ajustes conforme necessário, visando o alinhamento do Programa com os objetivos originais e com as mudanças políticas, econômicas, sociais e ambientais.	ANP e Embrapii (governança) Parceiros institucionais	2026-2030
2.2 Promover nas ICTS credenciadas pela Embrapii participantes do Programa atividades de prospecção de mercado e tecnológica.	ANP e Embrapii (governança) ICTs credenciadas pela Embrapii	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados dos projetos de PD&I da primeira fase, de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais Parceiros institucionais	2026-2030
2.4. Propor incentivos e estratégias de comunicação que motivem as indústrias a adotarem as inovações desenvolvidas no âmbito do Programa, maximizando os benefícios da EE térmica nos diversos segmentos industriais.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais CNI e Senai	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Investir em programas de educação e treinamento para criar e manter talentos em PD&I em EE na indústria.	ANP e Embrapii (governança) ICTs credenciadas pela Embrapii CNI e Senai Parceiros institucionais	A partir de 2031
3.2 Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos do Programa.	ANP e Embrapii (governança) Empresas de diversos segmentos industriais CNI e Senai	A partir de 2031
3.3 Permanecer flexível e adaptável às mudanças no ambiente, tecnologias emergentes e novas demandas das empresas.	ANP e Embrapii (governança)	A partir de 2031

Quadro 6 - Plano de ação para a implementação da política de cogeração e recuperação de calor

Fase	Agentes envolvidos	Período
Fase 1 - Implementação inicial		
1.1 Envolver e engajar os principais atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual.	MME Produtores de energia Associações do setor Órgãos reguladores Empresas de distribuição de energia; e Consumidores	2023-2024



Fase	Agentes envolvidos	Período
1.2 Elaborar proposta de regulamentação com base nas informações coletadas e nas contribuições dos atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual	ANP e ANEEL Atores do mercado de cogeração e de recuperação de calor residual	2023-2025
1.3 Estruturar subsídios financeiros, tarifas diferenciadas, incentivos fiscais ou outros mecanismos que estimulem os investimentos em equipamentos de recuperação de calor e em cogeração distribuída.	MME Ministério da Fazenda BNDES	2023-2026
1.4 Realizar a Análise de Impacto Regulatório (AIR) referente à proposta de regulamentação.	MME Ministério da Fazenda MDIC e MMA	2023-2025
1.5 Estabelecer parcerias internacionais para desenvolvimento tecnológico e fortalecimento da cadeia de fabricantes de equipamentos eficientes no Brasil	MME, Ministério da Fazenda, MDIC e MMA	2023-2025
1.6 Realizar campanhas de comunicação e conscientização junto às indústrias para promover a cogeração qualificada e o uso de equipamentos de recuperação de calor.	MME e COGEN	A partir de 2024
Fase 2 – Desenvolvimento e expansão		
2.1 Estabelecer mecanismos de monitoramento e avaliação da implementação da regulamentação e identificar eventuais ajustes necessários para garantir a efetividade da política de cogeração e recuperação de calor.	MME, ANP e ANEEL	A partir de 2025
2.2 Realizar de forma sistemática atividades de prospecção de mercado e de novas tecnologias	ANP, COGEN, CNI e SENAI	2026-2030
2.3 Compartilhar os resultados da primeira fase da implementação da política de forma ampla e eficaz, visando à disseminação do conhecimento e a replicação das melhores práticas na indústria.	ANP, ANEEL e COGEN Indústrias	2028-2050
2.4 Proposição de Incentivos técnicos e financeiros	ANP, ANEEL, COGEN e BNDES	2026-2030
Fase 3 – Consolidação e aperfeiçoamento		
3.1 Realizar revisões periódicas da regulamentação, levando em consideração a evolução do setor, avanços tecnológicos e mudanças no contexto energético.	MME, Ministério da Fazenda, MDIC, MMA, ANEEL e ANP	A partir de 2030
3.2 Manter uma comunicação clara com os públicos-alvo, destacando casos de sucesso, desafios e os impactos da regulamentação.	ANP, CNI, SENAI e indústrias	2032-2040
3.3 Permanecer flexível e adaptável às mudanças no ambiente, tecnologias emergentes e novas tecnologias	ANP	A partir de 2031



7 Considerações Finais e Recomendações

Este relatório reúne os resultados referentes a definição, cálculo e avaliação de impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação de quatro novas políticas públicas para incentivar a eficiência energética térmica na indústria e o estabelecimento de metas de eficiência energética térmica e planos de implementação destas (políticas públicas) para cumprimento das metas. Vale destacar ainda que, inúmeras contribuições recebidas dos participantes do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, realizado em Brasília, na sede do Ministério de Minas e Energia (MME), em 21 de novembro de 2023, foram consideradas na sua elaboração.

No tocante aos cenários de conservação, a abordagem metodológica empregada mostrou-se robusta e coerente com dados históricos, permitindo fazer estimativas de conservação de energia e de impactos até o horizonte de 2050 de forma robusta e embasada pelas referências adotadas, tanto nacionais quanto internacionais. A abordagem híbrida *Top-down/Bottom-up* permitiu estimar até 2050 uma conservação de energia de 673 ktep, considerando a implementação efetiva de três políticas transversais: treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria. Considerando ainda que, além destas três políticas, fosse implementada uma política de cogeração e recuperação de calor, a energia conservada no período poderia chegar a 2.989 ktep. Esta última política pode incentivar que as PMEs industriais adquiram tecnologias mais eficientes como pré-aquecedor, controle em malha fechada de oxigênio, economizador, cogeração, e bomba de calor, que podem trazer uma economia da ordem de 2.315 ktep no período de análise. Estes resultados, em termo de energia conservada, estão em linha com os resultados apresentados no documento que subsidia o PDEf.

A análise setorial indicou que o maior potencial de conservação de energia está nos segmentos de “cerâmica e vidro”, “ferro gusa e aço” e “alimentos e Bebidas”. Os demais impactos estão associados à conservação de energia e seguem a mesma ordem. Os segmentos com menor impacto em conservação de energia têxtil, cimento e “mineração e pelotização”.

Em relação à definição, cálculo e avaliação de impactos econômicos, ambientais e sociais decorrentes da implementação dessas políticas públicas. Dentre os impactos avaliados, destaca-se a redução da intensidade energética. Nos últimos anos esse indicador tem se elevado, ao contrário do que seria desejado como estabelecido na meta 7.3 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) da Agenda 2030 das Nações Unidas. O impacto de redução da intensidade energética contribuirá para a reversão da tendência do indicador e o alinhamento do país com a meta global de redução da intensidade energética, dobrando a taxa de melhoria até 2030.

