



LOQ4264

ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

Professor Dr. José Eduardo Holler Branco



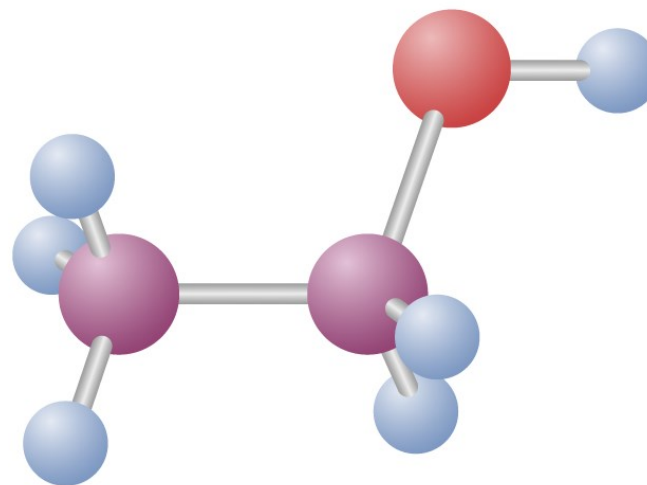
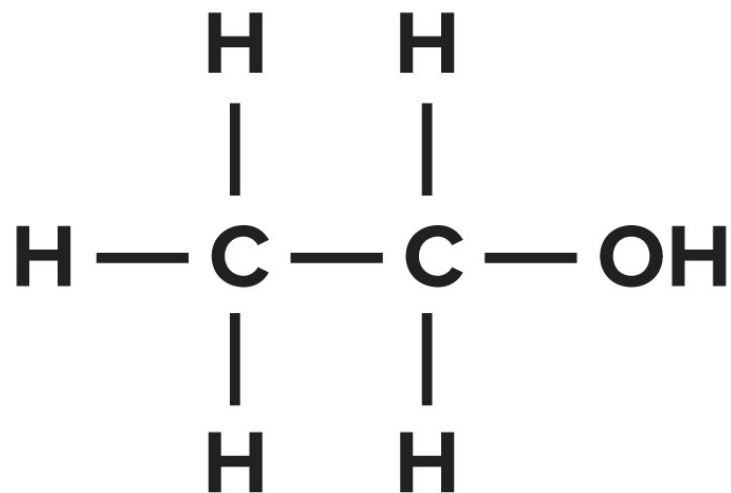
Escola de Engenharia de Lorena
Universidade de São Paulo



BIOCOMBUSTÍVEIS

ETANOL

Álcool Etílico: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$



® Imagem: <https://www.lecturio.com/pt/concepts/metabolismo-do-etanol/>

Etanol carburante é consumido no Brasil na forma de etanol hidratado (“drop-in”) ou anidro (misturado na gasolina – atualmente a mistura é de 27%) :

