

Por ordem do



Ministério Federal  
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza  
e Segurança Nuclear

Por meio da:

**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



SECRETARIA DE  
EMPREENDEDORISMO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



da República Federal da Alemanha



**ProQR**

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS



# AValiação PRELIMINAR AMBIENTAL ESTRATÉGICA

**BRASIL E ALEMANHA EM PARCERIA PARA A  
DESCARBONIZAÇÃO**

# Diretrizes Principais

***Propor ações efetivas e exequíveis para a garantia dos ritos burocráticos de um licenciamento ambiental seguro do ponto de vista jurídico, social e ambiental.***

Publicado por  
ProQR – Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos  
Cooperação Técnica Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável

Coordenação do ProQR  
Marcos Oliveira Costa

Elaboração Técnica  
Maria Angélica Garcia (coordenadora)  
Kênia Godoy (colaboradora)  
Túlio Marcos Godoy (colaborador)

Revisão de técnica  
Marcos Costa  
Elizabeth Melo

Revisão de texto  
Ana Terra Mejia Munhoz

Projeto gráfico e diagramação  
João Bosco Gouveia Ramos

Direção do ProQR  
Eduardo Soriano Lousada (MCTI)  
Tina Ziegler (GIZ)

Execução do ProQR  
MCTI  
Rafael Silva Menezes  
Gustavo de Lima Ramos

GIZ  
Marcos de Oliveira Costa  
Elizabeth Melo

Avaliação Ambiental Preliminar  
para o Licenciamento de  
Plantas de Produção de  
Eletrocombustível Renovável de  
Aviação Próximas a Aeroportos  
Remotos no Brasil



GARCIA, GODOY & GODOY, 2020

# AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR

- [...] *A fragmentação institucional crescente tem valorizado as regras formalizadas e explícitas, e essa tendência tem sido estimulada pela internacionalização de atores econômicos, além de uma confiança mais ampla em contratos formais a serem firmados entre atores (PINTO JÚNIOR et al., 2019)*
- *A presença de diferentes esferas de autoridade institucional para tratar de um determinado problema remete ao conceito de regulação difusa, definido como o exercício de tarefas regulatórias repartidas entre instituições diferentes, com baixo grau de coordenação interinstitucional (Monnerat, 2018) (sic.) (2018)“*

# Emissões de GEEs – setor aéreo



ProQR  
COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS

- Do total de emissões globais de carbono, 2,5% são provenientes da aviação (CARBON MARKET WATCH, 2013). Embora este seja um dos menores índices de emissões de CO<sub>2</sub>, é mais prejudicial se comparado ao de outras fontes. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1999), isso ocorre porque os poluentes lançados pelas aeronaves potencializam os efeitos do CO<sub>2</sub>, por conta das grandes altitudes em que são emitidos (alta troposfera e baixa estratosfera), incidindo diretamente sobre a concentração de GEEs.
  - Gases e partículas com possível impacto na qualidade local do ar (i.e., poluentes locais) - CO, COV, Nox, SO<sub>2</sub> e MP.
  - Gases de efeito estufa direto - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.
- Gases de combustão emitidos na queima do QAV, como partículas de óxidos de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos poliaromáticos, material particulado, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono, provocam importantes contribuições para o aumento do efeito estufa

