

RESOLUÇÃO CNPE 8/2024

Propostas para incentivo à descarbonização das atividades de E&P de petróleo e gás natural

Cenários de Descarbonização do E&P: Metodologia

Rio de Janeiro, RJ – Março de 2025

E&P/SPG/DPG



SOBRE A EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA



Empresa pública federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia



Desenvolvemos estudos e estatísticas energéticas para subsidiar a formulação, implementação e avaliação da política energética nacional.

VALOR PÚBLICO



A EPE realiza estudos e pesquisas para subsidiar a formulação, implementação e avaliação da política e do planejamento energético brasileiro. Neste sentido, considerando diretrizes estabelecidas pela Resolução n.º 8/2024 do Conselho Nacional De Política Energética (CNPE), este Caderno analisa as oportunidades e desafios da descarbonização das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil.

Com esse estudo, a EPE traz transparência e reduz a assimetria de informação por meio da apresentação de dados e fatos que podem auxiliar os debates acerca dos esforços de transição energética no Brasil.

Bem como, fomenta as discussões sobre os caminhos para a descarbonização das atividades de exploração e produção do setor de O&G e seu papel em um futuro de baixo carbono.

AVISO



As informações fornecidas nesta publicação refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Contudo, o conteúdo exposto envolve uma gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados e as análises aqui contidas devem ser usados para fins de referência, não sendo garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional. Logo, quaisquer decisões de encaminhamento (como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou estratégias de negócio) dependem de outras instituições públicas e privadas.

A EPE se exime de qualquer responsabilidade por ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por agentes econômicos ou qualquer pessoa com base nas informações contidas neste documento.

ÍNDICE



CONTEXTUALIZAÇÃO



METODOLOGIA



RESULTADOS



CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONTEXTUALIZAÇÃO



AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

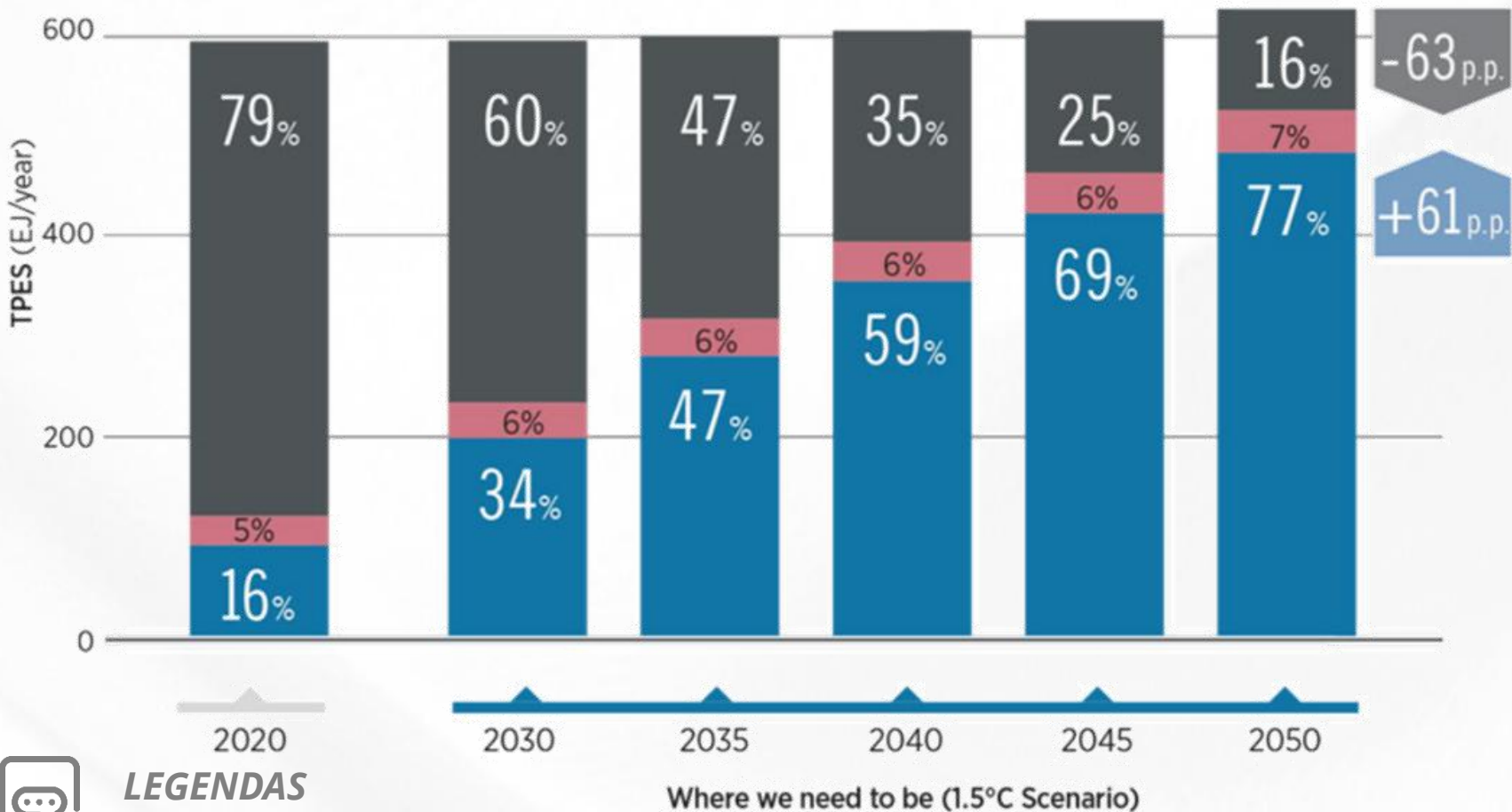


Nos últimos séculos, com a Revolução Industrial, os **combustíveis fósseis** foram a **base do sistema energético global**, do desenvolvimento econômico e do estilo de vida da sociedade. Além de terem moldado o cenário geopolítico atual, tiveram um **grande impacto na riqueza e na segurança das nações**.¹ Contudo, sua utilização em larga escala causou um desequilíbrio no ecossistema do planeta com **efeitos colaterais**, como o **aquecimento global** e o **aumento do nível dos oceanos**, em um contexto de **mudanças climáticas**.



As mudanças climáticas exigem que seja feita uma **transição energética** para uma **economia de baixo carbono**, a fim de **reduzir o impacto ambiental**. Essa transição engloba não só o aumento da eficiência energética, mas também a **substituição de fontes de energia de alto teor de carbono por alternativas de menor emissão**, impulsionando a **redução do uso de combustíveis fósseis** em favor das energias renováveis e da eletrificação.

Oferta Global de Energia primária atual e necessária no cenário 1,5°C²



O gráfico apresenta a quantia total de energia produzida e consumida no mundo em 2020, incluindo todas as fontes usadas na produção de energia elétrica, transporte, aquecimento de prédios e casas e nos processos industriais. Além disso, indica como esta participação deverá ser nos próximos anos para alcançarmos a meta de limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C dos níveis pré-industriais.

- TPES = Total primary energy supply ou Oferta Global de Energia Primária.
- Renováveis = hidrelétrica, solar, eólica, geotérmica, biomassa e dos oceanos.

¹ EPE, 2021. Caderno Especial: Ciclo de Debates com Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP sobre Transição Energética. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-especial-ciclo-de-debates-com-instituto-brasileiro-de-petroleo-e-gas-ibp-sobre-transicao-energetica>.

² IRENA, 2024. World Energy Transitions Outlook. Disponível em <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>. Acesso em 27 jun 24.

PETRÓLEO EM UM FUTURO DE BAIXO CARBONO

Demandas por óleo e gás natural, em diferentes cenários, até 2050 segundo IEA (2023)²



Mas neste futuro de baixo carbono, qual será o papel do petróleo?

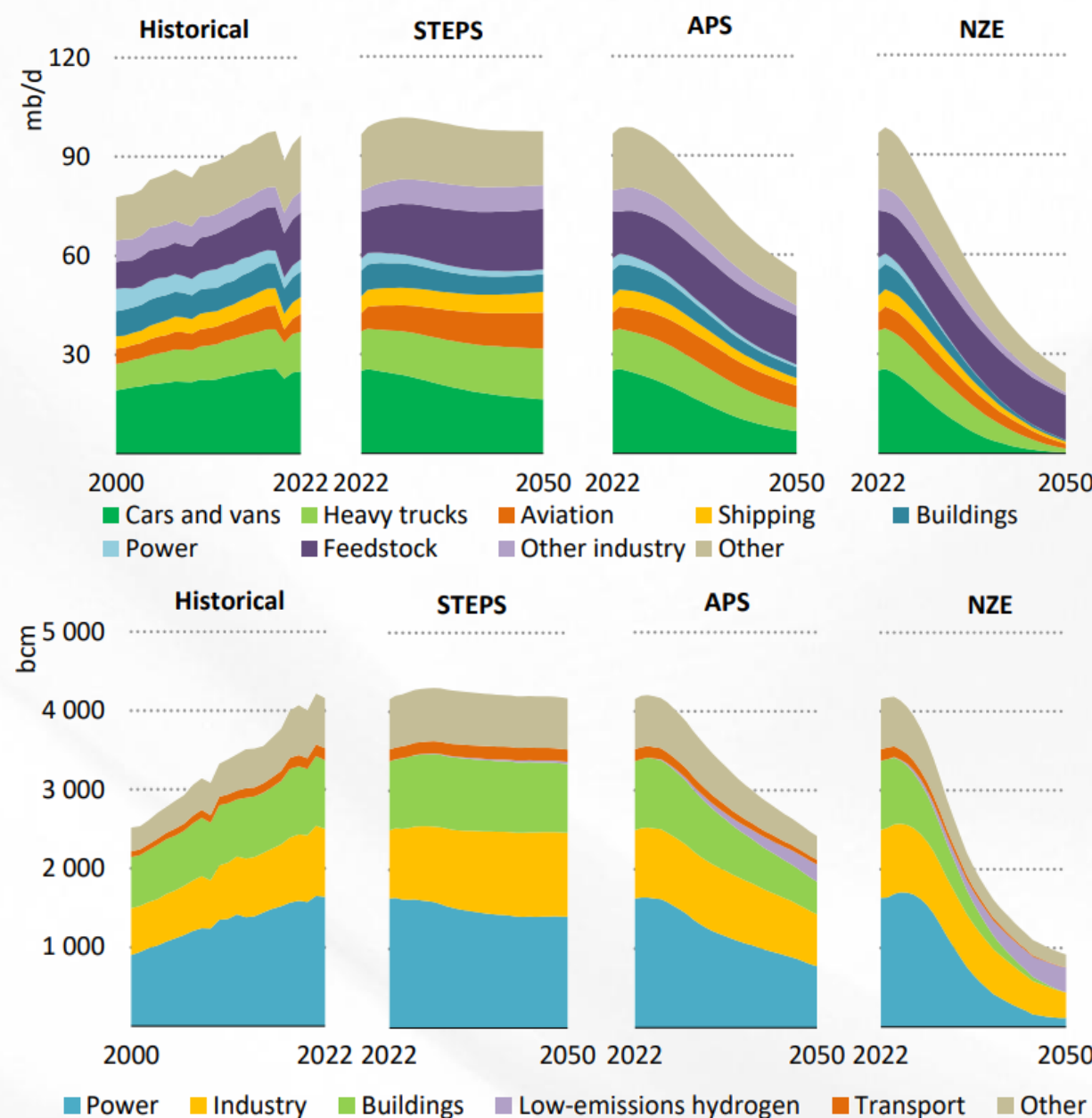
Mesmo no **cenário mais ambicioso** em termos de redução das emissões - como o NZE da IEA - **a indústria de O&G segue suprindo parte da demanda por energia** até o horizonte de 2050, com destaque para a atuação do gás natural nos setores de transportes e industrial (principalmente química e cimento)¹.



A perspectiva é de que haja uma **queda na demanda por petróleo e o gás natural** em meio ao **crescimento das fontes alternativas**, compondo uma nova matriz energética com **menor intensidade de carbono**. Ainda assim, indústria de O&G continuará sendo importante no suprimento de **setores de difícil abatimento**, nos quais a **substituição completa** dos energéticos utilizados nos seus processos produtivos é desafiadora, tanto por questões tecnológicas quanto econômicas (Ex: **petroquímica**)².

ÓLEO

GÁS NATURAL



LEGENDAS

mb/d = Milhões de barris por dia

bcm = Bilhões de m³ por dia

STEPS (*Stated Policies Scenario*)= Cenário de Políticas Declaradas, considera o que os governos estão realmente fazendo e não o que pretendem alcançar.

APS (*Announced Pledges Scenario*) = Cenário de compromissos anunciados, considera o cumprimento das promessas dos governos, empresas e organizações.

