

TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES NO E&P

Principais medidas de mitigação mapeadas para o segmento de exploração e produção (E&P) brasileiro

Elaboração:



FS-EPE-DPG/DEA-SPG/SMA-001-2025

O QUE SÃO MEDIDAS DE MITIGAÇÃO?



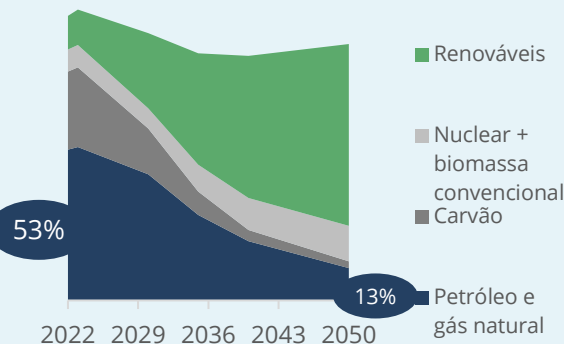
- Ações planejadas para reduzir ou evitar a emissão de gases de efeito estufa (GEEs)
- Envolvem a adoção de práticas e tecnologias que diminuem a quantidade de poluentes lançados na atmosfera
- Em sua maioria, focam em melhorar a eficiência de processos e promover o uso de fontes de energia com menor conteúdo de carbono
- Visam controlar as emissões na fonte, contribuindo para a redução dos impactos das mudanças climáticas

COMO O SEGMENTO DE E&P SE INSERE EM UM FUTURO DE BAIXO CARBONO?

1 - A **indústria de petróleo e gás natural** ainda terá um papel importante na matriz energética global junto com as fontes alternativas **mesmo nos cenários de emissões líquidas nulas**

Oferta de energia¹

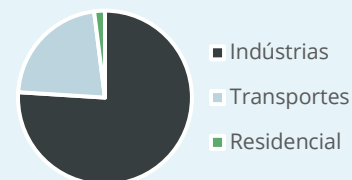
Cenário *net-zero* IEA



2 - Apesar da provável retração da demanda no horizonte 2050, existem **setores energo-intensivos** – principalmente industrial - que possuem barreiras tecnológicas e/ou econômicas para a substituição completa de seus combustíveis

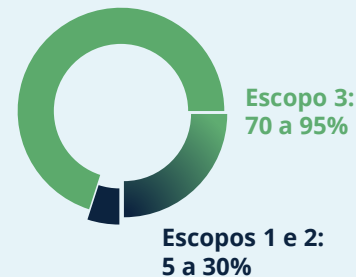
Consumo final óleo e gás¹

Cenário *net-zero* IEA



3 - Com as emissões de **Escopo 3**, principalmente “uso dos produtos”, respondendo por **70 a 95% das emissões totais**, as empresas devem investir em medidas para diminuir a intensidade de carbono da produção de petróleo e gás natural, contribuindo ainda para redução de emissões em setores dependentes desses energéticos

Emissões por escopo²



O QUE SÃO ESCOPOS DE EMISSÕES?³

Os **escopos 1, 2 e 3** são uma forma de **categorizar** os **diferentes tipos de emissões** de GEE que uma empresa gera em suas próprias operações e em sua cadeia de valor mais ampla. No **Escopo 1** estão as emissões que uma empresa **produz diretamente** (Ex.: GEEs resultantes da queima de gás em uma caldeira). Já o **escopo 2** engloba as emissões que ela **produz indiretamente**. (Ex.: GEEs emitidos durante a geração da energia elétrica fornecida ao escritório da empresa). O **Escopo 3** reúne **todas as emissões associadas**, não à empresa em si, mas **que a organização é indiretamente responsável em sua cadeia de valor**. Por exemplo, dos produtos comprados de seus fornecedores e de seus produtos quando os clientes os usam.