# ARCABOUÇO LEGAL

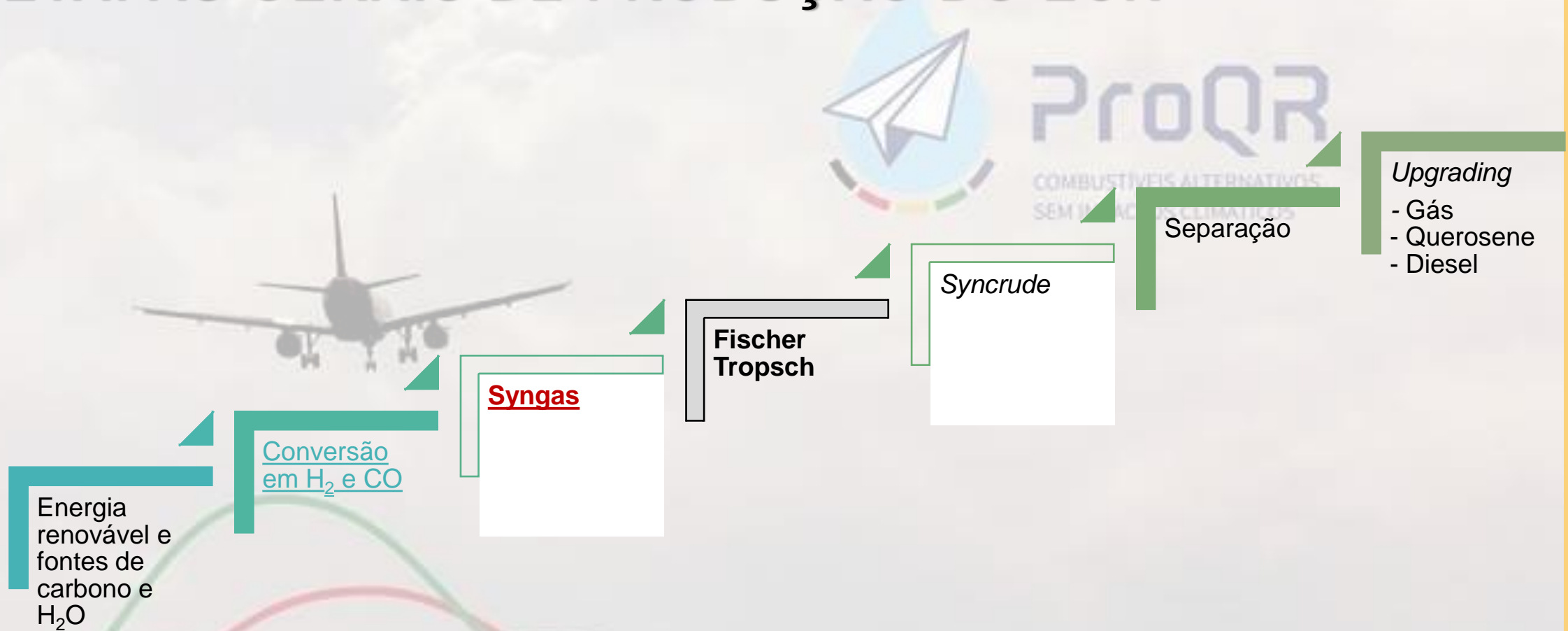


**ProQR**  
COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS

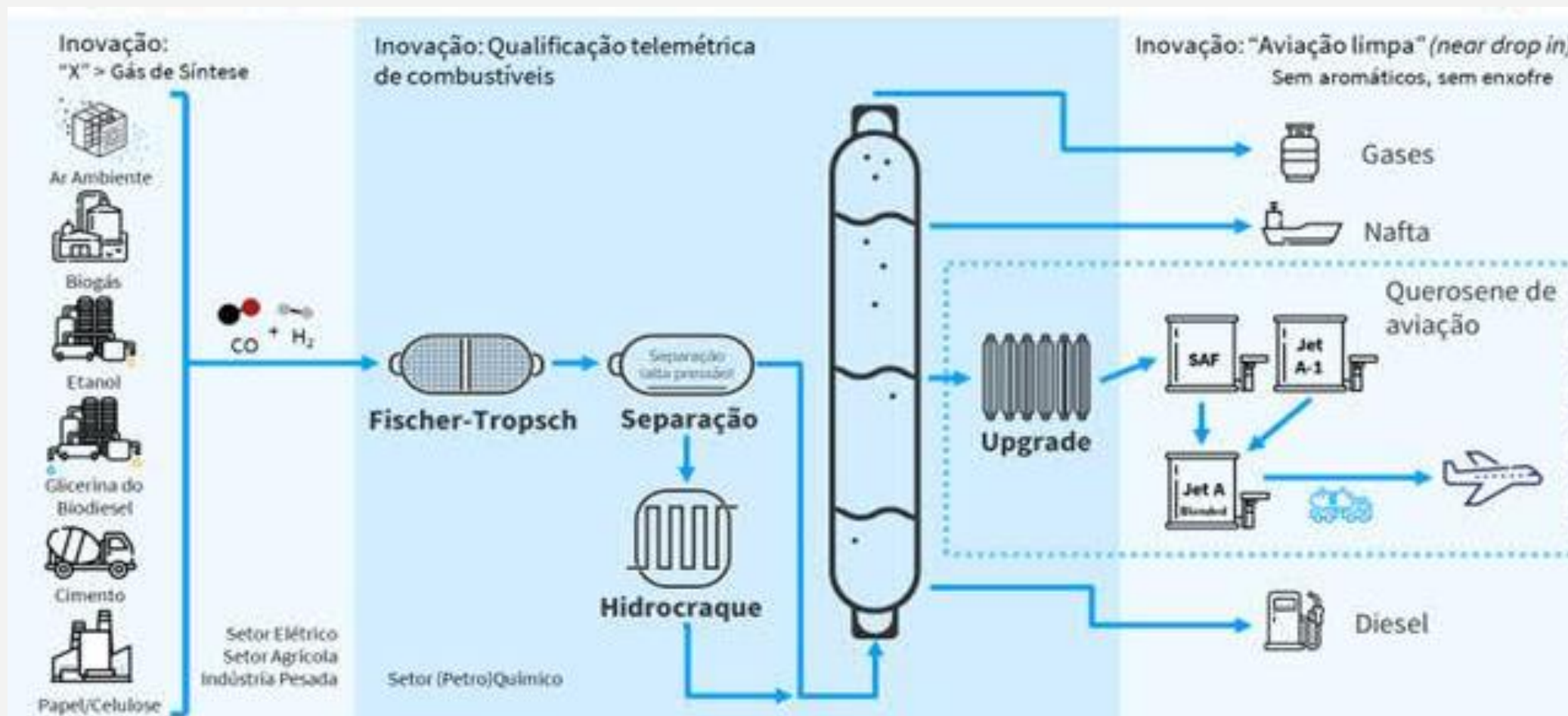


- Resolução ANP nº 778, que estabelece as especificações dos querosenes de aviação fóssil, alternativo e suas misturas, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional;
- Resolução ANP nº 779, que atualiza as definições de querosene de aviação C (QAV-C) e querosene de aviação alternativo e veda a importação de QAV-C, alterando as Resoluções ANP nº 17/2006 e 18/2006.
- Atendimento aos Padrões e Limites de Emissão Previstos na Legislação Ambiental

# ETAPAS GERAIS DE PRODUÇÃO DO ECR



# INOVAÇÕES NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ELETROCOMBUSTÍVEL RENOVÁVEL



# MATERIAL DE PARTIDA PARA OBTENÇÃO DO SYNGAS



**ProQR**  
COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS

- captura direta de CO<sub>2</sub> e água;
- reutilização do CO<sub>2</sub> resultante de processos industriais (como metalurgia, cimenteiras, termoelétricas) e água; e
- fonte de carbono, como o aproveitamento de subprodutos da produção de biodiesel (glicerina), da decomposição de resíduos sólidos urbanos e de outras fontes que, embora ricas em carbono, normalmente não possuem valor agregado.