ETANOL

Produção de etanol no Brasil

Tipo de Instalação Produtora ● Etanol

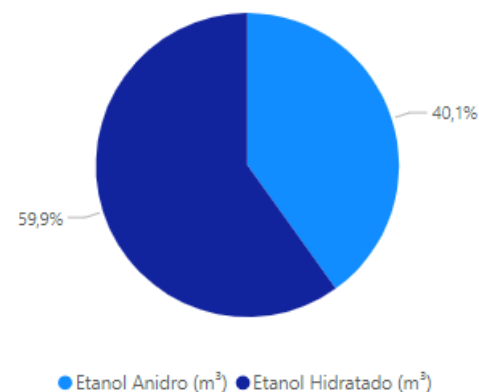
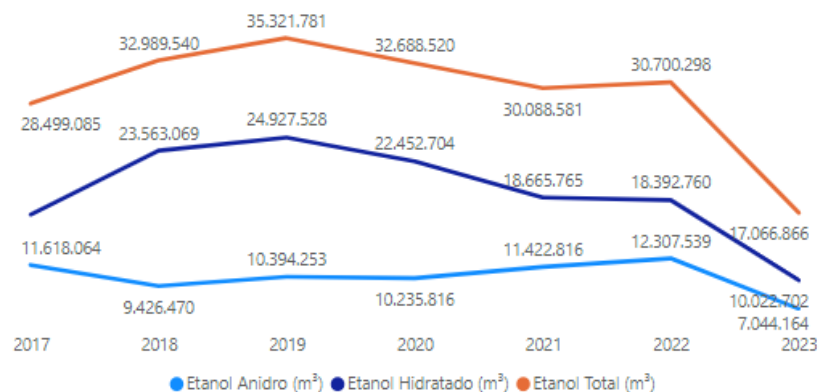
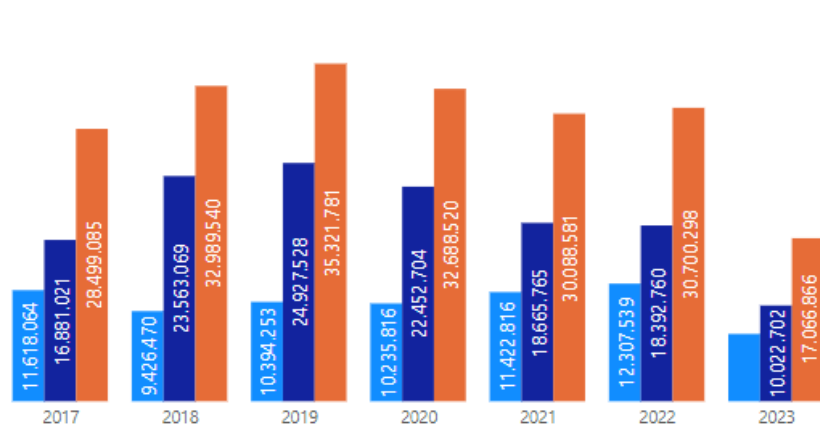


Fonte: Dados do Sistema de Movimentação de Produtos (SIMP) da ANP e do ODK - Collect em 30/08/2023 15:46:57

Fonte: ANP (2023)