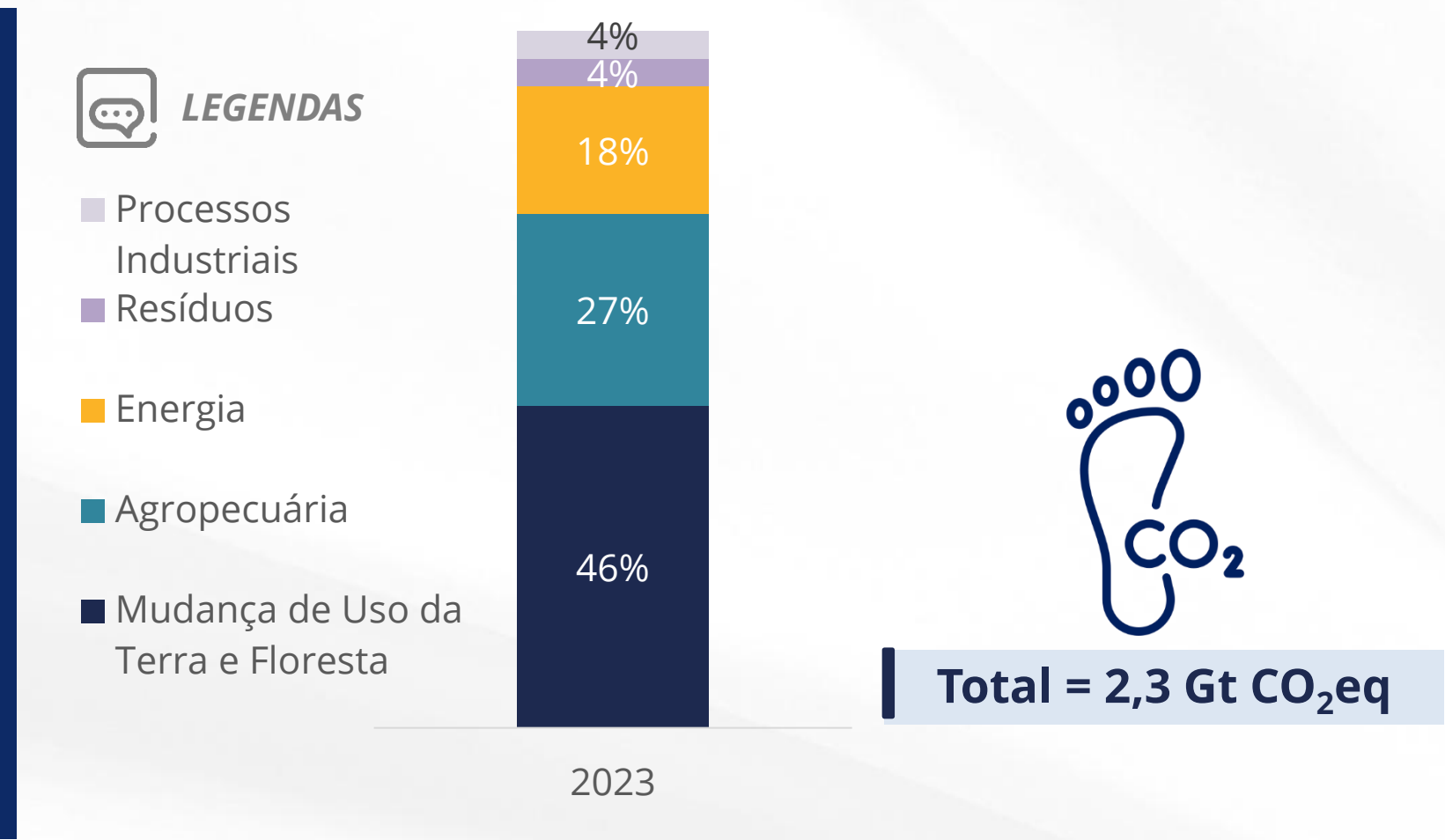
NZE (*Net Zero Emissions by 2050 Scenario*) = Cenário de emissões líquidas zero até 2050, contempla o sucesso do alcance das emissões líquidas nulas de CO₂ até 2050, por todo o setor energético, sem compensações de medidas de uso da terra.

¹ IEA. 2023. Energy Technology Perspectives 2023. Disponível em <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf>.

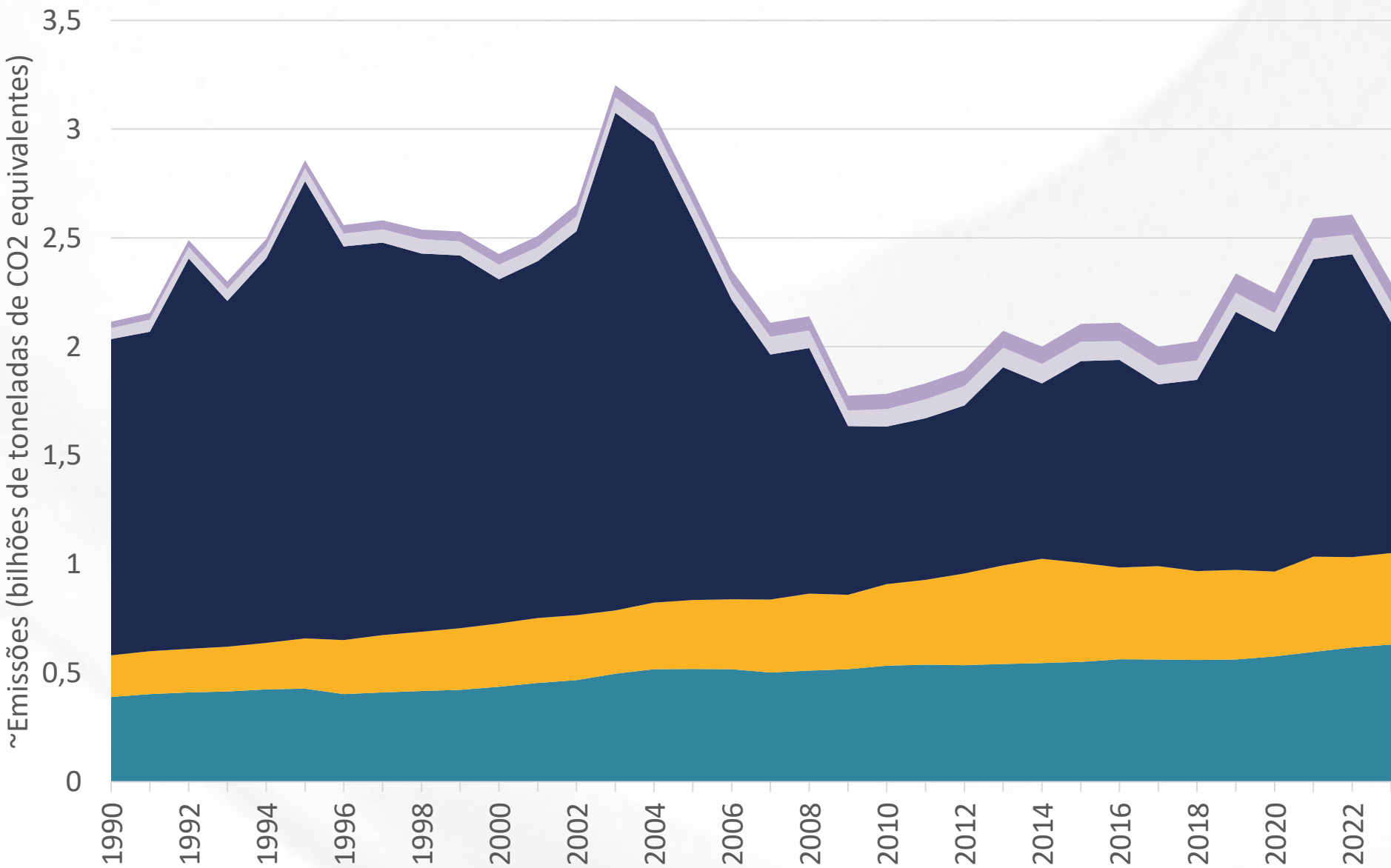
² IEA. 2023. The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions. Disponível em <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-net-zero-transitions#downloads>.

PERFIL DE EMISSÕES BRASILEIRO

Emissões do Brasil por setor¹



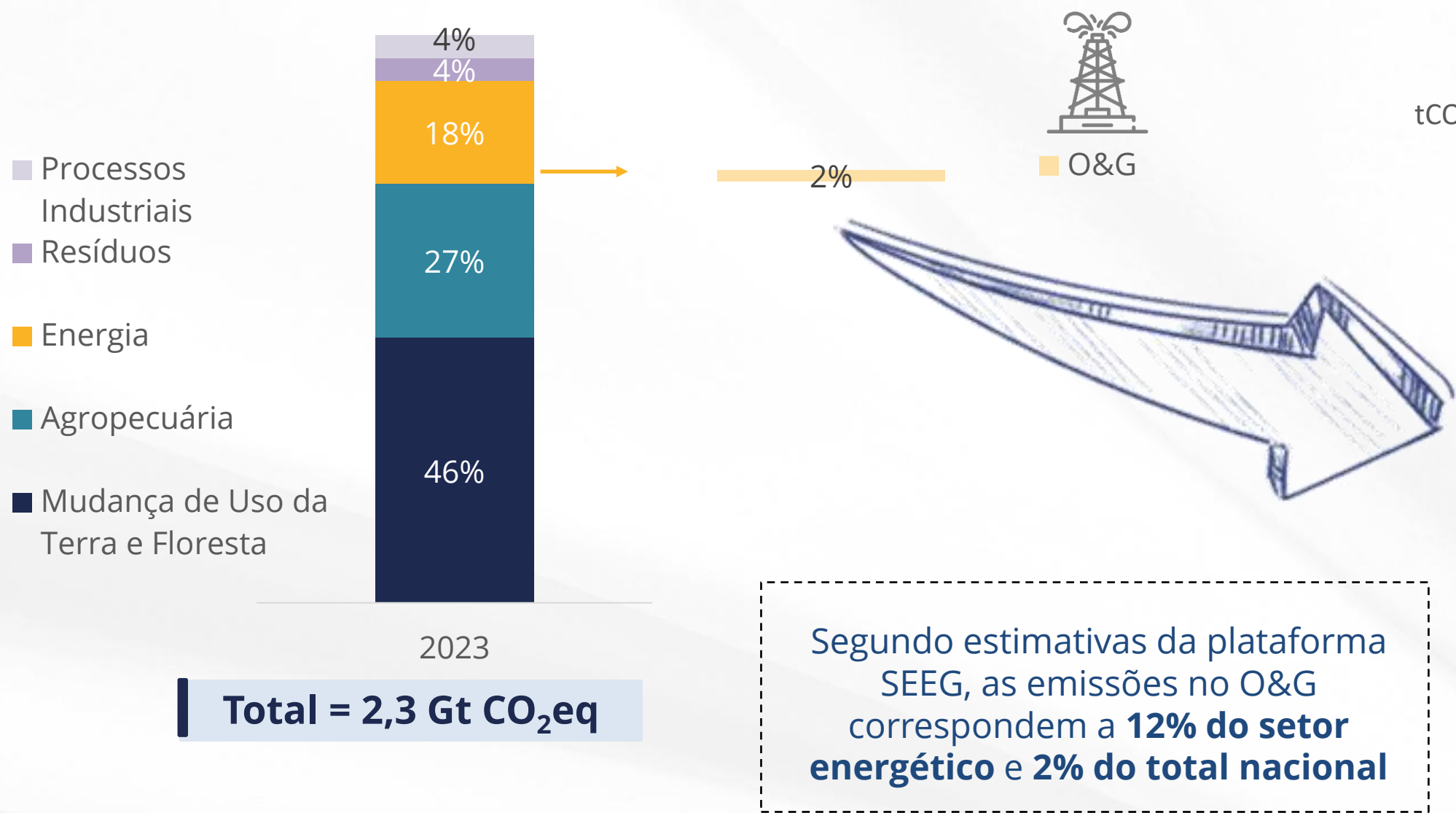
Emissões Totais do Brasil em toneladas de CO₂ equivalente (1990-2023)¹



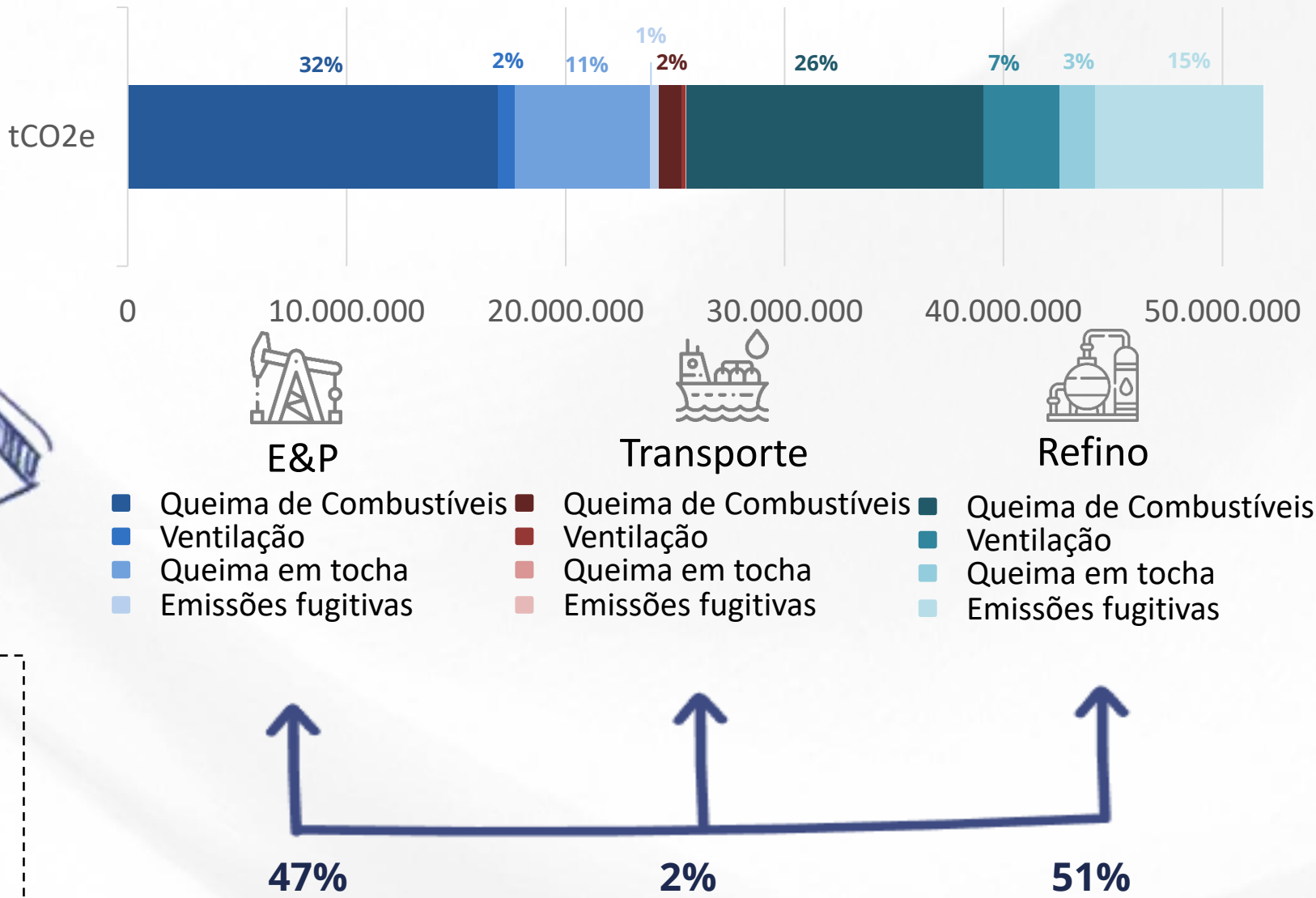
¹ Fonte: SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima. Disponível em: www.seeg.eco.br

EMISSIONS DE GEE DO SETOR DE O&G BRASILEIRO

Emissões do Brasil por setor ¹



Emissões do setor de O&G do Brasil em 2023 ¹



¹ Fonte: SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima. Emissões do Setor de Energia. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>

POR QUE DESCARBONIZAR A INDÚSTRIA DE O&G BRASILEIRA?