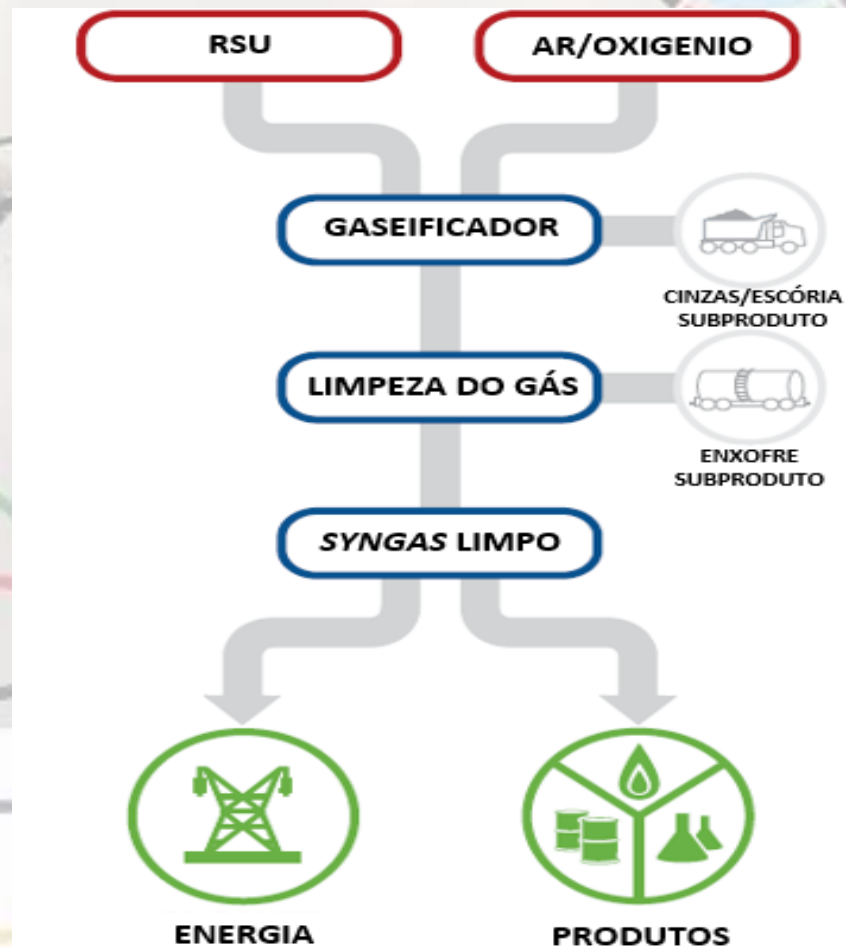


# PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO (ADAPTADO DE GTC, 2014)



ProQR

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS



# SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH



Contêiner móvel de unidade de pirólise  
(BIOGREEN, 2018)

- A síntese de Fischer-Tropsch (FT) é uma reação catalítica que converte o  $H_2$  e o CO (*Syngas*) em um produto chamado de *Syncrude*, que é uma mistura de cadeias de hidrocarbonetos e compostos oxigenados (por exemplo, álcoois, aldeídos, ácidos carboxílicos e cetonas), além de água.
- A composição do *Syncrude* depende do tipo de reator utilizado e das condições do processo, principalmente da temperatura e do catalisador utilizado. A síntese de FT em baixa temperatura ( $180^\circ\text{C}$  a  $250^\circ\text{C}$ ) produz em maior quantidade hidrocarbonetos de cadeias longas com baixo conteúdo de aromáticos e parafinas cíclicas.
- Os reatores utilizados para operar nos processos a baixas temperaturas são o de leito fixo e o de lama, com catalisador à base de cobalto, que apresenta boa resistência à desativação. As reações são fortemente exotérmicas devido às altas temperaturas e à pressão do processo.
- A síntese de FT em alta temperatura ( $300^\circ\text{C}$  a  $350^\circ\text{C}$ ) produz hidrocarbonetos de cadeias mais curtas e leves e com alto conteúdo de aromáticos. O reator mais utilizado é o de leito fluidizado, com catalisador à base de cobalto ou ferro. Além do catalisador, usa-se água para resfriamento e ocorre emissão de vapor, que pode ser reutilizado.