Os impactos referentes à redução de emissões de GEE também são significativos considerando apenas as políticas transversais, ou somando estas as políticas de cogeração e recuperação de calor. Considerando as três políticas transversais, cerca de 843 mil



toneladas de gases de efeito-estufa podem ser evitadas com as mudanças propostas. Se ainda for considerar a política cogeração e recuperação de calor este número chega a quase 4 milhões de toneladas de gases de efeito-estufa evitados. Para efeito de comparação, no Balanço Energético Nacional 2023 (BEN 2023), demonstrou-se que as emissões totais em 2022 ligadas à energia na indústria, tanto eletricidade quanto queima de combustíveis, foram de 76,7 milhões de toneladas.

Além da redução do gasto energético mencionado anteriormente, em relação aos impactos econômico, será possível alcançar, no caso das políticas transversais, resultados significativos em melhoria da produtividade industrial, i.e. redução de R\$ 15,96/tep; geração quase 60.000 empregos FTE; impactos nos orçamentos públicos de 652 milhões de reais e economias financeiras de 1,8 bilhões de reais, considerando-se o horizonte de 2050. Quando as quatro políticas são consideradas, o que inclui a política de cogeração e recuperação de calor, os resultados são ainda mais promissores, pois tem-se redução de R\$ 90,18/tep; geração mais 260.000 empregos FTE; impactos nos orçamentos públicos da ordem de 2,9 bilhões de reais e economias financeiras de 7,5 bilhões de reais, considerando o mesmo horizonte.

Considerando-se os impactos ambientais, além da redução de emissões de gases de efeito estufa, calcularam-se ainda impactos significativos na melhoria da qualidade do ar local pela redução de emissões de alguns gases poluentes, caso estas políticas fossem implementadas. No caso das políticas transversais, estima-se redução de CO (18.768 kt), NOx (3.509 kt), SOx (5.548 kt) e material particulado (7.645 kt) ao longo de todo o período de análise. Os resultados da redução destes poluentes são ainda maiores quando se consideram as quatro políticas: CO (90.289 kt), NOx (16.871 kt), SOx (26.801 kt) e material particulado (37.265 kt).

Por último, na área de saúde, a implementação das políticas transversais propiciaria uma redução de 7.915 anos de vida perdidos ajustados por incapacidade (sigla em inglês, DALYs) pela população brasileira como um todo. Considerando as 4 políticas, estes valores chegariam a 38.175 anos de vida perdidos ajustados por incapacidade.

No que se refere ao estabelecimento de metas de eficiência energética térmica, foi estabelecido que, caso o conjunto de três políticas transversais (treinamento e educação; gestão energética industrial; e inovação em EE térmica na indústria) e/ou o conjunto com as quatro políticas (treinamento e educação; gestão energética industrial; inovação em EE térmica na indústria; cogeração e recuperação de calor) fosse implementado, que pelo menos 50% do potencial de energia estimada deveria ser conservado.

Por fim, em relação aos planos de implementação das políticas públicas para cumprimento das metas, ressalta-se a necessidade de articulação entres os diversos agentes impactos por esta política. Cabe ressaltar que a MME e MDIC terão um papel fundamental na implementação dessas mudanças, com o apoio de entidades como MMA, ABESCO, ANEEL, ANP, CNI, Senai, COGEN, BNDES e a Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

Conforme o plano de implementação constata-se da seção 6 deste relatório, será possível implementar diversas ações já no curto prazo até 2025. Vale destacar que este plano de implementação de ação foi estruturado em três fases, considerando períodos de curto, médio e longo prazo descritos neste plano, a saber: implementação inicial; desenvolvimento e expansão; consolidação e aperfeiçoamento.

Como exemplo de estratégia de curto prazo para a política de treinamento e educação, devem-se definir os órgãos que serão responsáveis pela capacitação, realização dos exames e posterior certificação dos candidatos. Um exemplo para a política de inovação em EE térmica na indústria seria o estabelecimento de metas claras e mensuráveis para o Programa, alinhadas com os objetivos de PD&I em EE térmica, critérios da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para projetos de PD&I e diretrizes do modelo de operação da Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). Para a política de gestão energética industrial, exemplifica-se a necessidade de se estabelecer campanhas de conscientização para as empresas - destacar os benefícios potenciais da implementação dos Sistemas de Gestão de Energia (SGEs), por meio da apresentação de casos de sucesso no país. Por fim, para a política de cogeração e recuperação de calor, devem-se estruturar subsídios financeiros, tarifas diferenciadas, incentivos fiscais ou outros mecanismos que estimulem os investimentos em equipamentos de recuperação de calor e em cogeração distribuída.

Buscou-se com a identificação e avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais advindos da implementação das políticas públicas propostas, fornecer uma visão abrangente dos efeitos potenciais da adoção de medidas de eficiência energética térmica pelas pequenas e médias empresas (PMEs) nos quatro horizontes temporais considerados neste estudo.

Referências Bibliográficas

ANG, B.W. **A simple guide to LMDI analysis**. Department of Industrial and Systems Engineering. National University of Singapore, Singapore, 2012. www.ise.nus.edu.sg/staff/angbw/pdf/A_Simple_Guide_to_LMDI.pdf.

BRASIL. **Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2020. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 10 nov. 2023.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. GIZ. . Projeto: Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria. PN: 2012.9097.2-680.00. **Termo de Referência - Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial**. Brasília: GIZ, 2022.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. GIZ. **Potencial de empregos gerados na área de eficiência energética no Brasil de 2018 até 2030**. Brasília: GIZ, 2019.

ELETROBRAS. **Elaboração do Plano Decenal de Eficiência Energética (Pdef), provendo um portfólio de ações para o avanço dos ganhos de eficiência energética no Brasil**. Produto 7. Propostas de novas ações no setor industrial. Rio de Janeiro: Eletrobras, janeiro de 2021.

ELETROBRAS. **Plano Decenal de Eficiência Energética 2029 (PDef 2029)**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Balanço Energético Nacional 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

FACTO/PUC-RIO. **Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial**. Produto 2 – Estudo para promoção da EE térmica na indústria. Rio de Janeiro: Facto/PUC-Rio, 2023.

FACTO/PUC-RIO. **Estudo técnico, recomendações e engajamento sobre políticas públicas na área de eficiência energética industrial**. Produto 3 – Proposição de opções regulatórias e políticas públicas para incentivar a EE térmica industrial. Rio de Janeiro: Facto/PUC-Rio, 2023. Rio de Janeiro: Facto/PUC-Rio, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: OECD/IEA, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA. ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2020.