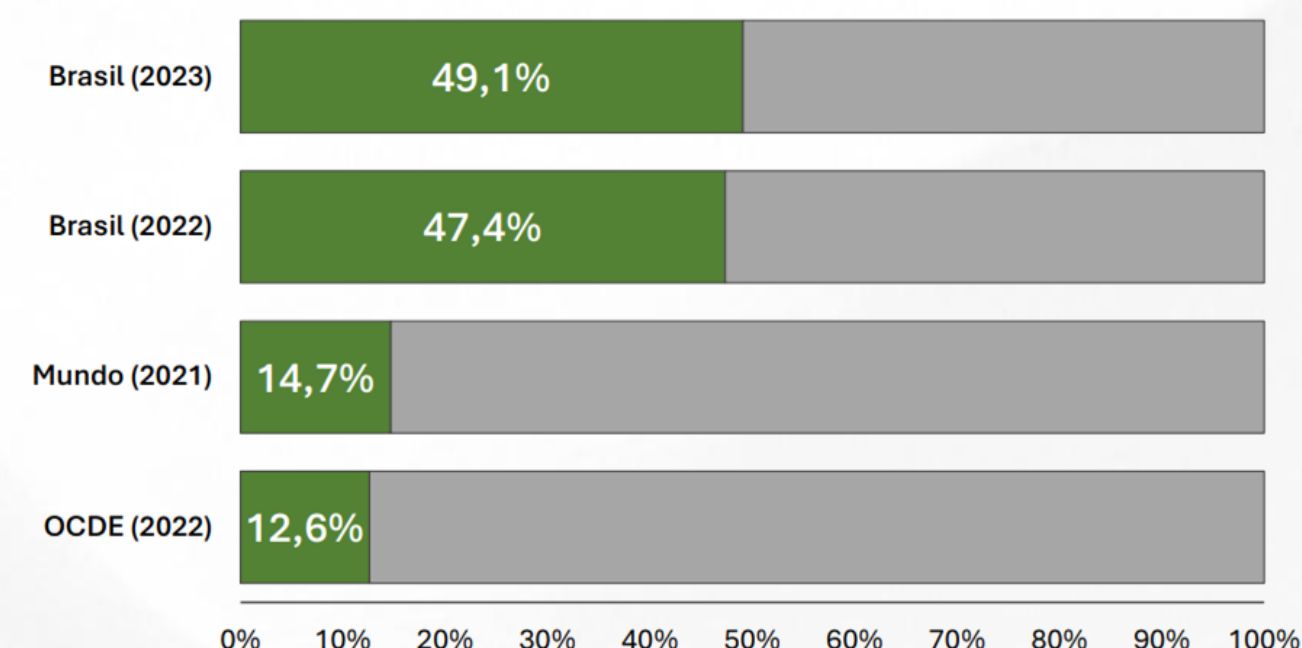
O Brasil é o **6º maior emissor do mundo**, concentrando **2,57% das emissões mundiais** em 2022.¹ Porém, o perfil de emissões brasileiro é bastante peculiar. Enquanto nas 10 maiores economias do planeta os setores de energia e industrial são os maiores emissores, no Brasil os setores de **agricultura, floresta e outros usos da terra** (AFOLU, no acrônimo em inglês) são responsáveis por **cerca de 75% das emissões**.



Assim, descarbonizar o **setor de energia brasileiro**, que já tem **forte participação de renováveis**, em especial a exploração e produção de petróleo (E&P), pode não impactar tanto as **metas de emissão brasileiras**.

Contudo, considerando-se que, mesmo que reduzida, ainda **existirá demanda de petróleo no futuro**, o **setor de óleo e gás** também deve almejar reduzir sua **intensidade de carbono**, visto que há sinais que este fator será um **agregador de valor** no mercado de commodities.³

Participação das Fontes Renováveis na Oferta Interna de Energia²



LEGENDAS

Renováveis

Não Renováveis

¹ Climate Trace. Disponível em https://climatetrace.org/inventory?year_from=2022&year_to=2022&gas=co2e100. Acesso em 21 jun 24.

² EPE. 2024. Balanço Energético Nacional : Relatório Síntese 2024. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf.

³ WEF. 2024. Carbon intensity: This overlooked metric is key to the green transition. Disponível em <https://www.weforum.org/agenda/2024/02/carbon-intensity-a-key-and-overlooked-metric-for-the-climate-transition/>.

RESOLUÇÃO CNPE Nº 8, DE 26 DE AGOSTO DE 2024

Estabelece diretrizes para promoção da descarbonização das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural

“Art. 3º A EPE deverá (...) propor a adoção de medidas de incentivo à descarbonização das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural, apresentando (...) **estudo contendo cenários de descarbonização** e os impactos associados às medidas propostas...”

Prazo de 180 (cento e oitenta) dias



Sumário Executivo

Um resumo dos principais resultados.

Fact Sheet

Síntese do contexto e das medidas propostas com linguagem acessível e visual ilustrativo.

Relatório Final

Documento principal que consolida todas as discussões e análises do estudo.

Caderno

Versão objetiva com foco na metodologia utilizada na construção dos cenários.



¹ DESPACHO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA - DESPACHO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA - DOU - Imprensa Nacional

METODOLOGIA



METODOLOGIA



PREMISSAS E LÓGICA DO MODELO¹

- Modelo com **integração de fatores** com abordagem **top-down**:
 - Correlaciona a **demanda energética** e a **curva de produção da EPE** com as **emissões históricas do setor**, refinando por meio de ajustes *ad-hoc*²;
 - **Curva de produção do PDE 2034**;
 - Emissões **diretas** por **atividade**;
- Identificação das **principais medidas de mitigação de GEE**:
 - **Matriz de esforço**: classificação das medidas de mitigação segundo o seu **potencial de mitigação** e o **nível de esforço** demandado para sua aplicação.
- Criação de **cenários de médio-prazo (até 2037) de redução de emissões** a partir da **aplicação de medidas de mitigação de GEE**:
 - **Cenário base**;
 - Cenários de **baixo, médio e alto esforço**;
 - **Análise de sensibilidade de cenários**;



INTERLOCUÇÃO COM *STAKEHOLDERS*

- **Interlocução com diversos *stakeholders*** do setor, transformando os resultados numéricos em ações do dia a dia do setor



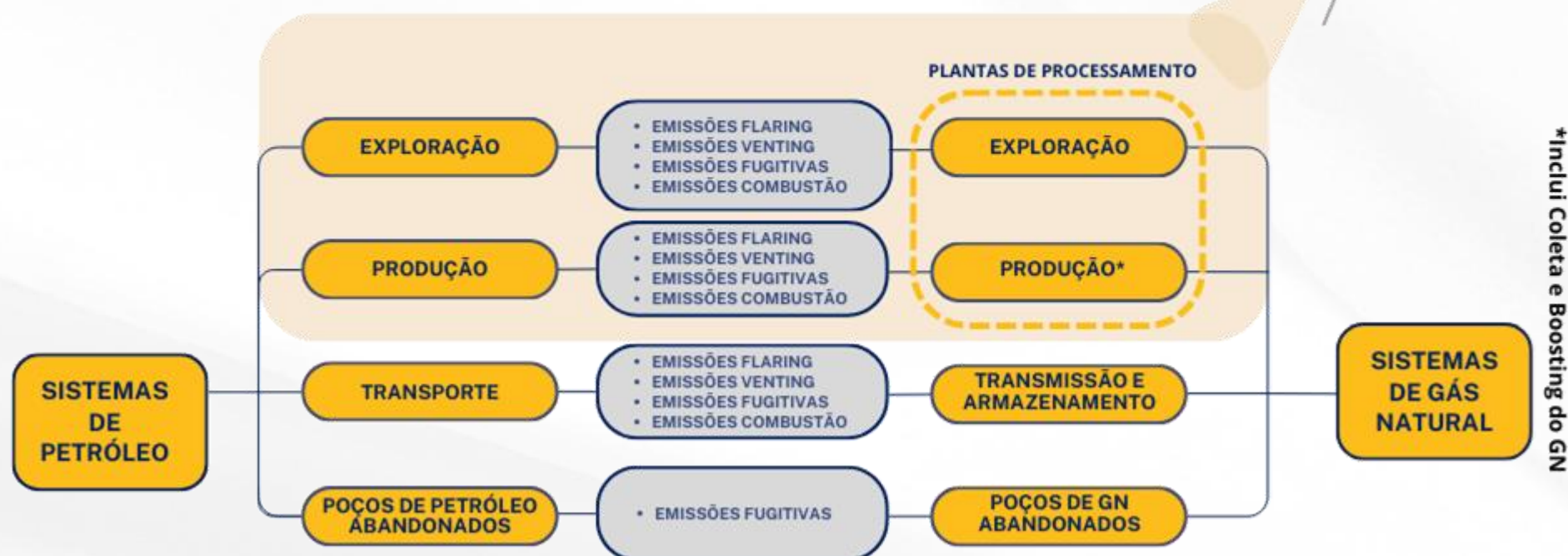
¹ Para esta primeira versão da avaliação das alternativas para descarbonização E&P, utilizou-se o modelo desenvolvido em 2022 pela Green Domus, consultoria vencedora do pregão para o desenvolvimento da modelagem da estimativa do potencial de redução de emissões de GEE em atividades de E&P de petróleo e gás natural, e dos aspectos envolvidos.

² Ajustes introduzidos pelo analista para adequar o modelo à observação do histórico de emissões, necessário devido às mudanças no perfil de produção de petróleo brasileiro e à evolução tecnológica registrada nos últimos anos.

ESCOPO DO MODELO

RESOLUÇÃO
CNPE
N.º 8/2024

ABRANGÊNCIA DO MODELO



* Para cumprir a demanda da Resolução n.º8/2024 do CNPE foram utilizadas nos cenários somente as áreas destacadas.

▪ O modelo engloba:

- Sistemas de petróleo e de gás natural
- Diferentes etapas do processo produtivo:
 - E&P
 - Poços abandonados
 - Transporte
 - Transporte marítimo

▪ Emissões de *flaring*, *venting*, combustão e fugitivas

Para calcular **estimativas nacionais** e globais de emissões, geralmente só se considera **as emissões diretas**. Isso significa que as emissões provenientes de fontes controladas diretamente pelo setor e/ou empresas são as principais medidas para essas avaliações. No entanto, as emissões dos **Escopos 2 e 3 em inventários corporativos, que são indiretas e de cadeias de suprimento, também são cruciais** para objetivos climáticos empresariais, embora não sejam sempre contabilizadas em cálculos mais amplos.

FONTES DE EMISSÃO DO SEGMENTO DE E&P

EMISSIONES DE COMBUSTÃO

As tecnologias que buscam reduzir as emissões por combustão irão focar na eficiência operacional e na redução do consumo de energia na produção. Destaca-se o uso de turbinas mais eficientes (Ciclo Combinado) e a eletrificação das unidades de produção.

EMISSIONES DE VENTING

A ventilação de gás é a liberação controlada de gás produzido para descarte ou por segurança operacional. Para minimizar estas emissões, podem ser instaladas unidades de recuperação de vapor ou sistemas de recuperação de gás que agem retornando este gás para o fluxo usual de processamento.