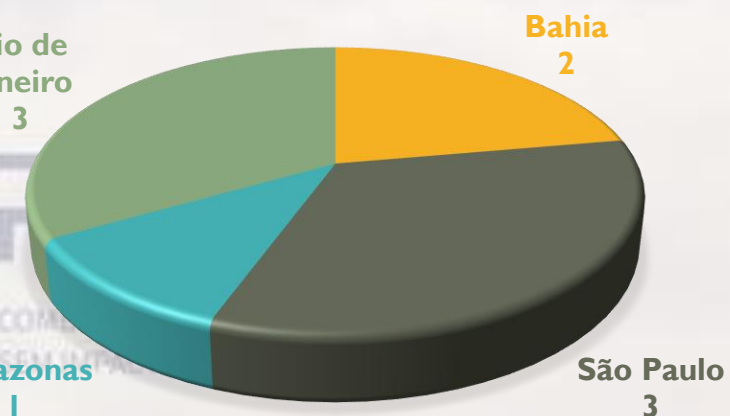
# VANTAGENS AMBIENTAIS DO ECR:



Rio de Janeiro  
3

Amazonas  
1

DISTRIBUIDORAS



- permitido o *blend* QAV usado em aeronaves (50%) - resoluções nº 778 e 779/2019 da ANP;
- reduz muito a emissão de GEEs na produção e, em especial, não emite gases contendo enxofre;
- metas propostas pela Oaci em termos de redução dos GEEs até 2050;
- plantas modulares (contêineres) de produção instaladas próximas aos campos de aviação e ampliadas de acordo com a demanda de regiões distantes das refinarias de QAV;
- as fontes renováveis de energia – eólica, solar, hídrica – certificação quanto à redução das emissão de GEEs;
- matérias-primas CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O;
- a reação de Fischer-Tropsch, é o ponto central de todo o processo e converte o *Syngas* em ECR;
- a utilização de água no processo é significativamente menor e bem atrativa do ponto de vista ambiental

Etapas/Fases	Processos Relevantes para o Meio Ambiente do QAV
I.1 Ciclo de Vida do Querosene de Aviação	
I.1.1 Fase Upstream	
I.1.1.1 Estudos Sísmicos e Geofísicos	Emite pulsos sonoros afeta a fisiologia dos organismos presentes no ambiente.
I.1.1.2 Perfuração e Extração	Fragmentação e destruição de ecossistemas marinhos e efeitos ecotóxicos ao meio ambiente e à saúde humana.
	A água produzida contém alta salinidade, partículas de óleo em suspensão, aditivos químicos, metais pesados e até mesmo certa radioatividade >>> contaminação de solos, águas superficiais e profundas.
	Causa distúrbios no funcionamento fisiológico da fauna e da flora em contato com os químicos de alta toxicidade da água produzida.
	Há risco de derramamentos de petróleo em torno das plataformas de extração, liberando no ambiente óleos com grande quantidade de compostos aromáticos (óleos leves) e efeito de recobrimento (sufocamento) da vida animal e vegetal (óleos pesados).
	Qualquer derramamento de petróleo também provoca a intoxicação direta, quando atinge ambientes como praias e rios, e por biomagnificação, se em animais consumidos pelo ser humano.

Etapas/Fases	Processos Relevantes para o Meio Ambiente do QAV
I.1.2 Fase Midstream	
I.1.2.1 Desidratação e Dessalinização	Gera água produzida, contendo sais, óleos, amônia, fenóis, cloreto e metais (que devem ser encaminhadas para Estação de Tratamento de Efluentes)
I.1.2.2 Destilação à Pressão Atmosférica (fracionada)	<p>Necessita de temperaturas a cerca de 400°C.</p> <p>As frações menos valiosas do petróleo destilado à pressão atmosférica são utilizadas como combustível para as caldeiras e aquecedores das refinarias, liberando gases tóxicos e de efeito estufa, como óxidos de enxofre, nitrogênio e carbono, mercaptanas, sulfetos, cloretos e fenóis.</p> <p>Ocorrem emissões de gases tóxicos, como o benzeno, o tolueno e o xileno, por emissão fugitiva.</p> <p>Gera vapores contaminados com ácido sulfúrico e amônia.</p>
I.1.2.3 Destilação a Vácuo	<p>É altamente eletrointensivo, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• precisa de temperaturas entre 250°C e 350°C.</li> <li>• promove a geração de gases poluentes e água residual.</li> </ul>
I.1.2.4 Hidrotratamento	<p>Faz uso de catalisador a alta pressão.</p> <p>Gera uma corrente de gases leves, como amônia e ácido sulfídrico, que são levados à estação de tratamento de gases da refinaria.</p>