OEKO-INSTITUT et al. **Ex-post quantification of the effects and costs of policies and measures**. Final report, CLIMA.A.3/SER/2010/0005, Oeko-Institut e. V., Berlin, 2012. http://ec.europa.eu/clima/policies/g-gas/monitoring/docs/report_expost_quantification_en.pdf



REUTER, M.; PATEL, M.K.; EICHHAMMER, W.; LAPILLONNE, B.; POLLIER, K. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, v.139, article ID 111284, 2020.

WORRELL, E.; LAITNER, J. A.; RUTH, M.; FINMAN, H. Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. **Energy**, v. 28, n.11, p.1081–1098, 2003.

Apêndice 1 – Resultados da Segunda Sessão do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”

Neste Apêndice, compilam-se os resultados da segunda sessão do Seminário “Políticas Públicas para Eficiência Energética na Indústria”, realizado em Brasília, na sede do Ministério de Minas e Energia (MME), em 21 de novembro de 2023. Inclui-se a lista de participantes e as apresentações da referida sessão.

Síntese das Contribuições dos Participantes

Após a apresentação do estudo pelo especialista Samuel Santos da equipe da Facto/PUC-Rio, formou-se uma Mesa Redonda para a sessão de Diálogo Aberto, moderada pela Sra. Roberta Knopki, Coordenadora de Projetos na GIZ Brasil. Os demais componentes da Mesa foram:

- **Marco Antonio Chagas**, Diretor do Instituto de inovação em sistemas elétricos de potência do SENAI
- **Leonardo Caio Filho**, Diretor de Tecnologia e Inovação da Associação da Indústria de Cogeração e Energia – COGEN
- **Alberto Fossa**, Diretor Executivo da Associação Brasileira pela Conformidade e Eficiência das Instalações – ABRINSTAL
- **Samira Sana Fernandes de Sousa**, Coordenadora Geral de Eficiência Energética do Ministério de Minas e Energia (MME).

Aos componentes da Mesa, foram endereçadas perguntas enunciadas pela moderadora, cujas respostas são sumarizadas a seguir.

Pergunta 1 encaminhada ao Sr. Marco Chagas (SENAI): Qual a experiência do SENAI e quais as lições aprendidas em promover a eficiência energética e a redução de emissões na indústria?

Resposta: Após apresentar um histórico das atividades do SENAI, foi explicado que hoje o SENAI atua em três vertentes: educação, tecnologia e inovação, com estruturas específicas para cada uma. Desde 2014 tem acontecido um aprendizado contínuo na atuação junto aos pequenos e médios empresários. O Programa PotencializEE procurou reunir todos esses aprendizados.

As três áreas de atuação estão interligadas. Quando se fala em inovação é preciso ter uma compreensão um pouco mais ampla do que o que usualmente ocorre, pois além da inovação tecnológica é preciso abordar ainda a inovação no negócio e a inovação regulatória.

Especificamente na área térmica, desde o início foi percebido que atuar em eficiência energética nessa área é um grande desafio. No caso das pequenas e médias empresas, muitas vezes não há um conhecimento profundo dos processos térmicos, que na maioria dessas empresas estão presentes. Para implantação de um programa como o PotencializEE



é necessário possuir uma equipe especializada no tema e com conhecimentos de termodinâmica e foi percebido que o mercado é carente desses profissionais. Percebeu-se então a necessidade de uma certificação de profissionais para atuarem nessa área, buscando ao mesmo tempo que assegurar a qualidade dos projetos, também dar segurança aos empresários e aos bancos financiadores.

O SENAI trabalha ainda em um programa de descarbonização para PMEs nos três escopos, 1 2 e 3, buscando dar credibilidade aos eventuais créditos de carbono gerados pela eficiência energética.

Pergunta 2 encaminhada ao Sr Leonardo Caio Filho (COGEN): A proposta apresentada de política pública voltada à cogeração poderia deixar a cogeração de energia como uma tecnologia de eficiência energética e descarbonização viável técnica e economicamente para PMEs?

Resposta: inicialmente foi feita uma contextualização com dados da IEA: 16% da energia consumida no mundo vem de cogeração. No Brasil, 21 GW de potência instalada, ou 11% da matriz elétrica é de cogeração. Na maior parte (17GW) de biomassa, seguido de gás natural, com 3,5 GW. A eficiência da cogeração é a melhor alternativa para reaproveitamento de calor e produção de frio e eletricidade na indústria. Em grandes centros metropolitanos, tem também aplicação em edifícios corporativos, hospitais, *shopping centers*, usando o gás natural em regiões adensadas. Apesar dessas vantagens, nos últimos 10 anos a cogeração a gás natural cresceu apenas marginalmente, com crescimento inferior a 10% nos últimos 12 anos.

A COGEN desenvolveu um estudo que mostrou um potencial de 7 GW elétricos e 8 GW térmicos para projetos de cogeração com gás natural para implementação rápida. Isso só não acontece devido ao preço atual do gás, inviabilizando esses projetos. Para os cenários futuros, não existe previsibilidade de preços, então os projetos acabam não sendo realizados.

Nos últimos anos vêm-se observando um crescimento acentuado das gerações com fontes intermitentes, com capacidade instalada atualmente de mais de 35 GW de eletricidade fotovoltaica e mais de 30 GW de energia eólica. A cogeração é uma fonte complementar bastante interessante, com previsibilidade e confiabilidade para suprir as intermitências das renováveis. A capacidade atual de cogeração a biomassa, de 17 GW, pode ser dobrada. O potencial de ampliação de cogeração a gás natural foi mencionado, aplicável principalmente em regiões adensadas, mas para que esse potencial se transforme em unidades de geração efetivamente instaladas é preciso resolver o problema do preço do gás. Uma sugestão seria uma política pública que criasse um atributo financeiro que valorizasse a cogeração.

Pergunta 3 encaminhada ao Sr. Alberto Fossa (ABRINSTAL): Quais os benefícios que uma certificação nacional de gestores de energia, nos moldes das certificações da AEE e da Eurem pode trazer para o país?

Resposta: É consenso hoje que existe um problema de capacitação, tanto no Brasil, quanto no exterior. Se no lado da eficiência energética elétrica ainda falta alguma coisa, na área térmica a deficiência é ainda maior. A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) é uma agência especializada da ONU, que tem o mandato de promover e acelerar o Desenvolvimento Industrial Sustentável e Inclusivo



(ISID). Com relação à gestão de energia, a UNIDO identificou em um diagnóstico inicial realizado há cerca de 15 anos, que um dos primeiros problemas é a falta de capacitação profissional e de mão de obra especializada em sistemas de energia. O profissional e o empresário que atuam na indústria são especializados nos processos de produção, mas há uma lacuna no conhecimento dos assuntos de energia.