ETANOL

Produção de etanol no Brasil

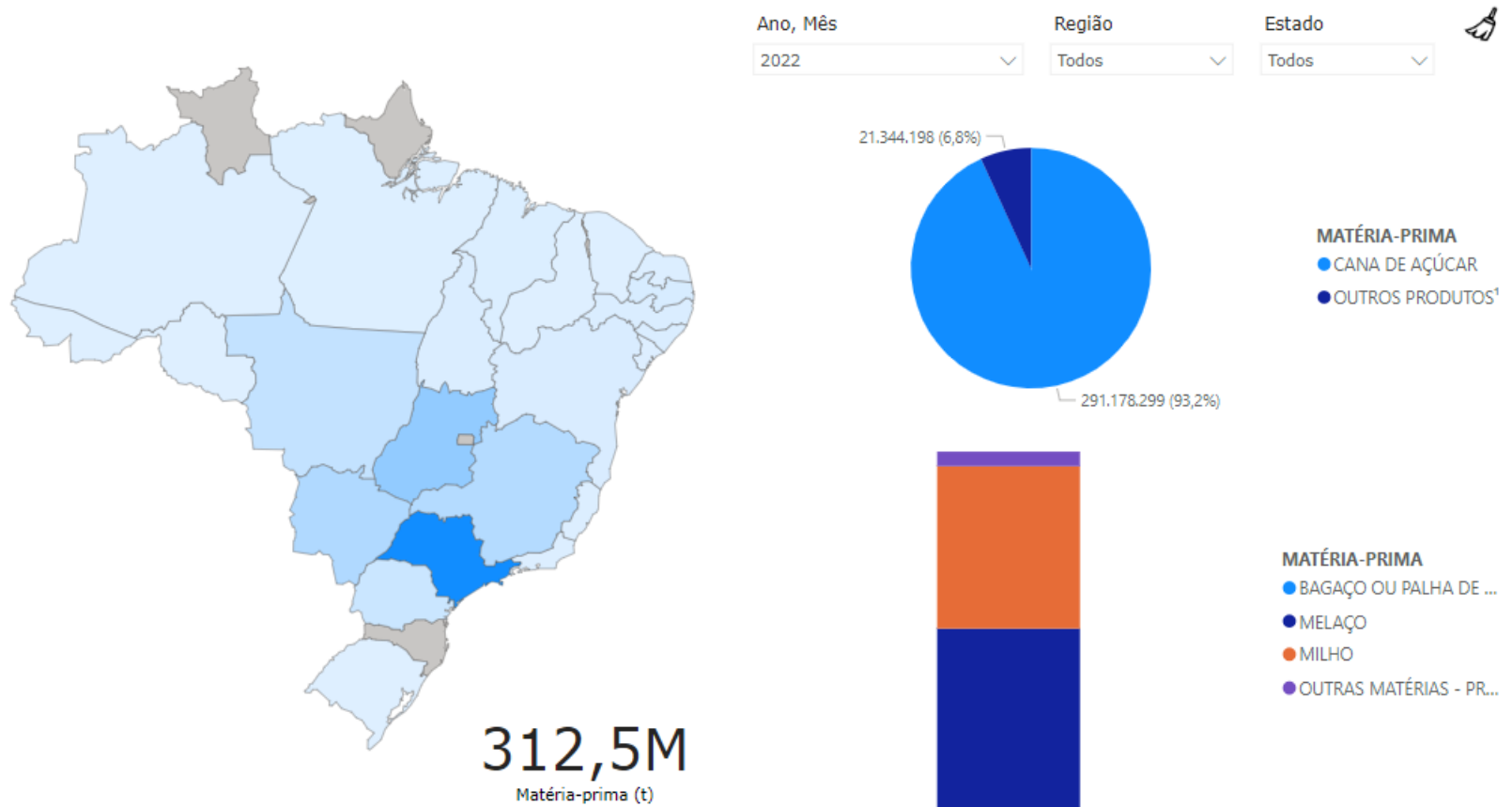


Brasil é o 2º maior produtor do mundo

Fonte: ANP (2023)

ETANOL

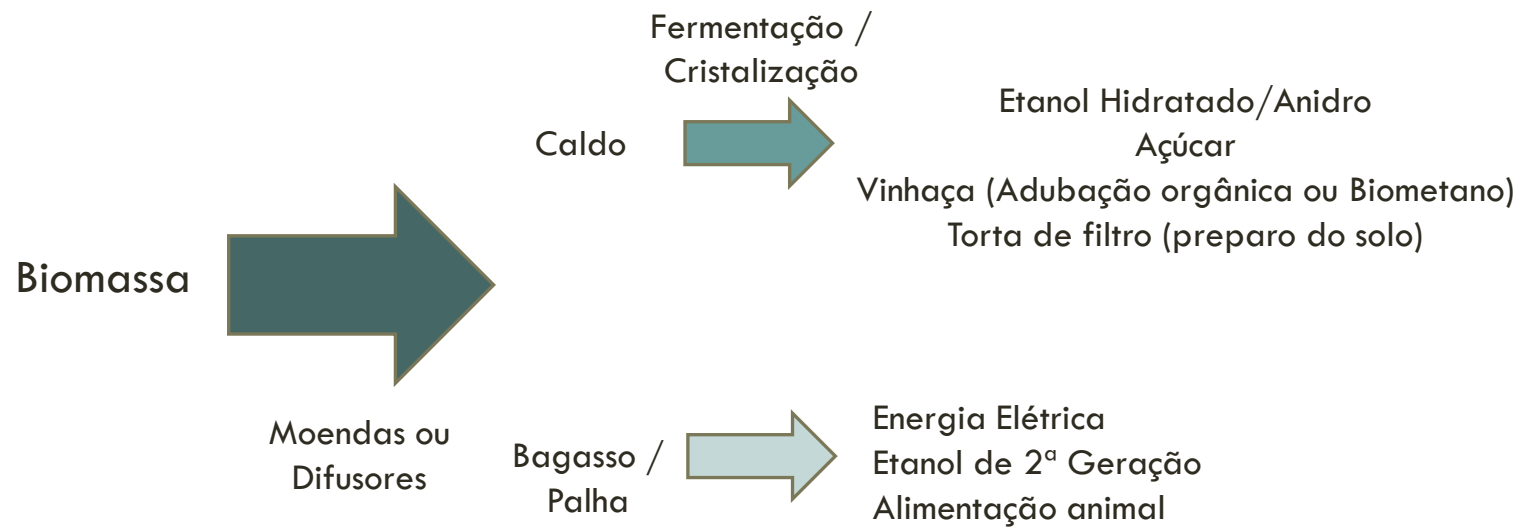
Biomassa utilizada para a produção de etanol no Brasil