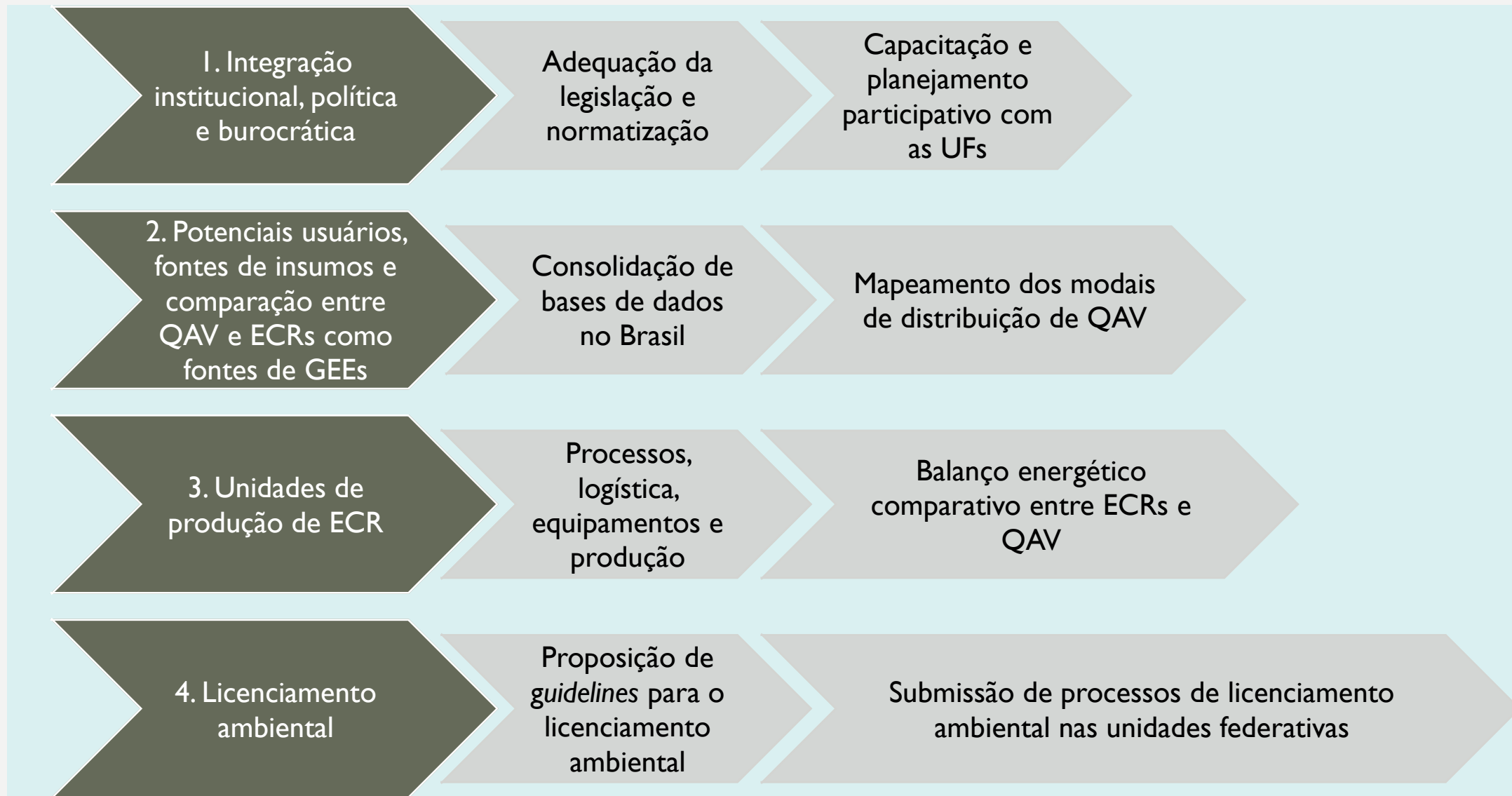
Etapas/Fases	Processos Relevantes para o Meio Ambiente do QAV
I.1.2 Fase Midstream	
I.1.2.4 Hidrotratamento	<p>Faz uso de catalisador a alta pressão.</p> <p>Gera uma corrente de gases leves, como amônia e ácido sulfídrico, que são levados à estação de tratamento de gases da refinaria.</p>
I.1.2.5 Tratamento Bender	<p>É altamente eletrointensivo.</p> <p>Faz uso de catalisador à base de chumbo.</p>
I.1.2.6 Hidrocraqueamento	<p>Gera efluente de soda cáustica exausta com altos teores de compostos de enxofre e compostos fenólicos, podendo conter aminas e catalisadores.</p> <p>Requer temperatura de 300°C a 475°C.</p> <p>Precisa de alta pressão.</p> <p>Os catalisadores podem ser regenerados.</p> <p>Emite GEEs.</p>

Etapas/Fases	Processos Relevantes para o Meio Ambiente do ECR
1. Obtenção do Syngas	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Captura direta de CO<sub>2</sub> do Ar Atmosférico</li> </ul>	Trata-se de uso eletrointensivo, pois necessita de água para reações com temperaturas de cerca de 100°C e também para água de resfriamento a <15°C
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aproveitamento de Emissões de CO<sub>2</sub> de Indústrias</li> </ul>	Trata-se de processo eletrointensivo, pois:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a água para lavagem do gás de combustão para retirada de SO<sub>2</sub> precisa ser tratada;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>para limpeza do gás, usa solução à base de amina que é recirculada no processo, devendo ser recuperada.</li> </ul>
2. Co-SOEC	Trata-se de processo eletrointensivo, pois:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>as temperaturas alcançam valores maiores que 800°C e o calor produzido pode (e deve) ser recuperado e reutilizado no sistema como energia;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>podem ocorrer reações secundárias, com formação de metano e CO<sub>2</sub>, os quais devem ser reutilizados no processo.</li> </ul>
4. Obtenção direta do Syngas a partir da <b>glicerina</b>	
Gaseificação	O gaseificador de plasma utiliza tochas de plasma que queimam a cerca 5.500°C
	Forma gases contendo, além de CO e H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , metano e outras impurezas.
	Para limpeza do gás, usa solução à base de amina que é recirculada no processo e pode (e deve) ser recuperada.