A transição energética é um movimento que envolve também mudança de cultura e, se não se promove a mudança de cultura nas organizações para a valorização da gestão energética, não será possível alcançar os resultados esperados. O público industrial desconhece os benefícios diretos da eficiência energética. O conhecimento das vantagens hoje está restrito aos poucos profissionais que trabalham na área.

Citando como exemplo um Programa da UNIDO de gestão de energia na Colômbia, alcançou-se um resultado parcial por falta de sensibilização do mercado e de engajamento das indústrias. A sensibilização é o tema que tem mais urgência. O Programa PotencializEE é fundamental para essa ação porque promove casos reais de sucesso, que motivam outros empresários a aderirem.

No momento está em elaboração uma norma internacional de descarbonização com o propósito de estabelecer o elo entre a implantação de sistemas de gestão de energia (ISO 50001) e redução de emissões. O motivador é que a mitigação das emissões de gases de efeito-estufa parece ser um tema mais facilmente absorvido pelas pessoas do que a eficiência energética. Isso facilitaria a comunicação.

O programa de gestão de energia dos Estados Unidos é bom, e para ultrapassar o déficit de conhecimento pode ser uma ferramenta interessante, alcançando o efeito multiplicador desejado para promover a mudança de cultura.

Um desafio a ser superado é uma sensação negativa que as certificações vêm ganhando no Brasil, ressaltando as vantagens que as pessoas certificadas se tornem agentes de mudança e agentes multiplicadores. É importante que sejam destinados recursos para isso, já que o processo pode ser custoso. É importante ainda ressaltar as vantagens da certificação em oposição à essa percepção negativa de excesso de certificações que possa existir.

Pergunta 4 encaminhada à Sra. Samira Sana (MME): Quais dessas propostas colocadas aqui tem mais viabilidade de implementação no curto ou médio prazos?

Resposta: Algumas ações propostas já vêm sendo desenvolvidas de alguma forma. Citam-se as ações de formação e capacitação, como as do Procel, o Programa Energia do Futuro, elaborado em parceria com a GIZ e SENAI. No aspecto de gestão energética já há algumas ações sendo executadas, mas ainda há um caminho a ser trilhado. A questão trazida da mudança de cultura é fundamental para o sucesso.

O MME vem ainda desenvolvendo sensibilizações com o Programa PotencializEE e do programa Redes de Aprendizagem para que a cultura da eficiência se acelere, em parceria com a GIZ. O MME teve alguns projetos-piloto implementados com sucesso e agora o PotencializEE traz exemplos de implantação em PMEs.

No aspecto de inovação o MME tem trazido inovação como tema prioritário, citando inclusive o programa de P&D em eficiência energética da ANEEL. O MME levará o tema da eficiência energética na área de óleo&gás para o Conselho Nacional de Política Energética como um tema prioritário de investimento.



As medidas que envolvem incentivos fiscais e financeiros levarão mais tempo, mas o MME está empenhado em realizar a articulação para a sua implementação.

Além das contribuições dos membros da Mesa Redonda, algumas perguntas foram feitas pelos participantes da plenária, cujas respostas são sintetizadas a seguir.

Pergunta 5 da Sra. Juliana Borges (SEBRAE), encaminhada à Sra Samira Sana: O SEBRAE realizou um piloto com 100 empresas e descobriu-se que 25% da amostra não tem acesso à própria conta de energia. É um segmento que representa mais de 50% da geração de empregos e mais de 90% das empresas do país.

Sobre a certificação, sugere-se priorizar não apenas as empresas que tenham o perfil adequado, mas considerar também a maturidade das empresas no aspecto de energia, pois as que têm menos maturidade na área, que muitas vezes nem têm acesso à própria conta de energia devem ser atingidas. Outro dado dessa pesquisa é que apenas 30% das empresas tinham uma percepção correta do seu consumo de energia. Tendo isso como cenário, pergunta-se como endereçar a questão do acesso aos dados num modelo Open Energy?

Resposta: O MME já teve algumas conversas com a ANEEL, pois essa dificuldade é bastante disseminada em vários setores. É preciso ter cuidado com as restrições que a LGPD estabelece, porém é importante que os consumidores tenham acesso a seu histórico para implementação de ações de eficiência.

Pergunta 6 do Sr. Pablo Martinez-Illesca (Veolia Brasil): Inicialmente ressaltou que é gratificante ver os assuntos de eficiência energética sendo tratados e concorda com a colocação que o industrial conhece bem seus processos, mas precisa de apoio de especialistas quando o assunto é energia. Pergunta sobre incentivos fiscais, uma vez que às vezes o industrial prefere atuar no preço, migrando para o mercado livre, do que na eficiência em si.

Resposta do Sr. Alberto Fossa (ABRINSTAL): Atualmente 50% das certificações em sistemas de gestão de energia pela norma ISO 50001 estão na Alemanha. A razão disso é que o governo alemão estabeleceu incentivos fiscais para as empresas que se certificassem. Incentivos fiscais realmente mobilizam as organizações. Existe um projeto de lei em elaboração a esse respeito. Nos EUA, o Department of Energy (DoE) incentiva fortemente alguns setores a implementarem sistemas de gestão de energia.

Seria interessante que o MME tivesse acesso a dados setoriais de consumo de energia. A disponibilização dos dados permitiria a identificação da necessidade de incentivos. O receio que existe é que o país continue sendo lento nesse aspecto.

Resposta da Sra. Samira Sana (MME): Realmente existe um projeto de lei de incentivos fiscais, que vem sendo aperfeiçoado com a colaboração do MME. Apesar da eficiência energética já trazer um benefício para as empresas, o projeto propõe conceder incentivos fiscais para grandes consumidores e empresas energo-intensivas que certificarem seus sistemas de gestão energética pela Norma ISO 50001 e que ofereçam como contrapartida seus dados energéticos ao poder público.





Pergunta 7 do Sr. Manfredo Gouvêa Jr. (FIESC): Os projetos de eficiência energética têm boa rentabilidade e se pagam, porém os empresários não possuem essa percepção. Cita como exemplo projetos de excelente retorno na indústria cerâmica, mas que só foram realizados porque havia profissionais mostrando os ganhos obtidos. É preciso ter clareza dos ganhos obtidos para que os empresários, em particular os pequenos e médios, adotem sua implementação. Além de serem sustentáveis, é preciso que fique claro que os projetos são “sustentados”, ou seja, que geram economias que trazem retorno sobre o investimento. Sugere-se atuar na comunicação para que os pequenos e médios empresários recebam a mensagem, talvez atuando por meio de associações que tenham boa penetração junto a eles.