EMISSIONES DE TOCHA

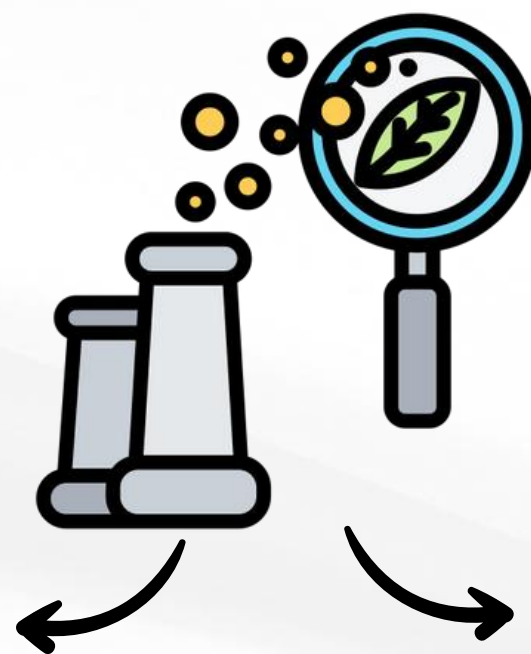
Para reduzir as emissões de tocha, deve-se focar em equipamentos e soluções de projeto que garantam destinação ao gás associado produzido. Como opções para a diminuição da queima, sublinha-se o uso do gás para geração elétrica local, a reinjeção e a monetização do mesmo.

EMISSIONES FUGITIVAS

A redução das emissões fugitivas passa pela prevenção de vazamentos e pela rápida detecção e reparo no caso de eventual fuga de gás. Ressalta-se a substituição de válvulas e outros equipamentos mais propensos a vazamento e campanhas contínuas de inspeção.

FONTES DE EMISSÃO

E SUAS RESPECTIVAS TECNOLOGIAS DE MITIGAÇÃO



A partir da identificação das **principais atividades e fontes emissoras** no segmento de E&P, foram mapeadas tecnologias de mitigação aplicáveis e escolhidas **19 opções** para compor o **modelo da EPE**.

Todas as **quatro fontes de emissão** citadas contam com ao menos duas alternativas de mitigação com **diferentes esforços técnicos e econômicos** e **variados potenciais de redução**, visando assim garantir ao modelo uma maior adaptabilidade.

Como muitas atuam nos mesmos grupos de emissões e/ou equipamentos, elas podem ser **parcial ou mutuamente excludentes**.

MATRIZ DE ESFORÇO DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO MAPEADAS

Visando capturar de maneira uniforme os diferentes esforços demandados na implementação de cada medida mapeada, optou-se por um índice de esforço normalizado. Para calcular o índice de esforço normalizado, que varia de 0 a 1, os valores dos critérios C1 e C2 foram somados e divididos pelo valor máximo de esforço. O critério 1, quando não disponível, foi calculado através da média simples dos outros três critérios indicados (C3, C4 e C5).



ORDENAMENTO DAS TECNOLOGIAS POR NÍVEL DE ESFORÇO

A **reinjeção**, em reservatórios geológicos, do **CO₂** removido do gás natural contribui para tornar comercial o óleo até então rico neste gás, **aumenta o fator de recuperação do campo** - ampliando a produção de óleo - e permite a **rápida redução** da **emissão** do **CO₂** associado à atividade. Trata-se de uma **tecnologia amplamente difundida e executada**, principalmente no pré-sal brasileiro. A **separação** do **CO₂** **pode ser um processo caro**, bem como a **perfuração de poços** específicos, principalmente em reservatórios mais profundos, todavia os ganhos gerados pelo **aumento da produção** e da **remoção do CO₂** que seria **emitido para a atmosfera** tornam a medida viável economicamente em muitos casos.

Trata-se da **instalação de compressores** que capturam as emissões provenientes da volatilização de compostos carbônicos que seria ventilado, **retornando o gás capturado ao sistema** ou aproveitando como combustível. Tem **maturidade tecnológica** e **custo marginal negativo** devido ao gás recuperado.

Consiste em **utilizar ar comprimido** ao invés do gás natural na propulsão dos dispositivos pneumáticos. A medida **proporciona um VPL positivo** ao contabilizar a receita advinda da monetização do gás natural recuperado que seria liberado.

LDAR (*Leak Detection and Repair*) consiste na **identificação e reparo de vazamentos de metano**. De **aplicabilidade imediata**, a medida é **economicamente vantajosa**, pois o gás recuperado gera retorno financeiro.

Inspeção e Manutenção (LDAR)

Queima Zero de Rotina

Substituição de Sistemas movidos a GN por ar pressurizado

Instalação de Unidades VRU

Reinjeção de CO₂ decorrente do processamento do GN

All Electric

Turbinas de Ciclo Combinado

Eletrificação via grid

Consiste na **conexão** da unidade produtiva **ao grid** de energia elétrica, **reduzindo o uso de combustíveis fósseis**. Apesar do grande potencial de redução devido à renovabilidade da matriz elétrica brasileira, a implementação enfrenta **barreiras técnicas**, principalmente em **plataformas offshore** distantes da costa, com custos de transmissão elevados e necessidade de investimentos em inovação.

Sistemas de recuperação de calor acoplados aos geradores convencionais (ciclo aberto) utilizados no processo de extração de petróleo. Utilizam o calor residual para gerar vapor, alimentando uma **turbina adicional** (ciclo combinado) e aumentando a eficiência do sistema. A medida tem **desafios técnicos** para adoção em ativos já em operação, **podendo exigir retrofit da unidade**, além de demandar altos investimentos.

Eletrificação da planta com geração centralizada de energia em uma usina termelétrica a gás natural, reduzindo o **consumo de combustíveis fósseis** pelo aumento da eficiência. Exige investimentos para eletrificação dos equipamentos e suprimento de energia, mas já há exemplos de aplicações bem sucedidas no Brasil.

A **eliminação da queima de rotina** é considerada uma **prioridade** devido ao impacto financeiro e ambiental do **desperdício de gás natural**. A adoção dessas estratégias pode resultar em **custo marginal de abatimento negativo**, principalmente quando o gás é monetizado. As dificuldades de implementação são principalmente a **existência de infraestrutura para o escoamento do gás**.

ESFORÇO

MEDIDAS MAPEADAS PARA O SEGMENTO DE E&P

ESTRUTURA GERAL

Total de medidas possíveis **08**

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

☐

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

☐

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

☐

uso local para a geração de eletricidade

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

☐

monetização em grande escala

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

☐

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

☐

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo
02

☐

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐

Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo
03

☐

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☐

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

MEDIDAS MAPEADAS PARA O SEGMENTO DE E&P

ESTRUTURA GERAL



Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

- ☐ Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- ☐ Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável



Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

- ☐ Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural
- Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:
 - ☐ uso local para a geração de eletricidade
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido
 - ☐ monetização em grande escala
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito
- ☐ Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%



Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

- ☐ Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos
- ☐ Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas



Parcialmente excludentes: emissões de venting

Os **Grupos Excludentes** possuem medidas que atuam na mesma tecnologia ou fonte de emissão. Isso significa que somente uma medida de cada grupo pode ser implementada ao mesmo tempo, pois elas são mutuamente excludentes.



Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

MEDIDAS MAPEADAS PARA O SEGMENTO DE E&P

ESTRUTURA GERAL

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)

Eletrificação

Eletrificação

Máximo

01

Grupo Não Excludente

Garantia

Garantia

uso local para a geração de eletricidade

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

monetização em grande escala

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

Máximo

01

Já o **Grupo Não Excludente** inclui medidas que podem ser implementadas simultaneamente, por atuarem em tecnologias ou fontes de emissão distintas e complementares. O **Grupo Parcialmente Excludente** é híbrido e restringe a até duas seleções.

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

Máximo

01

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

Instalação de tochas

OU

OU

Não excludentes

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

Empresa de Pesquisa Energética
Ministério de Minas e Energia

epe 20 anos

21

ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO

PASSO 1: avaliação de **até 1** medida para cada grupo de excludentes (1, 2 e 3), totalizando entre 0 e 3 medidas

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo

01

☐

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo

01

☐

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

☐

uso local para a geração de eletricidade

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

☐

monetização em grande escala

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

☐

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo

01

☐

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo

02

☐

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐

Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo

03

☐

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☐

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO

PASSO 1: avaliação de **até 1** medida para cada grupo de excludentes (1, 2 e 3), totalizando entre 0 e 3 medidas

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

☐

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

☐

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

☐

uso local para a geração de eletricidade

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

☐

monetização em grande escala

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

☐

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

☐

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo
02

☐

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐

Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo
03

☐

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☒

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

Buscando garantir a aderência dos cenários à realidade da indústria, a seleção das medidas de eletrificação ativa automaticamente a medida de substituição por equipamentos elétricos, uma vez que o objetivo de eletrificar as plantas de E&P é substituir dispositivos que usam o gás natural, reduzindo as emissões diretas na planta

ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO

PASSO 2: avaliação de **até 2** medidas dentre as 4 listadas, totalizando entre 0 e 2 medidas

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

☐

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

☐

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

☐

uso local para a geração de eletricidade

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

☐

monetização em grande escala

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

☐

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

☐

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo
02

☐

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐

Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo
03

☐

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☐

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO

PASSO 3: avaliação de **até 3** medidas, com seleção independente e possibilidade de complementariedade entre as alternativas, totalizando entre 0 e 3 medidas

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

☐

Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐

Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

☐

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

☐

uso local para a geração de eletricidade

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

☐

monetização em grande escala

☐

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

☐

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

☐

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo
02

☐

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐

Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo
03

☐

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☐

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO

MÁXIMO DE MEDIDAS

Medidas selecionadas 08

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Máximo
01

- ☐ Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- ☐ Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)
- ☒ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Máximo
01

- ☐ Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural
- Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:
 - ☐ uso local para a geração de eletricidade
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido
 - ☒ monetização em grande escala
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito
- ☐ Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo
01

- ☐ Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos
- ☒ Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Máximo
02

- ☐ Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- OU
- ☒ Recuperação de gás de operações de pigging de dutos
- ☒ Recuperação de vapor em tanques de armazenamento
- OU
- ☐ Instalação de tochas

Não excludentes

Máximo
03

- ☒ Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- ☒ Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- ☒ Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

MEDIDAS MAPEADAS PARA O SEGMENTO DE E&P





monte sua
mitigação

modelo emissões EPE (2023|v.0)

Esforço ☐ Baixo | ☐ Médio | ☐ Alto



Empresa de Pesquisa Energética

até 2 - emissões de venting
parcialmente excludentes

☐ Instalação de VRU
OU
☐ recuperação de gás de
operações de pigging
☐ instalação de VRU em tanques
de armazenamento
OU
☐ Instalação de tocha

até 1 - emissões de tocha

☐ queima zero de rotina - reinjeção
☐ queima zero de rotina - uso local
☐ queima zero de rotina - \$ pequena
escala (GNC)
☐ queima zero de rotina - \$ pequena
escala (GNL)
☐ queima zero de rotina - \$ grande
escala
☐ Limitação da queima e/ou venting
para até 2%

Não excludentes - livre

☐ Substituição de disposi-
tivos pneumáticos a gás por
ar pressurizado
☐ Substituição de disposi-
tivos a gás por elétricos
☐ CCUS do CO2 oriundo do
processamento do GN

até 1 - emissões fugitivas

☐ Inspeção direta e
manutenção em UPGN etc.
☐ Implementação de
programas de LDAR.

até 1 - emissões de
combustão

☐ Substituição de
turbinas ciclo aberto
por ciclo combinado

OU**
☐ All electric
☐ grid
☐ sistema descentrali-
zado/renovável

IMPORTANTE

**AS MEDIDAS DE ELETRIFICAÇÃO
SÓ ESTÃO DISPONÍVEIS NA OPÇÃO
ALTO ESFORÇO E SÃO OBRIGATO-
RIAMENTE ACOMPANHADAS POR
"SUBSTITUIÇÃO DE DISPOSITIVOS
A GÁS POR ELÉTRICOS"

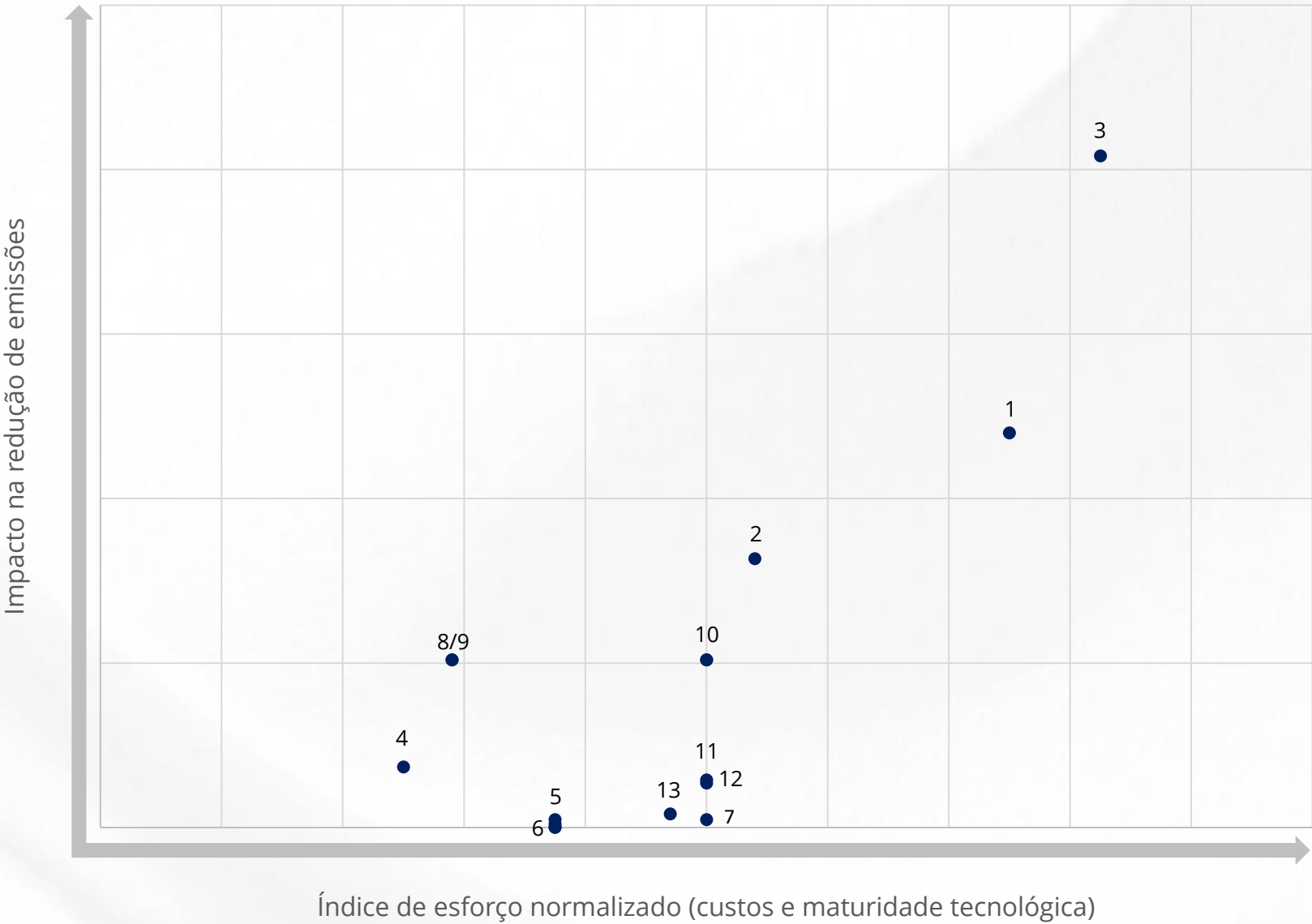


RESULTADOS



13 MEDIDAS SELECIONADAS PARA OS CENÁRIOS DE MITIGAÇÃO

- 1. Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- 2. Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)
- 3. Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- 4. Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos (LDAR)
- 5. Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- 6. Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- 7. Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- 8. Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural
- 9. Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: uso local para a geração de eletricidade
- 10. Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em grande escala
- 11. Instalação de tochas
- 12. Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural
- 13. Ações para redução de *venting*: recuperação de vapor em tanques de armazenamento