PARA REDUZIR A INTENSIDADE DE EMISSÕES, TRÊS EIXOS DE AÇÃO SÃO ESSENCIAIS⁴

REDUÇÃO

- Foca na eficiência energética e na otimização de processos
- Inclui reestruturação de projetos e incentivo a mudanças comportamentais nas operações
- Menores barreiras de implementação, com baixo CAPEX necessário e rápida aplicabilidade em fases iniciais de projetos

SUBSTITUIÇÃO

- Prioriza a troca de fontes fósseis por alternativas de baixo carbono
- Especialmente desafiador para adaptar ativos em operação e infraestruturas antigas
- Exige integração de novas tecnologias e políticas para viabilizar a implementação em larga escala e promover a descarbonização contínua

REMOÇÃO

- Atua na captura direta e armazenamento de gases emitidos, principalmente dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄)
- Envolve tecnologias de sequestro, como CCS (captura e armazenamento de carbono)
- Importante para CH₄, que, embora emitido em menor volume que o CO₂, possui maior impacto no aquecimento global

EMISSÕES NO E&P

47%

Participação do E&P nas emissões do setor de óleo e gás em 2023¹

TIPOS DE EMISSÃO

As **emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs)** na Exploração e Produção de Petróleo (E&P) podem ser divididas de diversas maneiras.

Neste *fact sheet* utiliza-se a divisão por **origem da emissão**. Assim, temos **4 tipos de emissões**:

- Combustão
- Ventilação
- Queima em Tocha e
- Fugitivas



Participação por tipo de emissão nas emissões do E&P (CO₂eq)¹



70%

COMBUSTÃO

As **emissões por combustão** acontecem quando **combustíveis fósseis**, como óleo e gás, são queimados para **gerar energia** nas operações de E&P. Esse processo emite GEEs, principalmente CO₂. A combustão é utilizada em motores, turbinas e aquecedores e é a **principal fonte de emissões direta na exploração e produção de petróleo e gás natural**.

VENTILAÇÃO

3%

É o processo de **liberação controlada e intencional do gás natural diretamente na atmosfera**. Essas emissões podem ocorrer em unidades de processamento, durante manutenções ou para reduzir a pressão, garantindo a segurança operacional. O **metano**, principal componente do gás natural, é um potente GEE, o que contribui para o impacto ambiental da ventilação.



QUEIMA EM TOCHA (FLARING)

25%

Envolve a **combustão do gás natural em tochas de segurança, convertendo o CH₄ em CO₂**, um GEE de menor potencial de aquecimento global. A queima em tocha é uma prática comum de **segurança** e, apesar de ser aplicada como **uma alternativa à ventilação** para reduzir as emissões de metano, é também uma **fonte importante de emissão de GEEs**.



FUGITIVAS

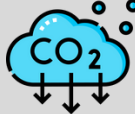
2%

Vazamentos não intencionais de gases – principalmente **metano** – ao longo da operação. Esses vazamentos podem ocorrer em válvulas, conexões e tubulações e são mais **difíceis de detectar e controlar**. Ainda que não intencionais, as emissões fugitivas contribuem com o aumento dos impactos climáticos associados às operações de exploração e produção da indústria.



MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

A **mitigação das emissões** no setor de E&P envolve estratégias para **reduzir a liberação de gases de efeito estufa**, incluindo a **prevenção da ventilação** e **queima desnecessária de gás**, bem como o **controle de emissões fugitivas**. A adoção de **práticas operacionais mais eficientes** e o **monitoramento rigoroso** são essenciais para alcançar níveis de redução que diminuam a intensidade de emissões das operações.



RESOLUÇÃO CNPE N.º8/2024

A Resolução N.º8/2024 do CNPE atribui à EPE a função de propor a adoção de medidas de incentivo à descarbonização das atividades de E&P, apresentando estudo contendo cenários de descarbonização e os impactos associados às medidas propostas.

As fontes de emissão apresentadas nesta página e as medidas de mitigação abordadas a seguir são utilizadas nesse estudo, que será integralmente disponibilizado no prazo da Resolução.



¹ Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) - Observatório do Clima (OC), 2024/v12.0 | Categoria "Exploração de petróleo e gás natural".