Resposta do Sr. Marco Antonio Chagas (SENAI): A comunicação realmente tem sido uma barreira dentro do programa PotencializEE. Convencer um empresário de que ele deverá utilizar recursos próprios ou tomar um financiamento para projetos de eficiência energética não é uma tarefa fácil. Além disso, esse é apenas o primeiro passo. O SENAI oferece além da eficiência outras ações, como migração para o mercado livre, geração de energia renovável e gestão energética. O SENAI vem trabalhando num projeto de uma plataforma digital de baixo custo para apoiar o pequeno e médio empresário no itinerário de descarbonização. A eficiência é o primeiro passo, passando pelo suprimento, autoprodução e finalizando com a gestão energética.

Resposta do Sr. Alberto Fossa (ABRINSTAL): No conjunto de Normas ISO 50.000 existe a norma 50.005 que permite implementação de sistemas de gestão em etapas, de forma simplificada, mais adequada a PMEs. Além dos projetos de eficiência energética, existem ações de custo zero que podem ser adotadas. Citou como exemplo uma empresa no Equador na qual o operador ligava 3 caldeiras todos os dias porque seu pai, que era operador antes dele, o orientou assim. Analisando os processos, foi atingido um ganho de 64% apenas reduzindo o número de caldeiras ligadas. À medida que os resultados forem aparecendo, mais motivados ficam os empresários para adotar outras medidas.

Pergunta do Sr. Rodrigo Hoffmann (CELESC): Falando novamente sobre educação e sobre a falta que faz na indústria um profissional formado em eficiência energética. Uma ESCO pode fazer um trabalho de conscientização e identificação de oportunidades, mas é preciso que haja um profissional na empresa que mantenha o sistema funcionando pelos anos seguintes. Além disso, é preciso analisar também a questão do uso da água.

Resposta do Sr. Marco Antonio Chagas (SENAI): Não existe hoje um profissional em eficiência energética. É uma formação de especialização, com formação transversal, permitindo que profissionais de diversas formações se especializem nessa área. Os profissionais vão procurar se especializar numa área se ele perceber que aquilo trará empregabilidade e bons salários. O SENAI tem notado que as turmas de formação em eficiência energética muitas vezes não tinham procura suficiente para fechar uma turma. É uma questão de oferta e demanda.

Pergunta 9 do Sr. Fernando Perrone, Diretor do Instituto Nacional de Eficiência Energética: Esse tipo de estudo é fundamental e remete a um plano que não chegou a ser implementado, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PnEf 2011). A eficiência



energética tem pressa. O MDIC coordena um grupo interministerial denominado Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono e está se tentando colocar a eficiência energética como um vetor da descarbonização. No tocante à micro, pequena e média empresa existem três diferentes classificações (IBGE, SEBRAE e CNI) sobre o porte das empresas. Na parte elétrica, eficiência energética não é apenas substituição de equipamentos e as melhorias no PEE/ANEEL são bem vindas. A questão de eficiência térmica abrange também as MPMEs e é preciso conscientizar o empresário pois muitas dessas empresas não são apenas indústrias, mas também atuam em comércio e serviços. O SENAI é adequado para a grande e média indústria o SEBRAE é o mais indicado para a pequena e microempresa.

Resposta da Sra. Samira Sana (MME): O planejamento é um ponto sobre o qual o MME está trabalhando. Reconhece que é preciso melhorar planejamento, governança e monitoramento e a questão está sendo tratada.

Pergunta do Sr. Rodrigo Hoffmann (CELESC): Louvável que se tenha proposto “aumentar o bolo”, aumentando as verbas para eficiência energética. Não seria interessante utilizar a norma ISO 50001 como mola propulsora da eficiência energética?

Resposta do Alberto Fossa (ABRINSTAL): Isso é mandatório e não é opinião própria, é uma conclusão sustentada por estudos internacionais, desde 2007. A principal barreira é a necessidade de mudança de cultura. A ISO 50001 foi criada para perenização das ações ao longo do tempo. SE a eficiência não estiver internalizada nos processos da organização, mudam as pessoas e o tema é abandonado. O sistema de gestão energética garante a perenidade, desde que se tome cuidado com os modelos, utilizando ferramentas adequadas ao tamanho de cada empresa.

Resposta da Sra. Samira Sani (MME): Complementando sobre a Norma ISO 50001, a certificação ajudaria no processo de perenização do processo de gestão de energia. A certificação é mais eficaz na manutenção do sistema pois as auditorias periódicas garantem que as ações sejam mantidas ao longo do tempo. A implantação de um sistema não certificado acaba perdendo sua eficácia.

Pergunta do chat online: Qual o link do mapa interativo?

Resposta do Sr. Samuel Santos (Facto/PUC-Rio): A apresentação será disponibilizada no site do PotencializEE a partir das 14h do dia 21/11/2023 e dela consta o link do mapa interativo.

Concluída a fase de perguntas da segunda sessão do Seminário, foi feito o encerramento dos trabalhos pelo **Sr. Marco Schiewe**, Diretor de Projeto da GIZ e pelo **Sr. Gustavo Masili**, Diretor de Informações, Estudos e Eficiência Energética do MME.

O Sr. Marco Schiewe agradeceu a participação de todos e ressaltou a importância da eficiência energética na indústria para a descarbonização das indústrias, para a economia brasileira como um todo e também para o desenvolvimento sustentável, trazendo prosperidade para a sociedade, com base em boas práticas internacionais.

Juntando os resultados das duas sessões, tanto do estudo de melhorias do PEE/ANEEL quanto o de eficiência energética térmica, o impacto é uma economia financeira de 10 bilhões de reais e uma redução de emissões de gases de efeito-estufa de 4,5 milhões de



toneladas de CO₂ equivalente. O Programa PotencializEE pode ser um catalisador dessas medidas, como já tem sido visto na aplicação do programa em São Paulo.

O Sr. Gustavo Masili agradeceu a participação de todos e destacou que espera que as conclusões e recomendações dos estudos sejam amplamente divulgadas e utilizadas como base de futuras políticas de ações de eficiência energética da indústria.

Com o comprometimento de todos será possível construir um futuro mais sustentável e consciente do uso de recursos energéticos!.