¹ Dentre as tecnologias para mitigação apresentadas na seção anterior, treze medidas foram selecionadas para compor os cenários de emissão, com o intuito de avaliar o potencial de redução e o esforço necessário para a adoção conjunta dessas alternativas, escolhidas pela representatividade no cenário brasileiro, potencial de mitigação e/ou viabilidade técnico-econômica

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

CENÁRIO PRINCIPAL 1

☐

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Medidas selecionadas

00

☐ Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado

☐ Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (*all electric*)

☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☐

Gr

Máximo

01

☐ Garantia

☐ Garantia

☐ uso loc

☐ monet

☐ monet

☐ monet

☐ Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

Passo 1: nenhuma medida do Grupo Excludentes 1, buscando focar em alternativas de menor índice de esforço

☐

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Máximo

01

☐ Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

☐ Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☐

Parcialmente excludentes: emissões de venting

☐ Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

☐ Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

☐ Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

☐ Instalação de tochas

☐

Não excludentes

Máximo

03

☐ Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

☐ Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

☐ Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

CENÁRIO PRINCIPAL 1

Gr

Substitui

Eletrifica

Eletrifica

Eletrifica

Passo 2: medida de **queima zero com reinjeção de gás natural** selecionada por ter o menor esforço dentre as alternativas elencadas no Grupo Excludentes 2

Medidas selecionadas

00

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

uso local para a geração de eletricidade

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

monetização em grande escala

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

Medidas selecionadas

01

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

Máximo

01

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

Instalação de tochas

Não excludentes

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

Máximo

03

Empresa de Pesquisa Energética
Ministério de Minas e Energia

epe 20 anos

31

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

CENÁRIO PRINCIPAL 1

Grupo 1

Substituição de equipamentos por equipamentos mais eficientes

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

Medidas selecionadas

00

Passo 3: medida de **inspeção direta** selecionada no Grupo Excludentes 3 por combinar significativo potencial de mitigação com menor esforço comparativo

Medidas selecionadas

01

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural

Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

uso local para a geração de eletricidade

monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido

monetização em grande escala

monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito

Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

Medidas selecionadas

01

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos

Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

Medidas selecionadas

02

Parcialmente excludentes: emissões de venting

Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)

OU

Recuperação de gás de operações de pigging de dutos

Recuperação de vapor em tanques de armazenamento

OU

Instalação de tochas

Máximo

03

Não excludentes

Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado

Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

CENÁRIO PRINCIPAL 1

- ☒ Garantia da queima zero de rotina com injeção de gás natural
- ☐ Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:
 - ☐ uso local para a geração de eletricidade
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido
 - ☐ monetização em grande escala
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito
- ☐ Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

- ☒ Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- OU**
- ☐ Recuperação de gás de operações de pigging de dutos
- ☐ Recuperação de vapor em tanques de armazenamento
- OU**
- ☐ Instalação de tochas

01

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

CENÁRIO PRINCIPAL 1

Grupo excludentes 1: emissões de combustão

- ☐ Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- ☐ Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

Medidas
selecionadas

00

Grupo excludentes 2: emissões de tocha

- ☒ Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural
- Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:

- ☐ uso local
- ☐ monetização
- ☐ monetização
- ☐ monetização
- ☐ Limitação

Passo 5: selecionada apenas a medida de VRU, que possui menos esforço relativo dentro do grupo Não Excludentes

Medidas
selecionadas

01

Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

- ☐ Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos
- ☒ Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

Medidas
selecionadas

01

Parcialmente excludentes: emissões de venting

- ☒ Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- OU
- ☐ Recuperação de gás de operações de pigging de dutos
 - ☐ Recuperação de vapor em tanques de armazenamento
- OU
- ☐ Instalação de tochas

Medidas
selecionadas

01

Não excludentes

- ☒ Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- ☐ Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- ☐ Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

Medidas
selecionadas

01

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

CENÁRIO PRINCIPAL 1

Medidas selecionadas **04**

☐ Grupo excludentes 1: emissões de combustão

Medidas
selecionadas
00

- ☐ Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- ☐ Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- ☐ Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável

☒ Grupo excludentes 2: emissões de tocha

Medidas
selecionadas
01

- ☒ Garantia da queima zero de rotina com reinjeção de gás natural
- Garantia da queima zero de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos:
 - ☐ uso local para a geração de eletricidade
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido
 - ☐ monetização em grande escala
 - ☐ monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito
 - ☐ Limitação da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, em até 2%

☒ Grupo excludentes 3: emissões fugitivas

Medidas
selecionadas
01

- ☐ Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos
- ☒ Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas

☒ Parcialmente excludentes: emissões de venting

Medidas
selecionadas
01

- ☒ Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- OU
- ☐ Recuperação de gás de operações de pigging de dutos
- ☐ Recuperação de vapor em tanques de armazenamento
- OU
- ☐ Instalação de tochas

☒ Não excludentes

Medidas
selecionadas
01

- ☒ Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- ☐ Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- ☐ Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO PRINCIPAIS

Cenário Principal 1 (CP1)



monte sua
mitigação

modelo emissões EPE (2023|v.0)

Cenários ☒ CP1 | ☐ CP2 | ☐ CP3



Empresa de Pesquisa Energética

até 2 - emissões de venting
parcialmente excludentes

☒ Instalação de VRU
OU
☐ recuperação de gás de operações de pigging
☐ instalação de VRU em tanques de armazenamento
OU
☐ Instalação de tocha

até 1 - emissões de tocha

☒ queima zero de rotina - reinjeção
☐ queima zero de rotina - uso local
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNC)
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNL)
☐ queima zero de rotina - \$ grande escala
☐ Limitação da queima e/ou venting para até 2%

Não excludentes - livre

☒ Substituição de dispositivos pneumáticos a gás por ar pressurizado
☐ Substituição de dispositivos a gás por elétricos
☐ CCUS do CO2 oriundo do processamento do GN

até 1 - emissões fugitivas

☒ Inspeção direta e manutenção em UPGN etc.
☐ Implementação de programas de LDAR.

até 1 - emissões de combustão

☐ Substituição de turbinas ciclo aberto por ciclo combinado

OU

☐ All electric
☐ grid
☐ sistema descentralizado/renovável



Cenário Principal 2 (CP2)



monte sua
mitigação

modelo emissões EPE (2023|v.0)

Cenários ☐ CP1 | ☒ CP2 | ☐ CP3



Empresa de Pesquisa Energética

até 2 - emissões de venting
parcialmente excludentes

☐ Instalação de VRU
OU
☐ recuperação de gás de operações de pigging
☐ instalação de VRU em tanques de armazenamento
OU
☐ Instalação de tocha

até 1 - emissões de tocha

☐ queima zero de rotina - reinjeção
☐ queima zero de rotina - uso local
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNC)
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNL)
☒ queima zero de rotina - \$ grande escala
☐ Limitação da queima e/ou venting para até 2%

Não excludentes - livre

☒ Substituição de dispositivos pneumáticos a gás por ar pressurizado
☐ Substituição de dispositivos a gás por elétricos
☒ CCUS do CO2 oriundo do processamento do GN

até 1 - emissões fugitivas

☐ Inspeção direta e manutenção em UPGN etc.
☐ Implementação de programas de LDAR.

até 1 - emissões de combustão

☐ Substituição de turbinas ciclo aberto por ciclo combinado

OU

☐ All electric
☐ grid
☐ sistema descentralizado/renovável



Cenário Principal 3 (CP3)



monte sua
mitigação

modelo emissões EPE (2023|v.0)

Cenários ☐ CP1 | ☐ CP2 | ☒ CP3



Empresa de Pesquisa Energética

até 2 - emissões de venting
parcialmente excludentes

☒ Instalação de VRU
OU
☐ recuperação de gás de operações de pigging
☐ instalação de VRU em tanques de armazenamento
OU
☐ Instalação de tocha

até 1 - emissões de tocha

☐ queima zero de rotina - reinjeção
☐ queima zero de rotina - uso local
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNC)
☐ queima zero de rotina - \$ pequena escala (GNL)
☒ queima zero de rotina - \$ grande escala
☐ Limitação da queima e/ou venting para até 2%

Não excludentes - livre

☒ Substituição de dispositivos pneumáticos a gás por ar pressurizado
☒ Substituição de dispositivos a gás por elétricos
☒ CCUS do CO2 oriundo do processamento do GN

até 1 - emissões fugitivas

☒ Inspeção direta e manutenção em UPGN etc.
☐ Implementação de programas de LDAR.

até 1 - emissões de combustão

☐ Substituição de turbinas ciclo aberto por ciclo combinado

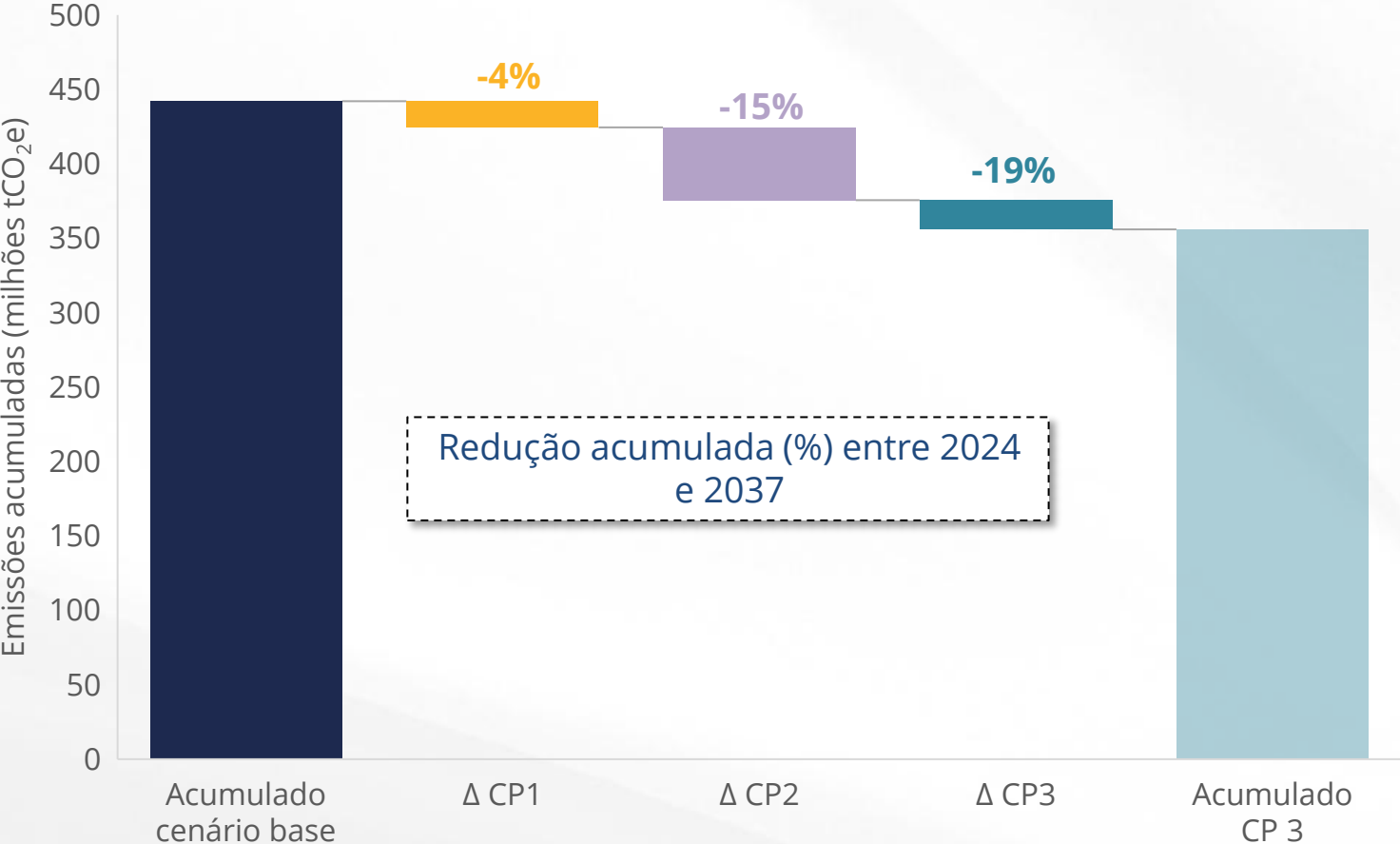
OU

☐ All electric
☒ grid
☐ sistema descentralizado/renovável



PARTICIPAÇÃO DO SEGMENTO DE E&P NAS EMISSÕES NACIONAIS

Redução entre o cenário base e os cenários alternativos das emissões acumuladas projetadas de 2024 a 2037