ETANOL

Principais rotas tecnológica de produção de etanol no Brasil

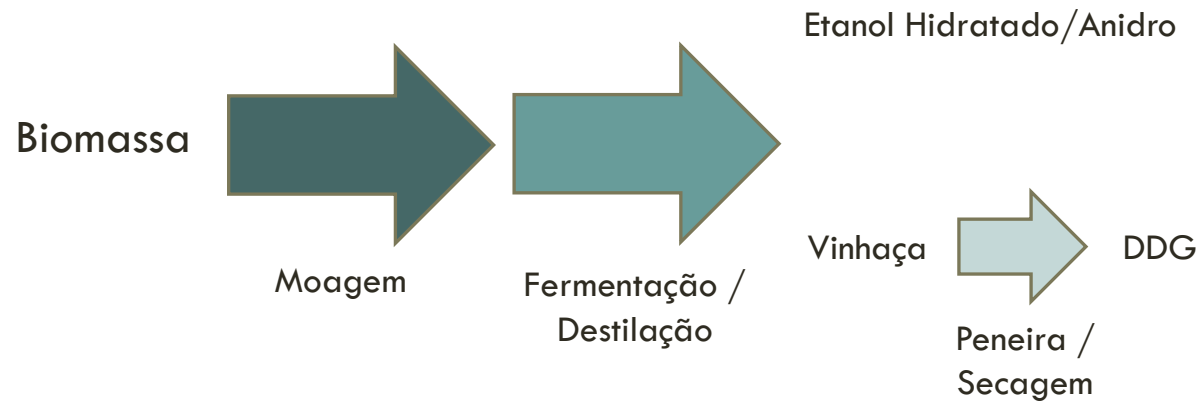
Etanol de primeira geração de cana-de-açúcar