Lista dos Participantes Presenciais

Lotação	Participante
Alex Kuwabara	n.d.
André Thomazoni	SENAI RS
Caroline Alvesde Lima	n.d.
Érica Guimarães	n.d.
Jefferson Afonso	n.d.
Julie Beatriz Ferreira	Ministério da Educação
Laercio Bernardes dos Reis	n.d.
Leonilson Cruz Lopes	n.d.
Marcello Figueiredo Silva	n.d.
Marcelo Maia	VA Engenharia
Marco Carvalho	n.d.
Mateus Almeida	n.d.
Mauricio Milhomem Gonçalves	3 E Soluções
Rennaly Sousa	CNI
RICARDO CHALEGRE	FIEPE
Rodrigo Hoffmann	CELESC
Vicente Bezerra	Não coletado
Bruno Augusto Cassiano	MME
Danielle Simões Guimarães	CNI
Fatima Ludovico	Facto Energy / PUC-Rio
Felipe Leite	Facto Energy / PUC-Rio
Glaucimara	GIZ
Gustavo Masili	MME
Isabella Rocha	Facto Energy / PUC-Rio
Joice Pereira	GIZ
Marco Schiewe	GIZ
Renato Ferreira	Facto Energy / PUC-Rio
Roberto Velásquez	Facto Energy / PUC-Rio
Samira Sana	MME



Samuel Silva	Facto Energy / PUC-Rio
Thiago Barral	MME
Recepcionista	MME
Vitor Wanderley Leitão	CNI / Yuppie
Henrique	CNI / Yuppie
Alexandra Maciel	MME (Ministério de Minas e Energia)
Alexandra Novgorodcpu	INMETRO
Central de atendimento	FIEDLER ENGENHARIA EIRELI
Claudia C. B. Guimarães	ENEL
Daniel da Silva Motta	CNI / SENAI
Danielle Assafin Vieira Souza Silva	INMETRO
Éverton Fleury Victorino Valle	CNI / FIEG
Ezio Musetti Neto	Solvay Group
Fabio Ferreira da Silva	EDP
Fábio Paiva Gomes	Gov. do RS
Felipe Fritz de Oliveira	CNI / FIEPE
Flavio Amaro da Silva	Megaenergia
Flavio Amaro da Silva	MEGAENERGIA Eng. e Consultoria Energética Ltda
Icoana L M Martins	Consultora Independente
Ingrid Maximiano	SGS
José Gabino Matias dos Santos	ABRADEE – GT Eficiência
Larissa Sanchez	GreenYellow
Luiz Antonio dos Santos Pinto	ABRASOL
Manfredo Gouvea Junior	FIESC
Marco Antonio Chagas	CNI / SENAI
Paulo Luciano de Carvalho	ANEEL
Paulo Roberto Reichelt	DSA Eficiência Energética Ltda
Rafael Salles	DISPARCO Indústria e Comércio Ltda
Ricardo Chalegre	CNI / FIEPE
Ricardo Formento	WEG S.A.
Rodolfo Pinheiro da Silva	CNI / SENAI
Rodrigo Aguiar Lopes	Ages Energia Solar
Ronaldo Lucas	CEMIG
Tamires Lima	Publikimagem (Grupo IKI)
Tayna Soares	Therma Ltda
Thiago Douglas Ribeiro Batista	CEMIG Distribuição
Thiago Peres de Oliveira	Energisa (MT)
Tiago	TFX Iluminação
Vinícius Giroldo Pereira	WVC Autel - Equipamentos Automotivos
Vitor Cestaro Randoli	COMGÁS
Alberto Fossa	ABNT



Davi Bomtempo	CNI
Gustavo Saboia Fontenele e Silva	MDIC
Jairo Coura	MCTI
Leonardo Caio Filho	COGEN

Apêndice 2 – Políticas Públicas para Eficiência Energética Térmica na Indústria

No segundo Apêndice, apresenta-se uma síntese das políticas públicas voltadas para eficiência energética térmica industrial, que foram propostas no Produto 3.

Apresentam-se, a seguir, as quatro políticas públicas de eficiência energética térmica na indústria, selecionadas por especialistas do setor.

Política de Treinamento e Educação

Identificação do Problema Regulatório

Nas PMEs industriais, existe uma carência de pessoas com capacidade de otimizar o desempenho energético de uma planta industrial. Essa capacidade refere-se a profissionais que possuam uma capacidade de integrar sistemas para infraestrutura elétrica, mecânica, de processo e, principalmente, térmica (onde se encontram as maiores oportunidades), e sejam capazes de propor soluções ótimas para reduzir o consumo de energia segundo uma abordagem econômica.

A grande maioria das empresas não conta com um especialista em energia, no melhor dos casos há um “Gerente de Utilidades”, que é responsável principalmente por questões administrativas e de infraestrutura. Os especialistas com alto nível de capacitação energética na indústria, quando presentes, se encontram nas empresas de grande porte, geralmente multinacionais, que já trazem uma cultura de eficiência da sua matriz. A maioria dos especialistas no Brasil tem capacidade de identificar MEE elétricas, existindo um gap de formação, que inibe a identificação das grandes oportunidades de EE térmica.

Essa situação pode ser atribuída a vários fatores:

- Ausência de políticas voltadas para capacitação profissional em EE térmica;
- As certificações internacionais em gestão energéticas têm alto custo, limitando a adesão por profissionais brasileiros;
- Na alta direção das PME industriais, há uma carência de conhecimento especializado sobre as oportunidades e benefícios que a eficiência energética proporciona, logo, não há total valorização de profissionais capacitados.

Identificação dos Atores

- Setor público: Ministério de Minas e Energia (MME); Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).
- Sistema S: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).
- Confederação Nacional da Indústria (CNI).



- Pequenas e médias empresas industriais.
- Instituições de ensino profissionalizante.
- Instituições de ensino superior.
- Profissionais do setor de energia (técnicos, engenheiros e gestores).
- Pesquisadores e desenvolvedores de tecnologias.
- Entidades certificadoras.

Definição dos Objetivos e Impactos Esperados

O objetivo fundamental da política de treinamento e educação é criar uma certificação de gestão energética nacional, financeiramente acessível, que permita a formação de líderes de equipe que ajudem a orientar, desenvolver e implementar as estratégias de gestão de energia térmica de suas organizações. Os profissionais certificados deverão ser reconhecidos como elementos chaves na indústria de energia e por empresas que buscam fortalecer sua posição competitiva.

Os objetivos-meio são: (i) aumentar a disponibilidade de profissionais capacitados na área de EE térmica; (ii) aumentar a disponibilidade de organismos nacionais certificadores; e (iii) definir órgãos certificadores.

Dentre os impactos esperados, destacam-se: (i) otimização de processos térmicos; (ii) adoção de tecnologias inovadoras; (iii) impulso à inovação na indústria nacional; (iv) redução de custos com energéticos especialmente fósseis; (v) aumento da competitividade das PMEs industriais; (vi) redução de emissões de GEE; (vii) contribuição com os compromissos nacionais (NDC); e (viii) aumento da empregabilidade dos profissionais especializados.