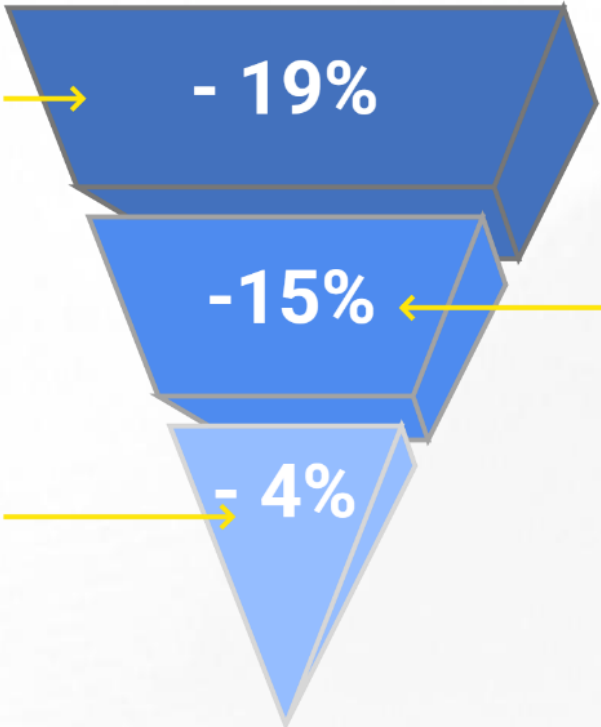
Redução de Emissões por Cenário

Cenário Principal 3

Medidas de alto esforço com potenciais de redução significativos. Todavia, ainda enfrentam barreiras tecnológicas e/ou econômicas para muitos projetos.

Cenário Principal 1

Medidas de menor esforço com benefícios rápidos. Podem ser aplicadas na maioria dos projetos, contudo o potencial de redução é limitado.



Cenário Principal 2

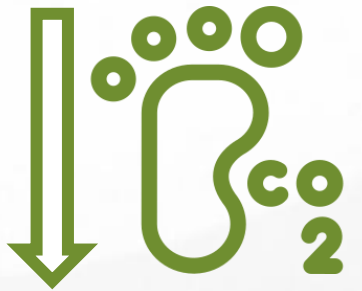
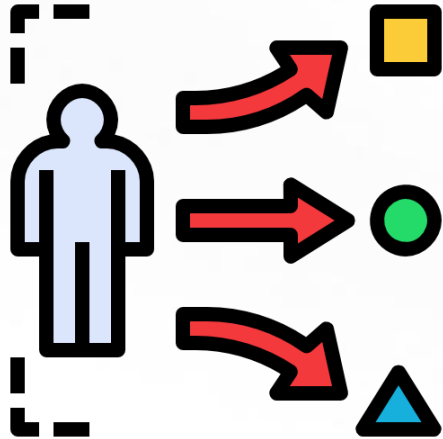
Medidas de esforço moderado com impacto considerável. Apesar de serem aplicadas em alguns projetos brownfield normalmente apresentam maior viabilidade técnica e econômica para projetos novos.

¹ Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG), 2023. Emissões brutas de Gases do Efeito Estufa. Disponível em: www.plataformaseeg.eco.br. Acesso em: 11/04/2024.

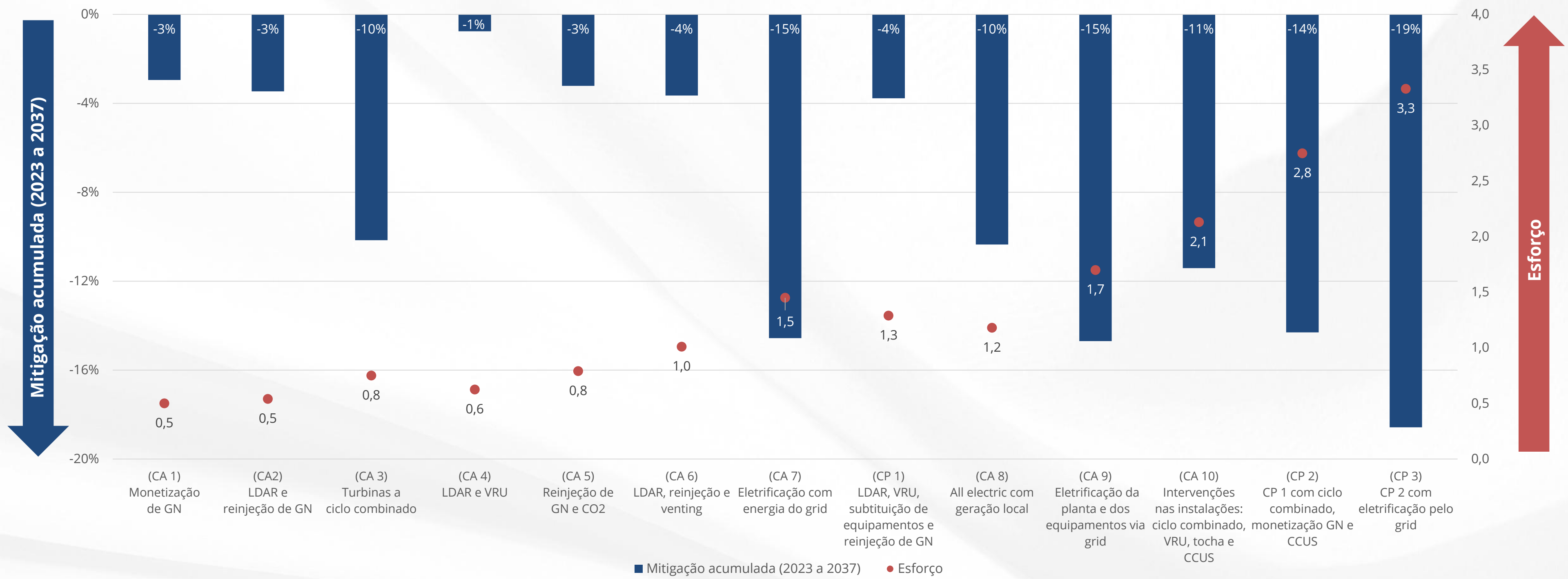
² EPE. 2022. Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2021.

³ ANP. 2025. Anuário estatístico; EPE. 2024. Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034: Previsão da Produção de Petróleo e Gás Natural.

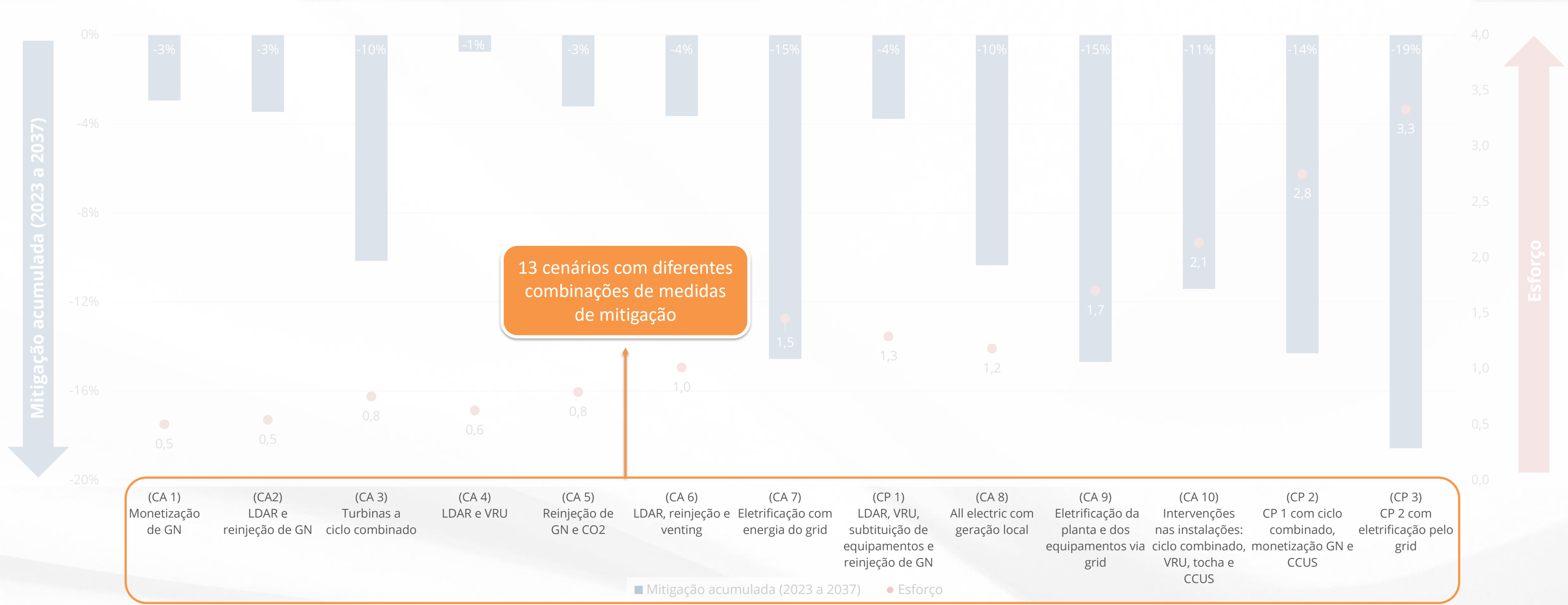
MEDIDAS QUE COMPÕEM OS CENÁRIOS ALTERNATIVOS CONSTRUÍDOS



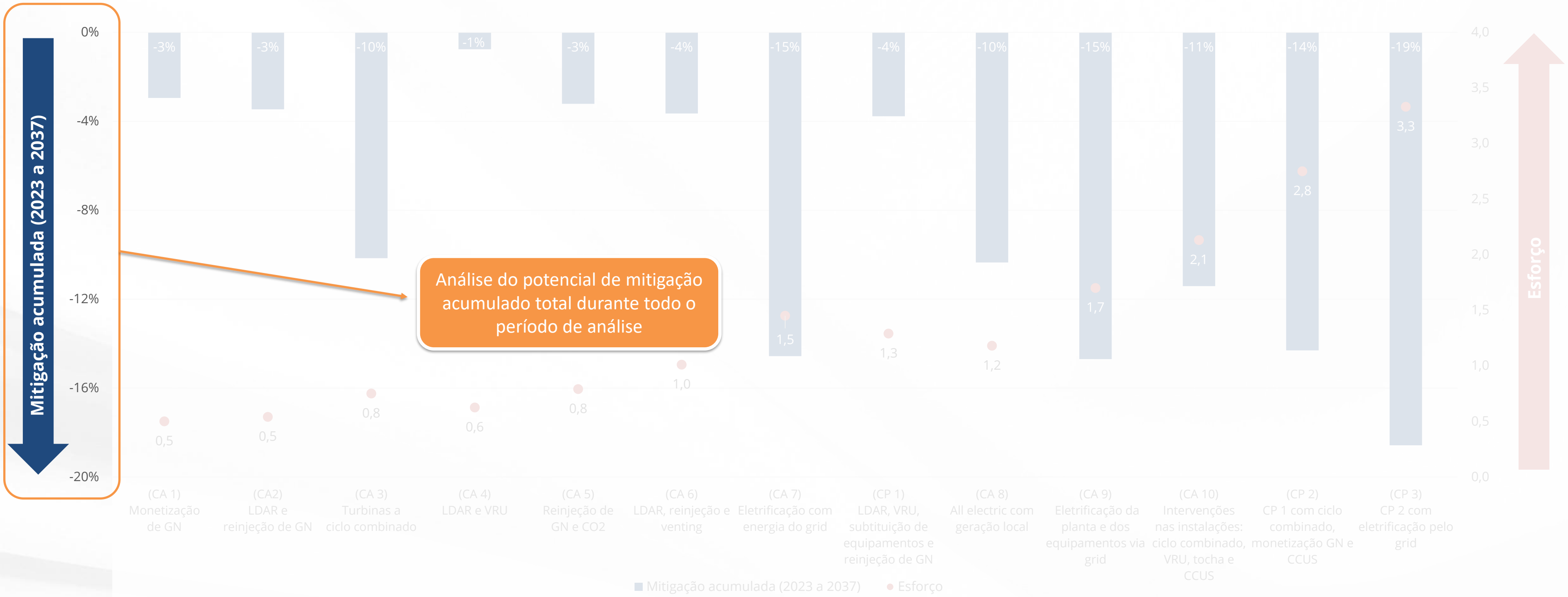
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