ETANOL

Principais rotas tecnológica de produção de etanol no Brasil

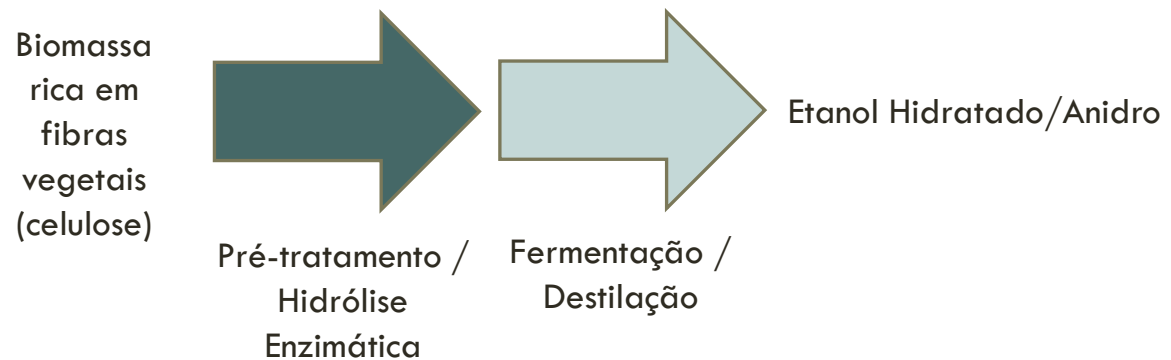
Etanol de primeira geração do milho



ETANOL

Principais rotas tecnológica de produção de etanol no Brasil

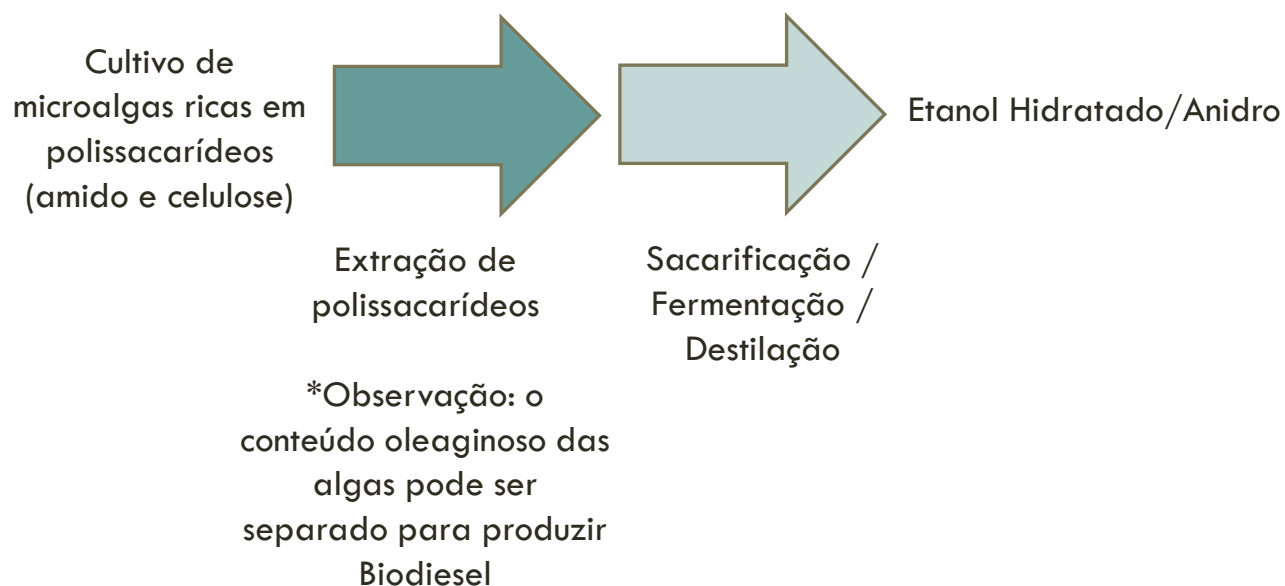
Etanol de segunda geração



ETANOL

Principais rotas tecnológica de produção de etanol no Brasil

Etanol de terceira geração (ainda não produzido em escala comercial)



BIODIESEL

Produção de Biodiesel no Brasil

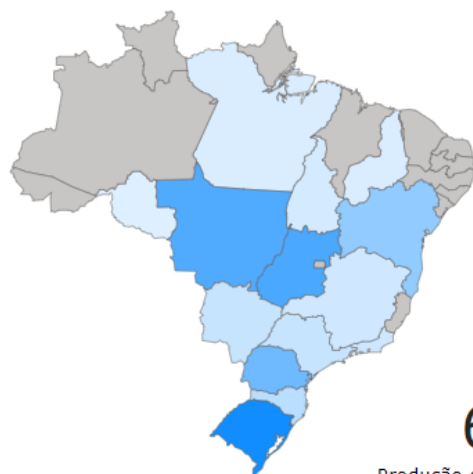
Tipo de Instalação Produtora ● Biodiesel



Fonte: Dados do Sistema de Movimentação de Produtos (SIMP) da ANP e do ODK - Collect em 23/08/2023 16:08:18