* As figuras e ícones utilizados ao longo desse relatório foram obtidas no Canva e na plataforma Flaticon.com. Agradecimentos especificamente aos autores Freepik, Eklipt Studio, Eucalypt, Iconixar, Smash Icons, Karyative, Pixartist e Shin_icons.

A ADEQUAÇÃO DE CADA MEDIDA DEPENDE DO OBJETIVO, DO CONTEXTO...

ELETRIFICAÇÃO



A **substituição de equipamentos movidos a gás natural por motores elétricos** reduz as emissões de combustão devido ao **menor consumo de combustíveis**, seja pela maior eficiência ou pelo suprimento por fontes de baixa emissão. Há ainda redução nas emissões fugitivas associadas a vazamentos, mas **desafios econômicos e tecnológicos** devem ser considerados.

TURBINA A CICLO COMBINADO



Os **geradores convencionais** (ciclo aberto) utilizados no processo de extração – que possui alta demanda energética – **podem ser acoplados a sistemas de recuperação de calor**, utilizados para geração de vapor que alimentam uma **turbina adicional** (ciclo combinado), fornecendo mais energia ao sistema e **aumentando sua eficiência**.

ELIMINAÇÃO/REDUÇÃO DA QUEIMA DE ROTINA



A **resolução ANP n.º 806 veda a queima e/ou perda de gás natural não associado e petróleo** de forma não excepcional. Já para o gás associado, o limite permitido é de até 2% (*offshore*) e 3% (*onshore*) para produção iniciada a partir de 2025. **Uma gestão mais rigorosa poderia eliminar a queima de rotina em tochas.**

REDUÇÃO DA VENTILAÇÃO DE GASES



Diversas medidas operacionais ou equipamentos podem ser utilizados para minimizar *venting*. Entre eles destacam-se as **Unidades de Recuperação de Vapor** e o sistema de recuperação de gases de dutos - utilizado principalmente durante a **operação de pigging** - e até mesmo a **instalação de tochas** para a queima do gás.

INSTALAÇÃO DE TOCHAS (FLARES)

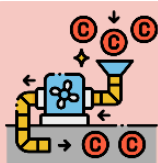


Durante diversos procedimentos operacionais ocorre a **ventilação de metano** para a atmosfera. Como o metano é de **25 a 30 vezes mais impactante** em termos de aquecimento global (GWP-100) que o CO₂, opta-se pela **queima do CH₄ e conversão em CO₂**, liberando um GEE de menor impacto no curto prazo. Entretanto, esta medida só é indicada caso um sistema de recuperação de gases não seja viável.

RECUPERAÇÃO DE GÁS DURANTE OPERAÇÕES EM DUTOS



A circulação de **gases ricos em HCs¹** em dutos pressurizados tende a formar condensados, líquidos ricos em hidrocarbonetos voláteis. Para otimizar o fluxo de gás, o condensado é removido pela operação de **pigging**, durante a qual metano é ventilado para a atmosfera. O gás ventilado pode ser recuperado por meio de **sistemas de recuperação de vapor**.



CCUS

A **captura, armazenamento e utilização de carbono (CCUS)** é uma medida que pode ser **aplicada ao longo de toda cadeia de produção** do O&G, atuar em vários tipos de emissões e é crucial para as metas de emissões líquidas zero do setor. Ademais, o setor poderá se beneficiar do compartilhamento de infraestruturas com setores de difícil descarbonização. Destaca-se como possibilidade de aplicação a **captura do CO₂ oriundo do processamento do gás natural**.

SUBSTITUIÇÃO DE DISPOSITIVOS PNEUMÁTICOS



Os **dispositivos pneumáticos**, amplamente utilizados no segmento de E&P, são movidos por pressão de gás natural, o que resulta em **emissões significativas de metano** associadas à liberação de CH₄ por meio de **vazamentos**, que muitas vezes são de difícil identificação e reparo.