Etapas/Fases	Processos Relevantes para o Meio Ambiente do Eletrocombustível Renovável
	Os trocadores reciclam o calor de volta ao sistema, como vapor, permitindo a sua recuperação.
	Há formação de escória vitrificada, que, embora seja considerada inerte do ponto de vista químico, deve ter sua destinação ao final do processo avaliada.
5. Síntese de Fischer-Tropsch	Ocorre em duas faixas de temperatura: baixa (180°C a 250°C) e alta (300°C a 350°).
	Utiliza-se também de catalisadores.
	Utiliza-se de água para resfriamento, mas o vapor gerado pode ser reutilizado no processo.
	Pode formar produtos indesejados, como aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres e carbono.
6. Separação dos produtos da reação de FT	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destilação Fracionada</li> </ul>	Durante a separação da água (e compostos oxigenados nela dissolvidos), esta pode conter partículas de catalisador, como impurezas indesejáveis, de hidrocarbonetos leves e de frações pesadas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oligomerização e alquilação</li> </ul>	Exige o uso de catalisadores e consome muita energia no processo.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidromerização e Hidrocraqueamento</li> </ul>	Ocorre em alta temperatura.
	Faz uso de catalisadores, gerando resíduos não inertes do ponto de vista ambiental.



# DIRETRIZES



# RECOMENDAÇÕES (GARCIA ET AL., 2020)



**ProQR**  
COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS

- I. Estabelecer um processo prospectivo e propositivo de mecanismos que promovam a integração institucional, política e burocrática.*
- II. Estabelecer um mapeamento ambiental e das fontes de insumos e comparação entre QAV e ECRs como fontes de GEEs.*
- III. Avançar no detalhamento da instalação, operação e manutenção das unidades de produção de ECR.*
- IV. Propor ações efetivas e exequíveis para a garantia dos ritos burocráticos de um licenciamento ambiental seguro do ponto de vista jurídico, social e ambiental para os tomadores de decisão.*

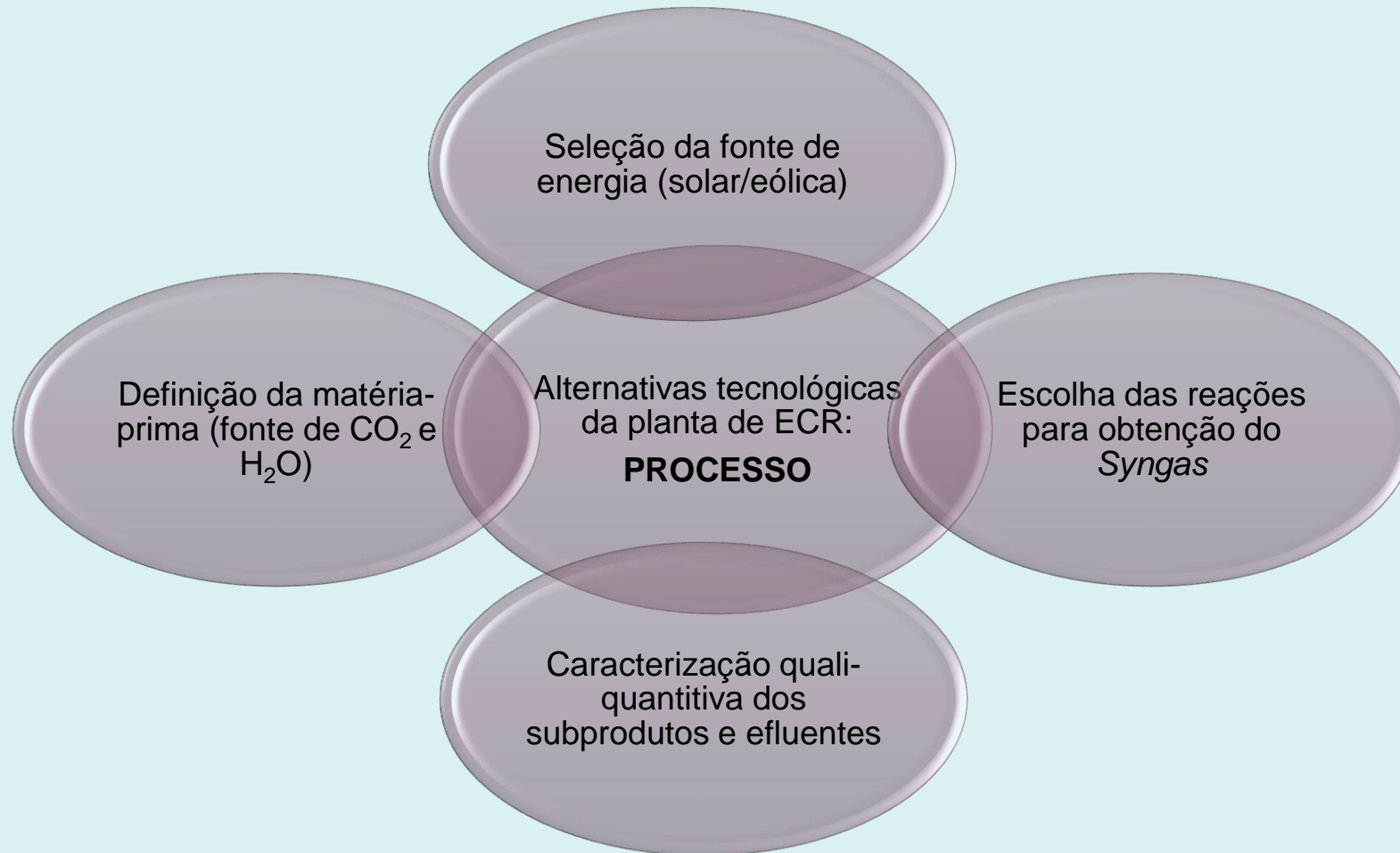
# ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS



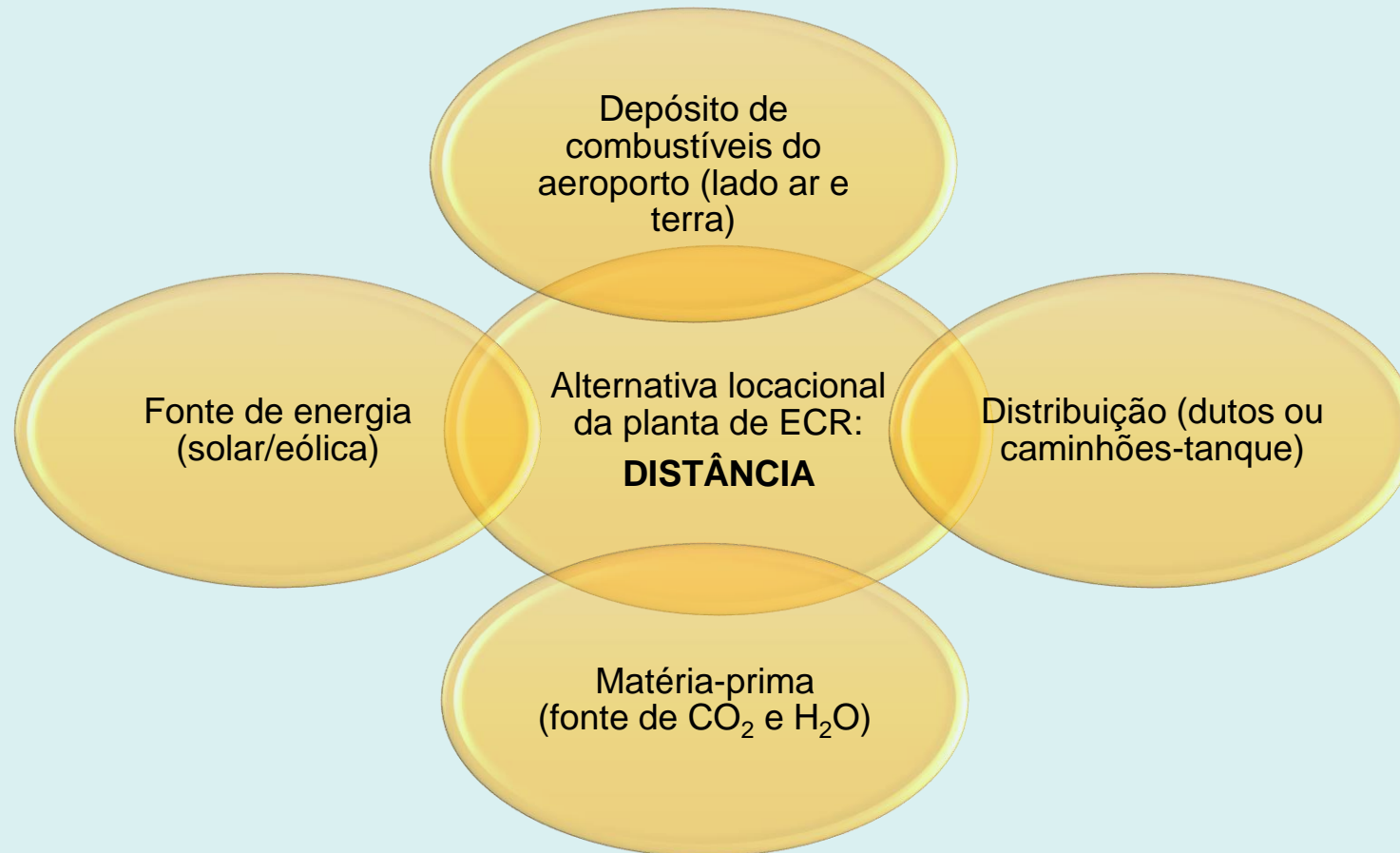
ProQR  
COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS

- Insumos de matérias-primas (C e H<sub>2</sub>) – entrada de CO<sub>2</sub>, seja por meio da captura do ar (capturadores), seja de matérias primas como a glicerina – e H<sub>2</sub>O – com avaliação da disponibilidade hídrica e respectivo mapeamento e detalhamento para o abastecimento da planta.
- Fontes de energia elétrica com indicadores de menor impacto ambiental para a instalação de centrais de autoprodução (eólica, termossolar, PCHs dedicadas).

# ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS - TR



# FATORES DETERMINANTES AIA



# CONCLUSÕES

- ✓ A produção de ECR em plantas modulares vai ao encontro das metas para a redução dos GEEs para o transporte aéreo, cuja contribuição chega a 2,5% do total das emissões no mundo.
- ✓ O ECR representa evidentes vantagens competitivas sobre seu análogo funcional, o QAV, derivado de petróleo.
- ✓ Normatização complementar deve ser cunhada como política afirmativa para implantação simplificada e ágil, tendo em vista os inegáveis impactos ambientais positivos do ECR – uso de energia solar e eólica, insumo primário para produção  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , uso de contêineres para implantação com menor uso de solo, proximidade a centros de aviação consumidores, menor consumo de água em comparação a outros biocombustíveis, entre outros.
- ✓ Argumentos majoritários para simplificação da licenciabilidade ambiental do ECR: o uso da matéria-prima (captura de  $\text{CO}_2$ ), um processo eletrointensivo exclusivamente suprido por fontes solares e/ou eólicas e a não emissão de compostos de enxofre durante sua produção ou consumo.
- ✓ Adoção das recomendações e diretrizes para dar continuidade à condução de procedimentos para o licenciamento ambiental em estreita cooperação com as instituições governamentais e não governamentais afetas à regulação ambiental.

# BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

ABDEL-AAL, H. K.; AGGOUR, M. A.; FAHIM, M. A. **Petroleum and gas field processing**. Nova York: Marcel Dekker, 2003.

ALVAREZ, N. M. C. M. **Caracterização da indústria petrolífera e do georrecurso petróleo**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2009.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Distribuição dos campos de aviação no Brasil. In: ROTH, F. **Cost analysis of aviation fuels in Brazil**. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Maio de 2018.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biocombustíveis de aviação**. 20 out. 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>

\_\_\_\_\_. Publicadas novas resoluções da ANP sobre combustíveis de aviação. 8 abr. 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/anp-e-p/5123-publicadas-novas-resolucoes-da-anp-sobre-combustiveis-de-aviacao#:~:text=A%20ANP%20publicou%20nesta%20segunda,ambas%20sobre%20querosene%20de%20avia%C3%A7%C3%A3o.&text=J%C3%A1%20a%20segunda%20atualiza%20as,%2F2006%20e%2018%2F2006>.

AZEVEDO, T. *et al.* SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Sci Data** **5**, 180045 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.45>

BRANDÃO, R. D. **Hidroisomerização de n-parafinas de cadeia longa catalisada por metais platínicos depositados em silicoaluminofosfatos para produção de biocombustíveis**. Dissertação (Mestrado) – UnB, Brasília, 2015.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988.1988.

CARBON MARKET WATCH. **Nature code annual report – 2013**. Brussels, 2013.

# BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

CLIMEWORKS. **Our technology – capturing CO<sub>2</sub> from air**. Disponível em: Climeworks.com. Acesso em: 11 novembro de 2019. 2019.

EBNER, J. A. **Options for the production of sustainable synthetic aviation fuel**. Brasília: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ Brazil) GmbH; Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (Brasil), 2018.

GARY, J. H.; HANDWERK, G. E.; KAISER, M. J. **Petroleum refining: technology and economics**. 5. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.

GURGEL, C. A. V. *et al.* Impactos de extração do petróleo (óleo e gás) no Rio Grande do Norte, na região do Alto do Rodrigues/RN. **Holos**, v. 3, p.130–147, 2013.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. UFRJ, 2001.

McGRATH, M. Por que a concentração de CO<sub>2</sub> foi recorde em 2016, apesar da redução nas emissões? **BBC News**, 30 de outubro de 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-41801515>.

MONDAL, S.; WICKRAMASINGHE, S. Ranil. Produced water treatment by nanofiltration and reverse osmosis membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 322, p.162-170, 2008.

PINTO JÚNIOR, H.Q. J. V. *et al.* **Desenvolvimento dos eletrocombustíveis de aviação: dinâmica tecnológica e desafios regulatórios**. Relatório Final – Projeto GIZ. Grupo de Economia de Energia (IE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2019.

POPPER, A. N.; SMITH, M. E.; MCCAULEY, R. D. Anthropogenic sound: effects on the behavior and physiology of fishes. **Marine Technology Society Journal**, v. 37, n. 4, p. 35–40, 2004.



# BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

RAMOS, A. L. D. *et al.* Atual estágio de desenvolvimento da tecnologia GTL e perspectivas para o Brasil. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1704-1716, 2011.

MACHADO, A. P. Combustível de aviação do Brasil é um dos mais caros do mundo - Querosene é, em média, 40% mais caro no país. **Revista Veja**. 28 de Agosto de 2018. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/combustivel-de-aviacao-do-brasil-e-um-dos-mais-caros-do-mundo/><https://veja.abril.com.br/economia/combustivel-de-aviacao-do-brasil-e-um-dos-mais-caros-do-mundo/>

RIBEIRO, H. Impactos da exploração do petróleo na saúde humana. **Revista USP**, v. 95, p. 61–71, 2012.

SANTOS, P. V. Impactos ambientais causados pela perfuração de petróleo. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 15, p. 153–163, 2012.

SCHMIDT, P. *et al.* **Power-to-liquids**: potentials and perspectives for the future supply of renewable aviation fuel. Munich: German Environment Agency, 2016.

SPEIGHT, J. G. **The chemistry and technology of petroleum**. 4. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

SZEWCZYK, S. B. O. **Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar**. FURG, 2006.

VILARDO, C. **Os impactos ambientais da pesquisa sísmica marítima**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

**Autores:**

[mariaangelicagarcia@icloud.com](mailto:mariaangelicagarcia@icloud.com)

[godoyken@hotmail.com](mailto:godoyken@hotmail.com)

[tuliomga@hotmail.com](mailto:tuliomga@hotmail.com)

**E-mail e links relacionados:**

[proqr@giz.de](mailto:proqr@giz.de)

<https://ptx-hub.org/proqr>

<https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2021/03/Licenciamento-Ambiental.pdf>

**Obrigada a todas e todos!**

## Avaliação Ambiental Preliminar para o Licenciamento de Plantas de Produção de Eletrocombustível Renovável de Aviação Próximas a Aeroportos Remotos no Brasil