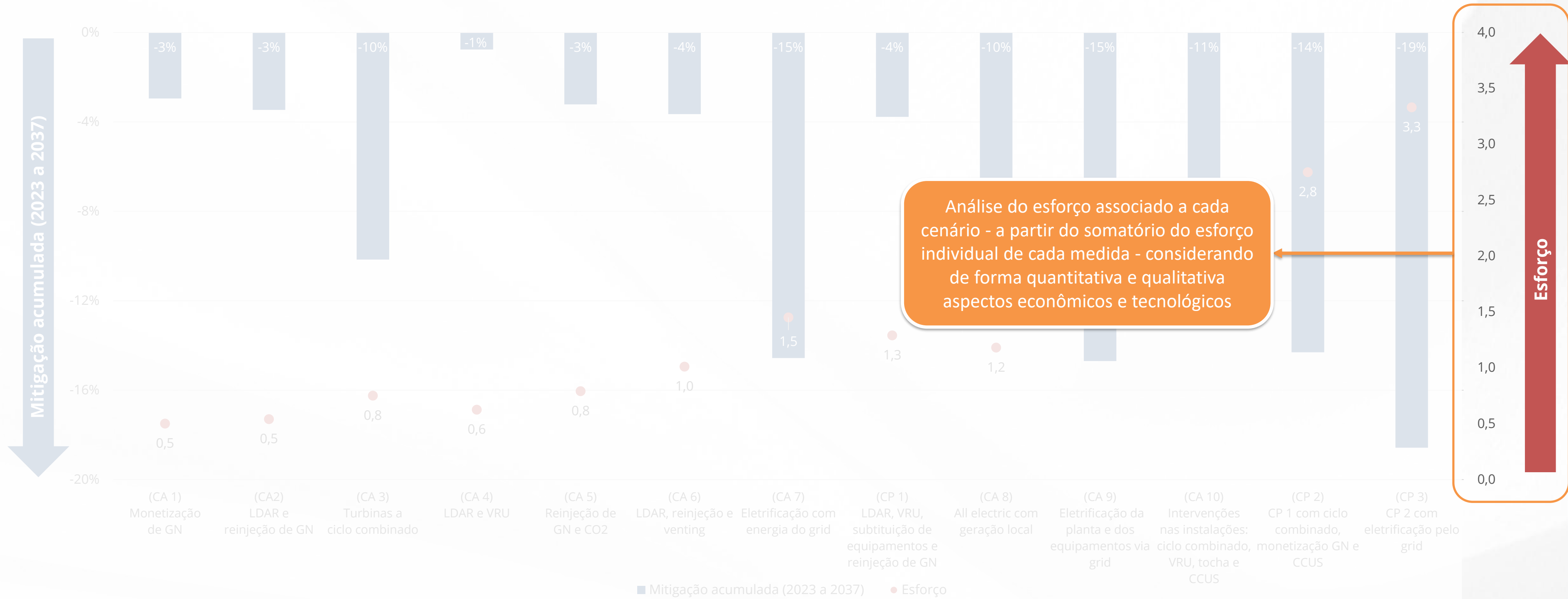
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



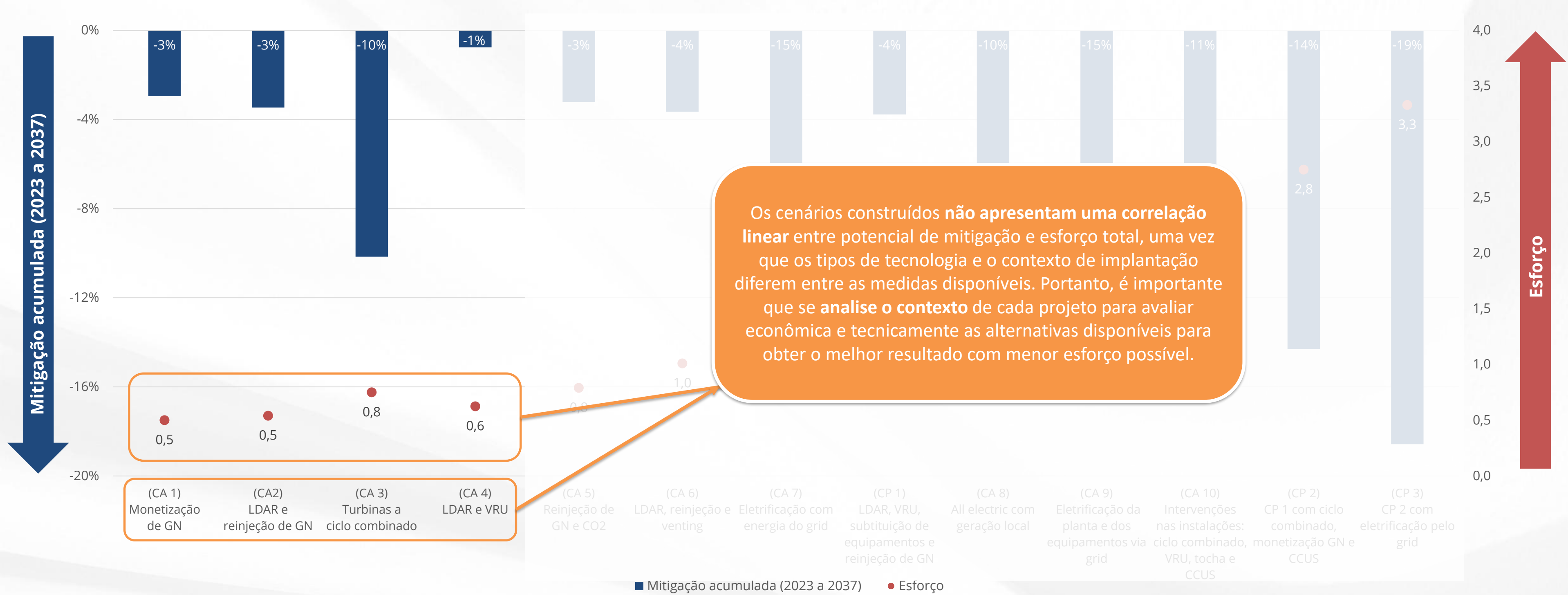
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



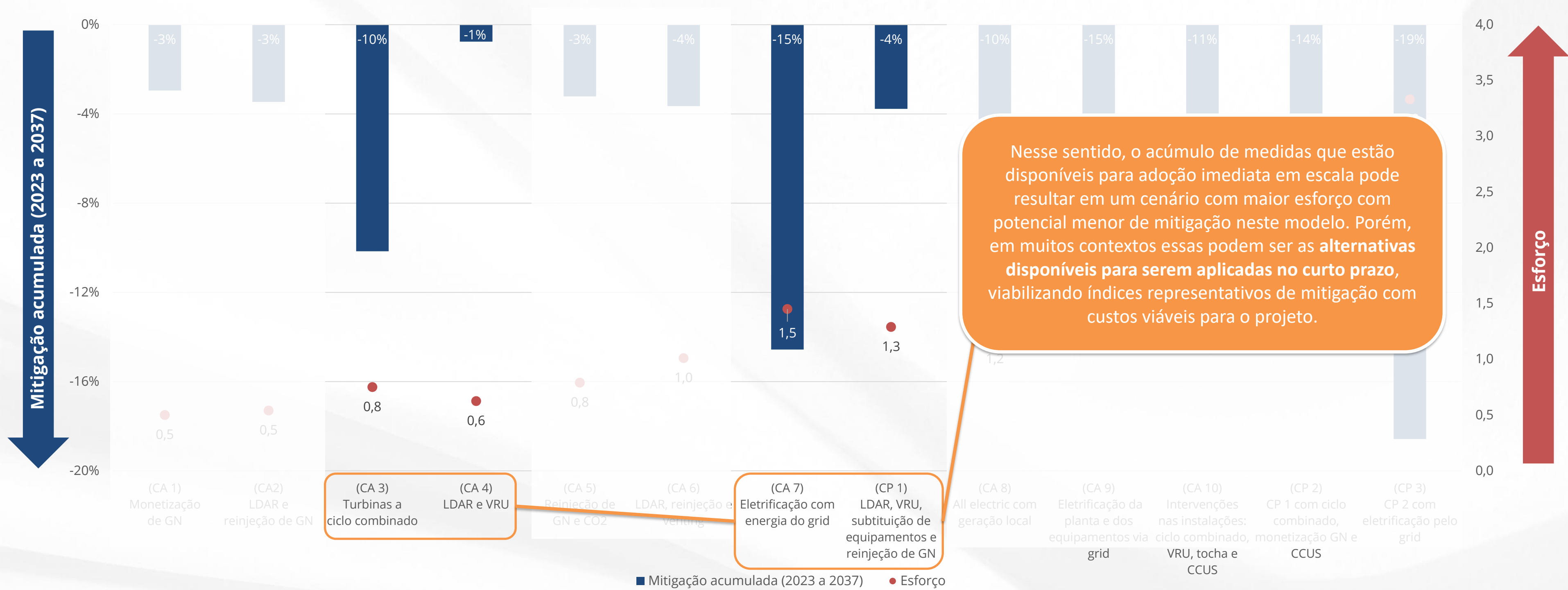
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



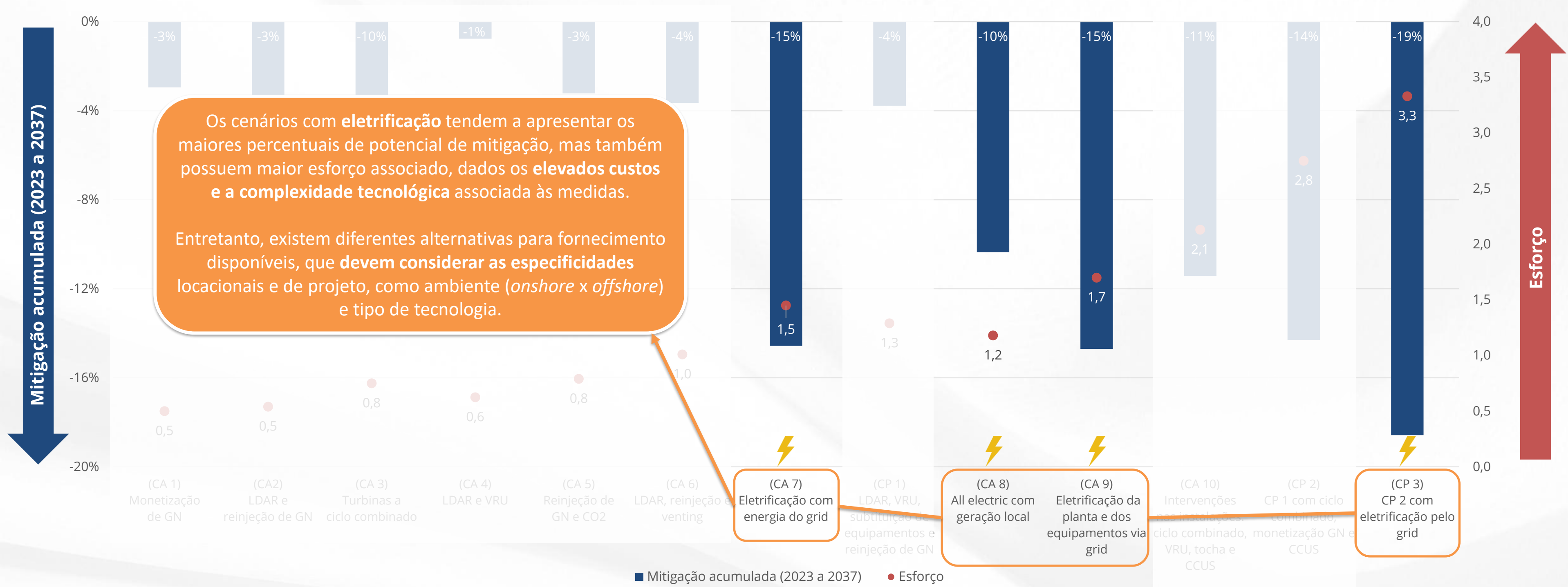
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



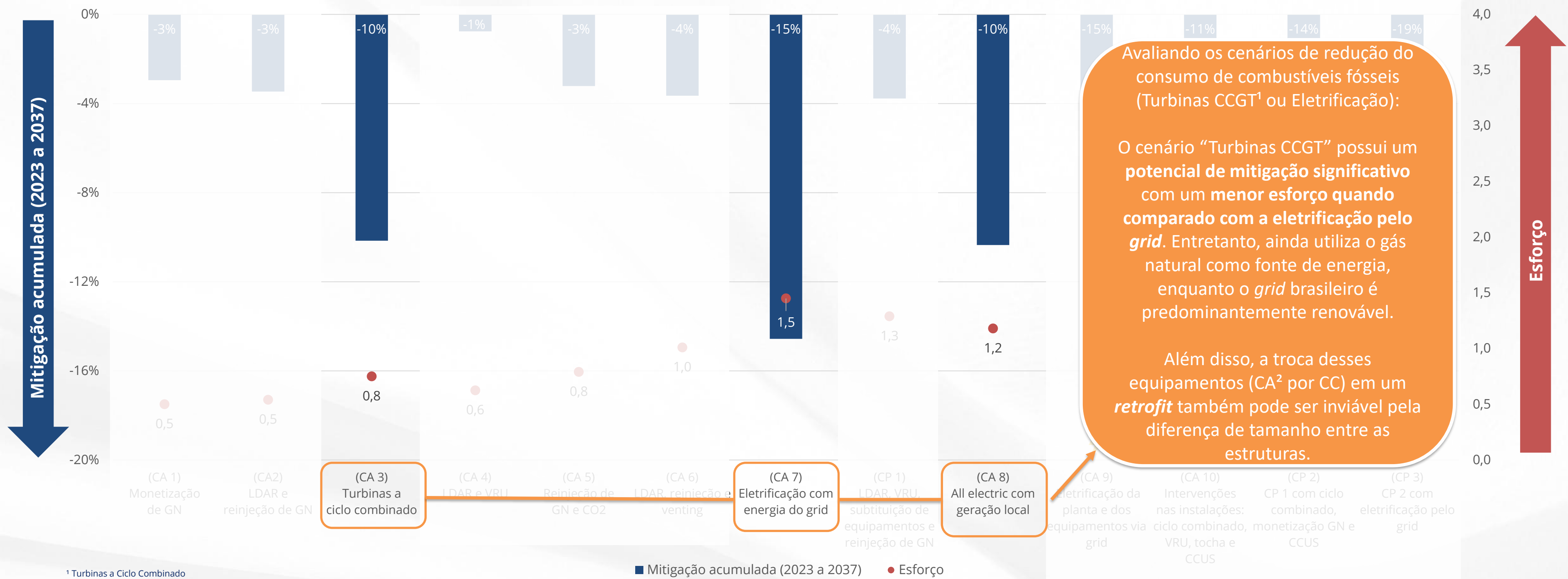
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