LDAR



LDAR (do inglês, "*Leak Detection and Repair*") refere-se ao processo de **detecção e reparo de vazamentos**. Ele engloba várias técnicas e tipos de equipamentos e, ao identificar, mensurar e corrigir vazamentos, auxilia na **redução das emissões fugitivas**. O LDAR é aplicável ao longo de toda a cadeia produtiva do O&G.

POR QUE É IMPORTANTE?

Reduzir as emissões de GEE é uma meta **aplicável a todo e qualquer projeto** do Exploração e Produção. Todavia, saber em que **fase** um projeto de E&P se encontra **é fundamental** para uma **escolha assertiva das medidas de mitigação**.

Os projetos podem ser divididos em **duas categorias**: os ainda em sua fase de planejamento (**greenfield**) e os projetos já em operação (**brownfield**).

PROJETOS GREENFIELD



Permitem **maior liberdade** na escolha das medidas, já que são projetos novos em que a intervenção se dá na fase de planejamento



Maior Investimento Inicial e **tempo de retorno mais longo**, pois o prazo para a entrada em operação será maior

PROJETOS BROWNFIELD



A reutilização da infraestrutura existente pode reduzir os custos e diminuir o prazo para a entrada em operação



Menor flexibilidade na escolha das medidas, limitadas às alternativas que são aplicáveis a uma infraestrutura existente



Mesmo em ativos que não foram projetados para já operar com medidas de mitigação implementadas, pode-se **construir infraestruturas flexíveis**, planejando **adequações futuras**. Dessa forma, aumenta-se a flexibilidade operacional e a perenidade do ativo, reduzindo a necessidade de novos investimentos e de **retrofit**. Esta ação é ainda mais importante para **projetos offshore**.



Viabilidade de Integração com a Infraestrutura Existente

Avaliar se a medida pode ser integrada nas plataformas já construídas, considerando adaptações mínimas na tecnologia e nos processos operacionais



Custo-Efetividade

Priorizar medidas com maior custo-benefício, especialmente em projetos com orçamentos limitados, para maximizar a redução de emissões minimizando custos



Disponibilidade de Conhecimento Tecnológico

Verificar se há equipe com *expertise* ou se serão necessários treinamentos específicos para implementar a medida, garantindo uma execução eficaz e segura



Existência de Regulação e Incentivos

Identificar quais medidas já possuem regulação estabelecida ou incentivos econômicos para sua implantação, observando a evolução do arcabouço jurídico e regulatório



Tempo de Retorno sobre o Investimento

Considerar o prazo para que a medida comece a gerar retorno (seja econômico ou ambiental) e avaliar se ele está alinhado com os objetivos do projeto e das operações de E&P



Impacto Ambiental e Social

Analisar o potencial impacto positivo da medida sobre o meio ambiente e a comunidade local, principalmente em operações sensíveis em áreas de proteção ou próximas a zonas habitadas

Acompanhe as publicações da EPE em:



Todas as medidas apresentadas fazem parte do estudo que a EPE desenvolveu para atender à Resolução N.º 8/2024 do CNPE.



CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DAS
MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Superintendência de Petróleo e Gás Natural | Superintendência de Meio Ambiente

Presidente
Thiago Guilherme Ferreira Prado

Coordenação Geral
Heloisa Borges Bastos Esteves
Thiago Ivanoski Teixeira

Coordenação Executiva
Marcos Frederico Farias de Souza
Elisângela Medeiros de Almeida

Coordenação Técnica
Regina Freitas Fernandes
Roberta de Albuquerque Cardoso
Hermani de Moraes Vieira

Equipe Técnica (SPG)
Bruna Silveira Guimarães
Isis de Oliveira Fernandes
Natália da V. Bonavita
Teixeira
Nathália Oliveira de Castro
Rafael Freitas Funcia Lemme

Equipe Técnica (SMA)
Guilherme de Paula
Salgado
Marcos Ribeiro Conde
Mariana Lucas
Barroso

A EPE se exime de quaisquer responsabilidades sobre decisões ou deliberações tomadas com base no uso das informações contidas neste informe, assim como pelo uso indevido dessas informações