Estratégia para Implementação da Política

- Engajamento dos stakeholders;
- Criação de um certificado, similar ao CEM da AEE
- Definição dos órgãos certificadores;
- Capacitação dos multiplicadores;
- Definição dos requisitos dos candidatos;
- Definição das áreas do conhecimento e da carga horária da capacitação dos candidatos;
- Definição da frequência e modalidade da capacitação.

Obs: Os recursos serão oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural. Os cursos preparatórios para a certificação podem ter diferentes percentuais de subsídios, a depender de uma avaliação e da capacidade financeira do candidato.

Política de Gestão Energética Industrial

Identificação do Problema Regulatório

O problema regulatório identificado foi o de contribuir para políticas públicas, tais como a proposta do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), Plano Nacional de Energia (PNE 2050), Contribuição Nacionalmente Definida - Acordo de Paris (NDC). Na situação atual, observa-se uma baixa adesão pelas indústrias de sistemas de gestão energética. Segundo o ISO Survey, o Brasil tem apenas 82 certificados segundo a Norma ISO 50.001 e se encontra na 19ª posição em quantidade de certificados emitidos. Com relação à certificação segundo a Norma ISO 9001, são 16.268 empresas certificadas, sendo o país o 10º colocado em emissão de certificados.

Essa situação pode ser atribuída a vários fatores:

- Falta de suporte da alta administração;
- Barreiras organizacionais;
- Conhecimento limitado de eficiência energética;
- Percepção de risco técnico e operacional devido à falta de familiaridade com o tema;
- Alto custo para a empresa.

Identificação dos Atores

- Setor público: Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE).
- Sistema S: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).
- Setor privado: Consumidores de energia, fornecedores de combustíveis, fornecedores de eletricidade (distribuidoras, produtores, comercializadoras), entidades certificadoras, profissionais do setor de energia, pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia.
- ABNT: CB116.

Definição dos Objetivos e Impactos Esperados

O objetivo fundamental da política de gestão energética industrial é criar meios para incentivar as organizações a estabelecerem sistemas de gestão de energia. Os objetivos-meio associados a este objetivo são: (i) promover investimentos; (ii) aumentar a disponibilidade de organismos acreditadores para sistemas de gestão, conforme a Norma ISO 50.001; (iii) estabelecer índices de referência para os diversos segmentos industriais (*benchmarks*); (iv) propor incentivos fiscais para a compra de medidores e sistemas de gestão energética.

Dentre os impactos esperados, destacam-se: (i) redução de custos para as indústrias; (ii) redução do uso de recursos naturais; (iii) perenização dos ganhos energéticos; (iv) promoção da melhoria contínua nas operações industriais; (v) redução de emissões de



gases efeito estufa; (vi) aumento da resiliência das indústrias quanto à flutuação de preços de insumos energéticos; (vii) contribuição para atingimento de metas nacionais (NDC); e (viii) geração de empregos.

Estratégia para Implementação da Política

- Estabelecimento de campanhas de conscientização;
- Desenvolvimento de ferramentas digitais para implementação de sistemas de gestão energética;
- Estabelecimento de parcerias com SENAI e SEBRAE;
- Criação de incentivos fiscais para a compra de medidores e de sistemas de gestão energética;
- Campanhas de informação à população em geral para criar demanda que incentive as empresas a terem sistema de gestão energética (SGE).

Obs: Os recursos serão oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural.

Política de Inovação em EE Térmica na Indústria

Identificação do Problema Regulatório

Uma parte substancial do consumo de energia na indústria nacional está relacionada à geração de calor em processos, o que representa um grande potencial para melhorias na EE térmica. As oportunidades para PD&I em processos e produtos inovadores para melhoria da EE térmica concentram-se em dois tipos de equipamentos — fornos e caldeiras —, além de equipamentos complementares de recuperação de energia térmica.

Por outro lado, a intensidade dos gastos em atividades de PD&I no setor industrial brasileiro vem caindo nos últimos anos. Os dados da última Pesquisa de Inovação (Pintec), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostraram que os dispêndios das indústrias no Brasil em P&D em termos de porcentagem do faturamento caíram de 2,37% em 2011 para 1,65% em 2017.

No Brasil, existem três principais formas gerais de fomento à Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I): apoio financeiro indireto, apoio financeiro direto e outras formas de apoio. Devido às limitações fiscais, o braço de recursos públicos disponíveis para o fomento à CT&I não apresenta o mesmo potencial existente no setor privado, fato particularmente relevante em um país em desenvolvimento, como o Brasil.

Nesse contexto, a natureza do problema regulatório relaciona-se aos itens “Contribuir para objetivos de políticas públicas” e “Falha no mercado”, apresentados no Quadro 1 das Diretrizes Gerais e Guia Orientativo para Elaboração de AIR.

O primeiro item refere-se à inexistência de mecanismos regulatórios indutores do desenvolvimento de projetos de PD&I e da difusão de tecnologias inovadoras de EE térmica



na indústria, havendo, portanto, a oportunidade de contribuição para objetivos de políticas públicas, especialmente de CT&I, tendo a EE térmica na indústria como um de seus temas estratégicos.

Em relação ao segundo item, o mercado por si só não tem se mostrado capaz de atingir resultados econômicos e ambientais eficientes, provocando alocações subótimas de recursos e impedindo o alcance dos benefícios decorrentes da implantação de inovações de EE térmica nos mais diversos segmentos industriais. A falha no mercado pode ser explicada em parte pelo fato do processo de geração e implantação de inovações para melhoria da EE térmica no setor industrial envolver um risco significativo associado às incertezas da viabilidade tecnológica ou de mercado, até viabilizar sua comercialização (inovação de produto) ou incorporação de mudanças nos processos produtivos (inovação de processo).

Identificação dos Atores

- Setor público: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA); Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Confederação Nacional da Indústria (CNI) e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI);
- Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs);
- Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII);
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE);
- Programa de Conservação de Energia Elétrica (Procel);
- Programa para o Uso Eficiente dos Combustíveis.

Definição dos objetivos e impactos esperados

O objetivo fundamental da política de inovação é alocar adequadamente recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, aplicabilidade, relevância e a viabilidade econômica de inovações de processo e produto para melhoria da EE térmica e a recuperação de calor em processos industriais.