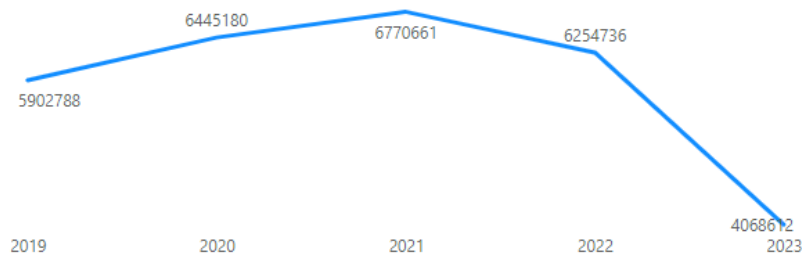
BIODIESEL

Produção de Biodiesel no Brasil

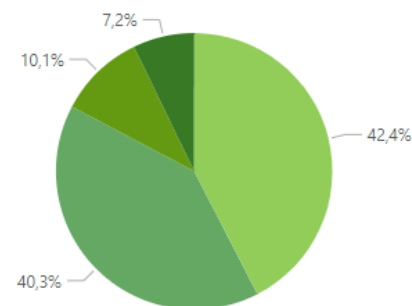
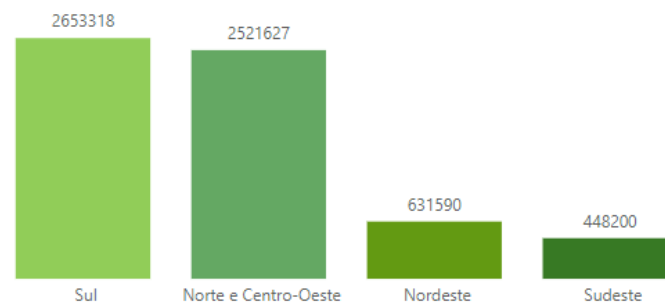


6M

Produção de Biodiesel (m³)



Ano: 2022 Mês: Todos



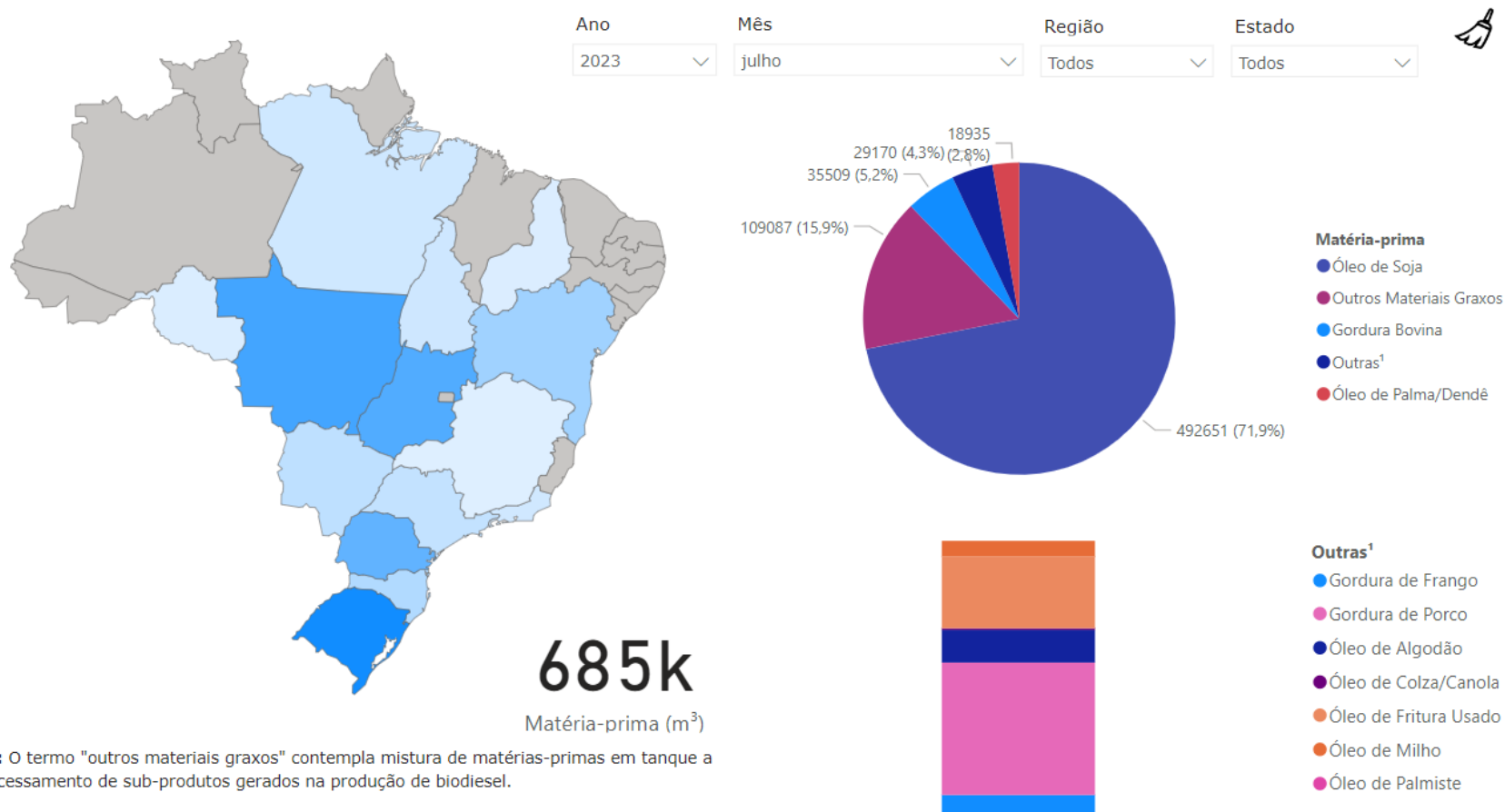
Região Origem: Sul, Norte e Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste

Brasil é o 2º maior produtor do mundo

Fonte: ANP (2023)

BIODIESEL

Biomassa utilizada na produção de Biodiesel



Nota: O termo "outros materiais graxos" contempla mistura de matérias-primas em tanque a reprocessamento de sub-produtos gerados na produção de biodiesel.

Fonte: ANP (2023)

BIODIESEL

Biomassa utilizada na produção de Biodiesel



BIODIESEL

Biomassa utilizada na produção de Biodiesel

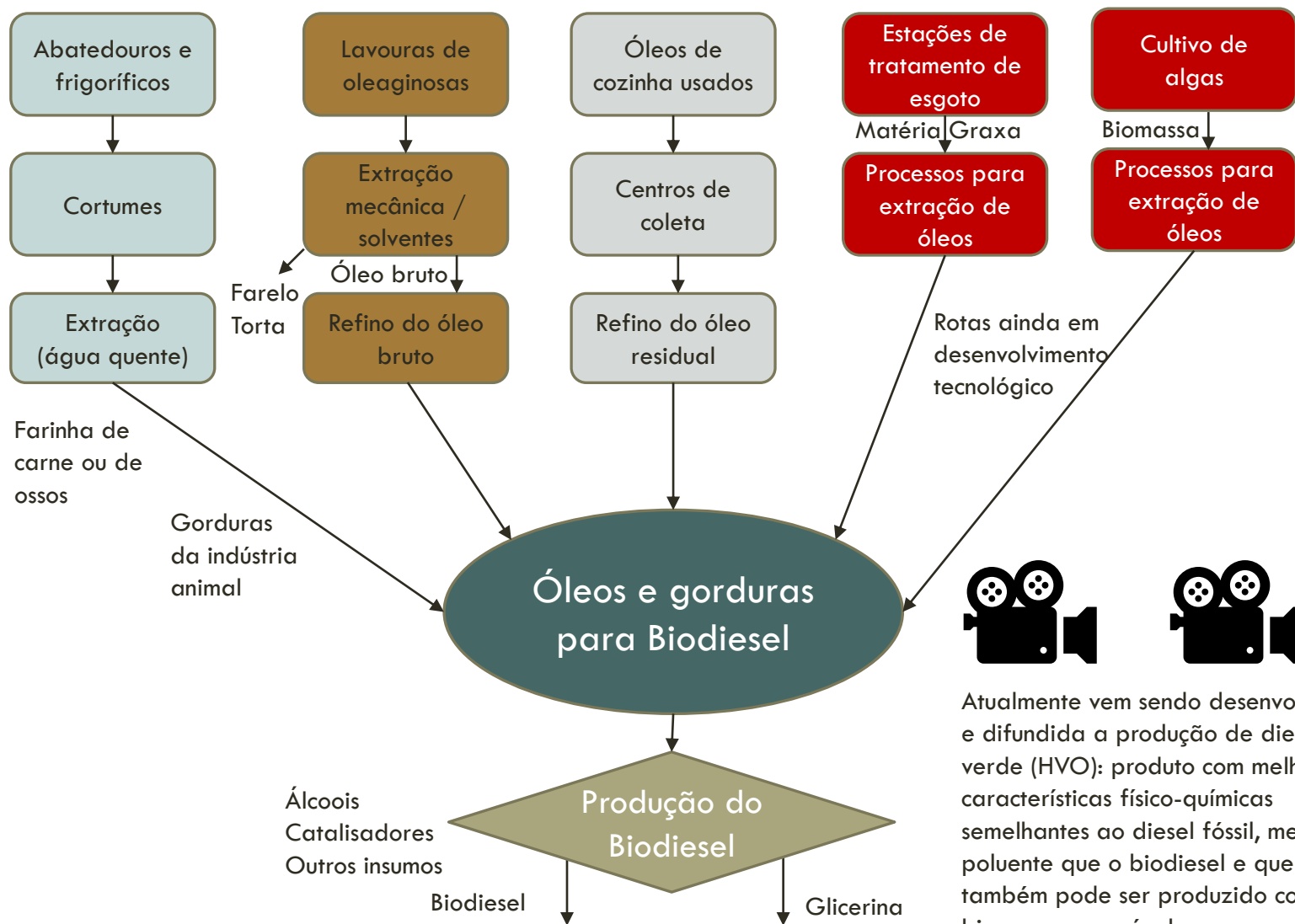
	Região com maior potencial	Rendimento	Vantagens	Desvantagens
Soja	CO / SU / S	500 l / ha	▪ Indústria já instalada ▪ Alta produção no BR	▪ Baixo rendimento ▪ <i>Commoditie</i> com precificação internacional ▪ Concorre com a produção de alimentos (fator inflacionário)
Gordura animal	CO / S	1 l / 1,05 kg de gordura	▪ Subproduto da indústria de carnes	▪ Baixo rendimento
Algodão	CO / NE	400 l / ha	▪ Aproveitamento do caroço gerado pelo beneficiamento do algodão	▪ Regiões produtoras são distantes do mercado consumidor
Óleo de cozinha	SE / S / NE	0,8 l / 1 l de óleo	▪ Baixo custo de beneficiamento (filtragem)	▪ Sistema de coleta ainda deficiente