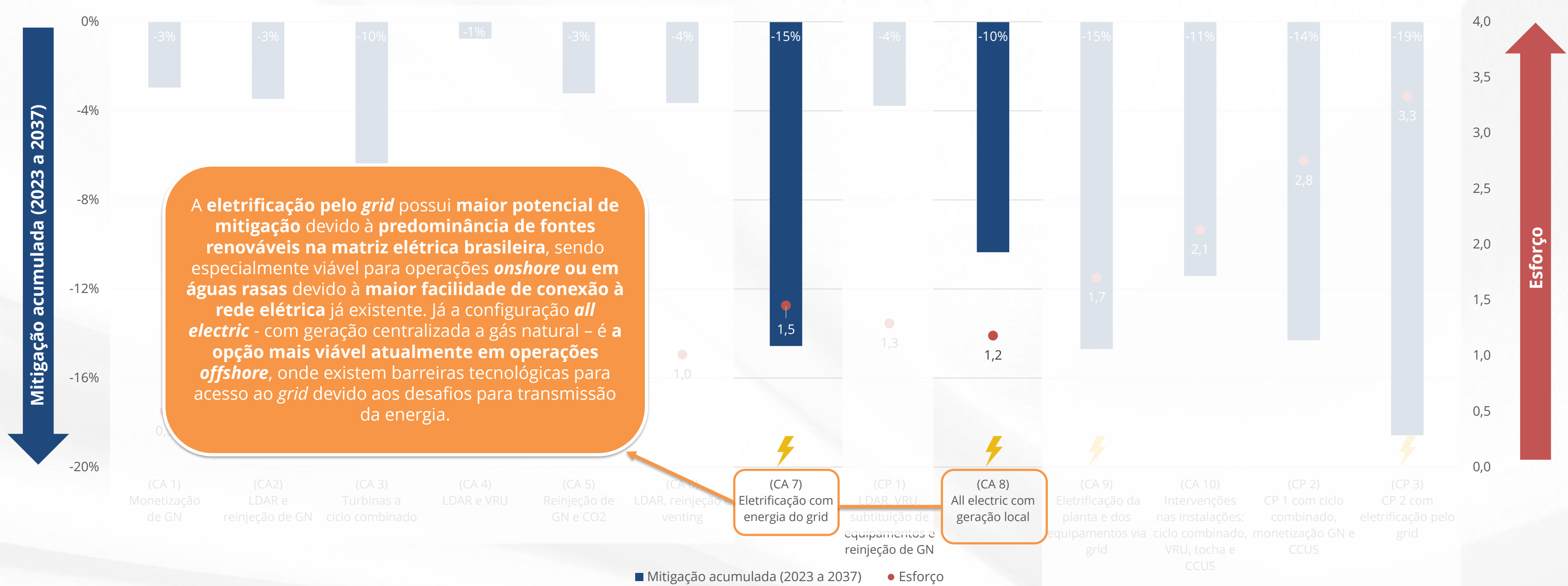
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



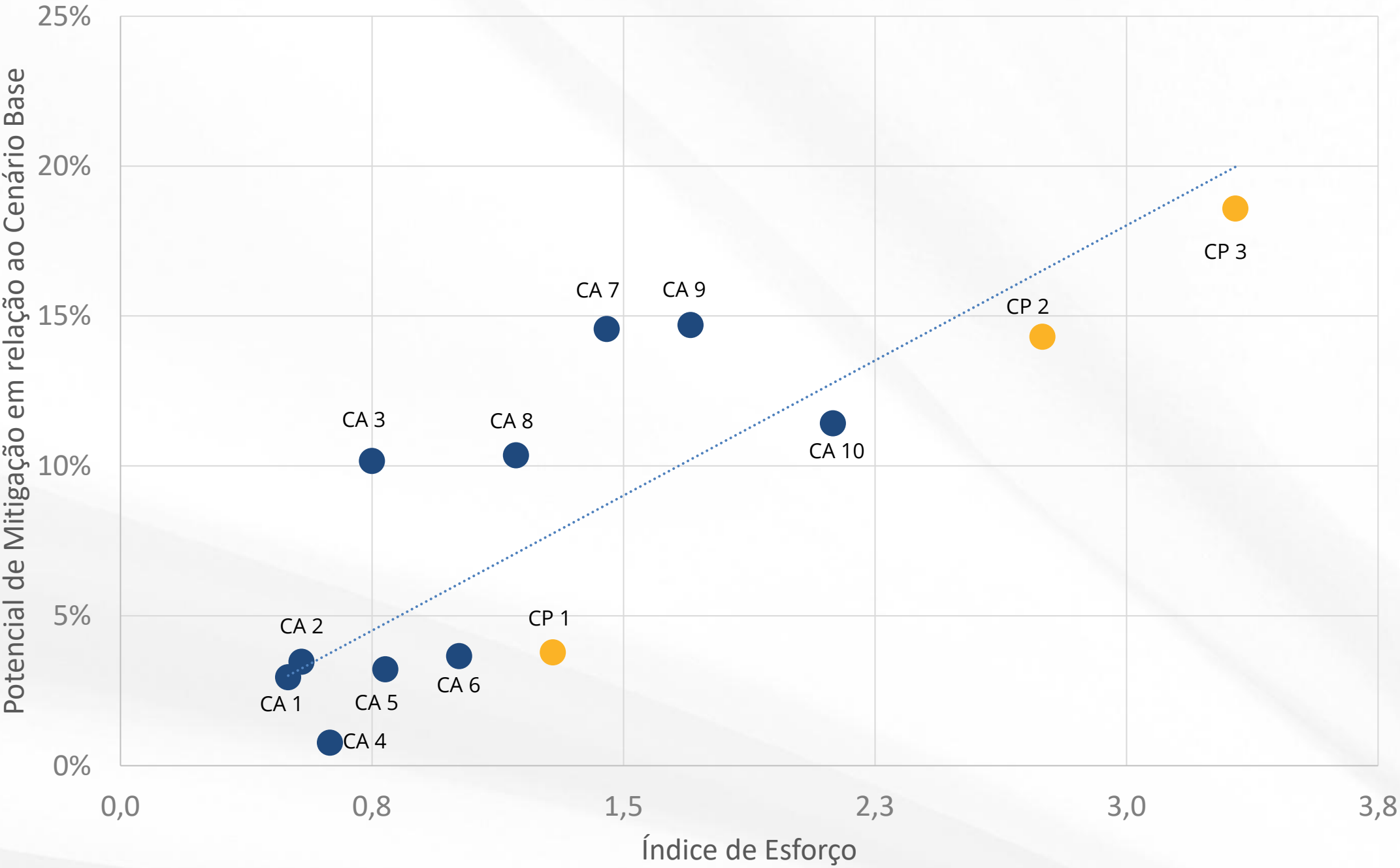
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CENÁRIOS



Em resumo, tanto os cenários principais quanto os alternativos reforçam o **potencial das medidas de eletrificação**, que estão bem-posicionadas em termos de **redução de emissões**, mas apresentam **maiores níveis de esforços** relacionados a **barreiras tecnológicas** – principalmente no **offshore** – e de **custos**.

Sendo assim, além da **importância dos projetos de PD&I** nessa área, será necessário **aumentar a captação de recursos** para viabilizar o financiamento dessas tecnologias e atingir um maior impacto em redução de emissões.

No outro extremo, os cenários que envolvem **queima zero de rotina e LDAR** representam **menor esforço comparativo** e são uma **oportunidade** de obter resultados rápidos com **tecnologias disponíveis e custo-efetivas**.

Nesse sentido, ressalta-se a importância de **identificar e priorizar equipamentos, instalações e atividades mais emissores**, permitindo maior eficiência entre recursos alocados e resultados obtidos.

DESAFIOS E PARTICULARIDADES ASSOCIADOS AOS CENÁRIOS

IDADE DOS ATIVOS

Projetos *Greenfield*

- Mais flexíveis para adotar tecnologias avançadas
- Desafios de maior investimento e prazos mais longos para retorno financeiro

Projetos *Brownfield*

- Aproveitamento da infraestrutura existente
- Menor flexibilidade e exigência de interrupções operacionais, com custos elevados, especialmente no offshore

Onshore

- Maior intensidade de carbono
- Aproveitamento do gás associado ainda limitado.
- Alto potencial para gerar benefícios socioeconômicos regionais

Offshore

- Elevada produção e intensidade de carbono menor (no pré-sal, abaixo da média mundial)
- Alta eficiência operacional
- Vanguarda na adoção de técnicas disruptivas

AMBIENTE DOS PROJETOS

ELETRIFICAÇÃO

Oportunidades

- Pode melhorar a eficiência energética, reduzindo as emissões se alimentada por fontes renováveis
- Projetos *greenfield* oferecem maior flexibilidade

Desafios

- Geração de energia renovável apresenta altos custos e desafios logísticos, regulatórios e ambientais nas porções mais afastadas da costa

Situação Atual

- Técnica já conhecida e aplicada (EOR) no pré-sal
- Marco legal sobre o armazenamento aprovado em 2024 e regulação experimental (projeto piloto) até que a regulação esteja consolidada

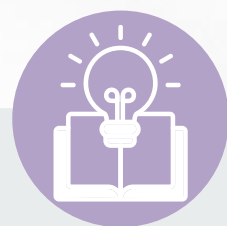
Perspectivas para o Futuro

- Crescimento do interesse
- Políticas públicas de incentivo, como financiamentos e precificação de carbono exercerão papel crucial
- Compartilhamento de infraestruturas ajuda a diminuir custos

CCUS



PROPOSTAS A SEREM SUGERIDAS



Disseminação de boas práticas e redução da assimetria de informação

- Ampliar o conhecimento sobre dados e metodologias para contabilização de emissões de GEEs, aprimorando a qualidade dos inventários – públicos e setoriais
- Nivelar o conhecimento da indústria sobre aspectos técnicos de *flare* e *venting*
- Incentivar a adesão a iniciativas públicas e corporativas de redução de emissões
- Propor ações para minimizar o impacto de campos, instalações e atividades com maiores níveis de emissões totais e de intensidade de emissão



Estímulo à capacitação e à inovação

- Fortalecer os mecanismos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) voltados para estimular a inovação, com foco em tecnologias para descarbonização
- Propor estratégias e parcerias para treinamento e capacitação da cadeia de fornecimento, com qualificação do capital humano
- Estruturar programas de mentoria e capacitação em projetos focados na redução da intensidade de carbono



Incentivos para viabilização de projetos de descarbonização

- Facilitar o acesso ao financiamento internacional para projetos de redução de emissões e ampliar linhas de crédito nacionais para a descarbonização no E&P
- Mapear oportunidades para maximizar as fontes de baixo carbono nas operações do segmento de E&P, inclusive no suprimento de energia elétrica
- Monitorar a integração das empresas do setor ao mercado de carbono



Suporte às atividades de regulação e fiscalização

- Fortalecer os órgãos reguladores e fiscalizadores das emissões de GEE no E&P
- Apoiar o regulador na estruturação de campanhas de LDAR, permitindo a identificação de super emissores (equipamentos e ativos)
- Estabelecer estratégias para monitoramento da eficiência do *flare*
- Estimular a construção de um Plano de Ação para Redução de Emissões por todas as empresas que operam no E&P brasileiro

CONSIDERAÇÕES FINAIS



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento da descarbonização pelo CNPE alinha o Brasil às melhores práticas globais, fortalecendo sua posição no contexto da transição energética

A construção de cenários permite avaliar impactos e guiar escolhas estratégicas, garantindo políticas mais eficazes e baseadas em evidências

As emissões de E&P representam 1% do total do Brasil, mas há oportunidades para reduzir ainda mais sua intensidade

Soluções devem respeitar as particularidades de cada operação. Ex: tipo de reservatório, ambiente das instalações, infraestrutura disponível, etc.

Combinar ações de curto prazo, viáveis com tecnologias atuais, com ações de médio e longo prazo, que exigem inovação e investimentos. Entre as ações possíveis destaca-se a identificação de equipamentos e ativos super-emissores e uma maior exigência na adoção das melhores tecnologias disponíveis por parte do órgão regulador.

(i) boas práticas e redução da assimetria de informação; (ii) capacitação e inovação; (iii) viabilização de projetos de descarbonização; e (iv) suporte à regulação e fiscalização



Presidente
Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e
Biocombustíveis
Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Técnica
Marcos Frederico Farias de Souza
Regina Freitas Fernandes
Roberta de Albuquerque Cardoso

Equipe Técnica
Bruna Silveira Guimarães
Isis de Oliveira Fernandes
Natália da Veiga Bonavita Teixeira
Nathalia Oliveira de Castro
Rafael Freitas Funcia Lemme

 @EPE.Brasil

 Empresa de Pesquisa Energética

 @EPE.Brasil  @EPE.Brasil  @EPEBrasil