Para atingimento deste objetivo, definem-se os seguintes objetivos-meio:

- Estabelecer os percentuais dos recursos oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural para projetos de P&D de tecnologias de processo ou de produto voltadas para a melhoria da EE térmica nas empresas consumidoras, de acordo com a modalidade de contrato;
- Estabelecer um percentual fixo de recursos a serem investidos em projetos de PD&I de empresas da cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural no âmbito do Programa, que estejam com nível da escala Technology Readiness Level (TRL) superior a seis;



- Incluir EE térmica na indústria como tema estratégico e credenciar ICTs para executarem projetos de PD&I neste tema, de acordo com o modelo de operação da Embrapii;
- Prospectar e identificar oportunidades de PD&I nas operações industriais das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores, nas quais os resultados dos projetos de P&D possam ser aplicados efetivamente para melhoria na EE térmica, recuperação de calor e redução de emissões de GEE;
- Realizar estudos e análises de tecnologias existentes e inovações de processo ou produto relacionadas à EE térmica e recuperação de calor para determinar sua aplicabilidade e relevância nas empresas das cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores;
- Garantir que as inovações propostas estejam em conformidade com as normas e regulamentos aplicáveis, promovendo aderência às práticas sustentáveis e de EE térmica;
- Estruturar e implantar um sistema de monitoramento baseado na teoria da mudança e no modelo lógico do Programa, para avaliar continuamente o desempenho das inovações implantadas, fazendo ajustes e melhorias conforme necessário para garantir a eficiência e eficácia do Programa ao longo do tempo;
- Compartilhar os resultados e as lições aprendidas com empresas dos diversos segmentos industriais, incentivando a disseminação de boas práticas e contribuindo para a ampliação do conhecimento sobre EE térmica e recuperação de calor nas cadeias produtivas do setor de petróleo e gás natural e outros setores industriais.

Os impactos esperados são: (i) redução dos custos de energia; (ii) economia de recursos naturais; (iii) redução das emissões de GEE; (iv) melhoria da sustentabilidade nas indústrias; (v) cumprimento da meta de redução de emissões de GEE contida na NDC brasileira; (vi) inovação tecnológica e desenvolvimento de competências; (vii) aumento da produtividade; (viii) resiliência a flutuações de preços de energia; (ix) geração de empregos; (x) estímulo à inovação e competitividade global.

Estratégia para Implementação da Política

- Criar uma estrutura de governança clara para monitorar e gerenciar a implementação do Programa de PD&I em EE Térmica na Indústria, com responsabilidades bem definidas
- Estruturar a teoria da mudança e o modelo lógico do Programa para cumprimento de seu objetivo fundamental;
- Estabelecer metas claras e mensuráveis, alinhadas com os objetivos de PD&I em eficiência energética térmica;
- Definir critérios para seleção de projetos de PD&I alinhados com as metas estabelecidas;
- Distribuir os recursos disponíveis de maneira eficiente;
- Buscar parcerias com ICTs, em particular as credenciadas pela EMBRAPII;
- Compartilhar os resultados dos projetos de PD&I de forma ampla e eficaz;



- Propor incentivos e estratégias de comunicação que motivem as indústrias a adotar as inovações

Obs: Os recursos serão oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural (recursos não reembolsáveis) ou com coparticipação conforme previsto no modelo EMPRAPII.

Política de Cogeração e Recuperação de Calor

Identificação do Problema Regulatório

Ausência de abordagem técnica-econômica eficaz, que contribua com as metas de eficiência energética estabelecidas em planos governamentais e acordos internacionais. Em relação à recuperação de rejeito térmico, falta de regulamentação específica e diretrizes claras, bem como a ausência de incentivos financeiros e fiscais, que comprometem a viabilidade econômica e a adoção em larga escala dessas tecnologias

Atualmente, observa-se baixa implementação de projetos de cogeração em relação ao potencial identificado. Há aquisição frequente de equipamentos (fornos e caldeiras) por indústrias, porém sem a incorporação de dispositivos de recuperação de calor.

Essa situação pode ser atribuída a vários fatores:

- Falta de regulamentação específica;
- Ausência de incentivos financeiros;
- Baixa conscientização sobre os benefícios da cogeração;
- Barreiras financeiras para a aquisição de equipamentos eficientes; e
- Visão de curto prazo em relação aos investimentos industriais.

Identificação dos Atores

- Setor público: Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA);
- Indústrias;
- Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN);
- Setor financeiro (bancos e instituições de investimento);
- Consumidores de energia;
- Comunidades próximas às indústrias;
- Sociedade;
- Pesquisadores e desenvolvedores de tecnologias.

Definição dos Objetivos e Impactos Esperados

O objetivo fundamental da política de cogeração e recuperação de calor é incentivar a adoção de tecnologias de cogeração distribuída e recuperação de calor residual,



promovendo a eficiência energética em pequenas indústrias em todo o território nacional. Para alcance deste objetivo, definem-se os seguintes objetivos-meio:

- Desenvolver uma política de incentivo sustentável;
- Implementar regulamentações sobre recuperação de calor industrial: este objetivo visa criar normas e procedimentos regulatórios que tornem obrigatória a aquisição de equipamentos de recuperação de calor em fornos e caldeiras, garantindo uma abordagem mais eficiente na utilização de recursos térmicos;
- Facilitar Investimentos em cogeração distribuída e recuperação de calor.

Os impactos esperados são: (i) redução de custos; (ii) aumento da competitividade industrial; (iii) desenvolvimento de uma indústria de equipamentos eficientes; (iv) redução de emissões de gases efeito estufa; (v) desenvolvimento tecnológico e inovação; (vi) fortalecimento da resiliência energética; e (vii) contribuição para metas de políticas energéticas e ambientais.

Estratégia para Implementação da Política

- Engajamento dos stakeholders: atores responsáveis;
- Elaboração da nova regulamentação: ANP e ANEEL;
- Subsídios financeiros, tarifas diferenciadas, incentivos fiscais: ME, Bancos (especialmente o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES));
- Análise de Impacto Regulatório e econômico: MME, ME, MDIC e MMA;
- Parcerias internacionais: MME, MDIC e MMA;
- Implementação e monitoramento: ANP e ANEEL;
- Comunicação e conscientização: MME e COGEN; e
- Revisão periódica: MME, MDIC, MMA, ANEEL, ANP e sociedade civil. Obs: Os recursos serão oriundos da cláusula de PD&I dos contratos das concessionárias do setor de petróleo e gás natural (recursos não reembolsáveis) ou com coparticipação conforme previsto no modelo EMPRAPII.

Obs.: Os recursos serão oriundos de programas de financiamento específicos (via BNDES) para cogeração distribuída com taxas de juros reduzidas e incentivos fiscais.





PotencializEE
Programa Investimentos Transformadores
em Eficiência Energética na Indústria

REALIZAÇÃO

.....



APOIO FINANCEIRO

.....



on the basis of a decision
by the German Bundestag