BIODIESEL

Biomassa para Biodiesel ainda não utilizada em escala comercial no país

	Região com maior potencial	Rendimento	Vantagens	Desvantagens
Mamona	NE	2.000 l / ha	Alto rendimento por área	- Viscosidade do óleo dificulta produção - Elevados preços do óleo devido a mercados concorrentes
Dendê	N	4.000 l / ha	Alto rendimento por área	Maior parte da produção é utilizada na indústria alimentícia e de cosméticos
Pinhão Manso / Macaúba	BR	3.000 – 4.000 l / ha	Alto rendimento por área	- Pequena área de plantio comercial - Poucas variedades adaptadas
Algas		50.000 l / ha	Elevadíssimo rendimento	Processo de produção ainda não é economicamente viável

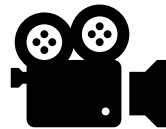
ROTAS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL



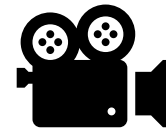
Atualmente vem sendo desenvolvida e difundida a produção de diesel verde (HVO): produto com melhores características físico-químicas semelhantes ao diesel fóssil, menos poluente que o biodiesel e que também pode ser produzido com biomassa renovável.

BIOGÁS & SAF

BIOGÁS



SAF



HIDROGÊNIO

O hidrogênio é um gás encontrado em abundância na Terra: em combustíveis fósseis, água, plantas, animais e até mesmo nos seres humanos;

Revela enorme capacidade de armazenar energia, e possui baixo peso molecular, retendo grande quantidade de energia por unidade de massa, mais do que qualquer outro combustível;

É raro o hidrogênio puro ser obtido diretamente na natureza, e para obtê-lo na sua forma pura é preciso isolá-lo por meio de processos que consomem elevadas quantidades de energia. Dependendo da fonte que supre a energia para obtenção do hidrogênio, ele pode ser classificado como verde, azul ou cinza.

HIDROGÊNIO

VANTAGENS DO HIDROGÊNIO

Ampla diversificação de uso, em diversos setores, como o de transportes e na indústria;

Elevada densidade energética, sendo três vezes mais potente que a gasolina;

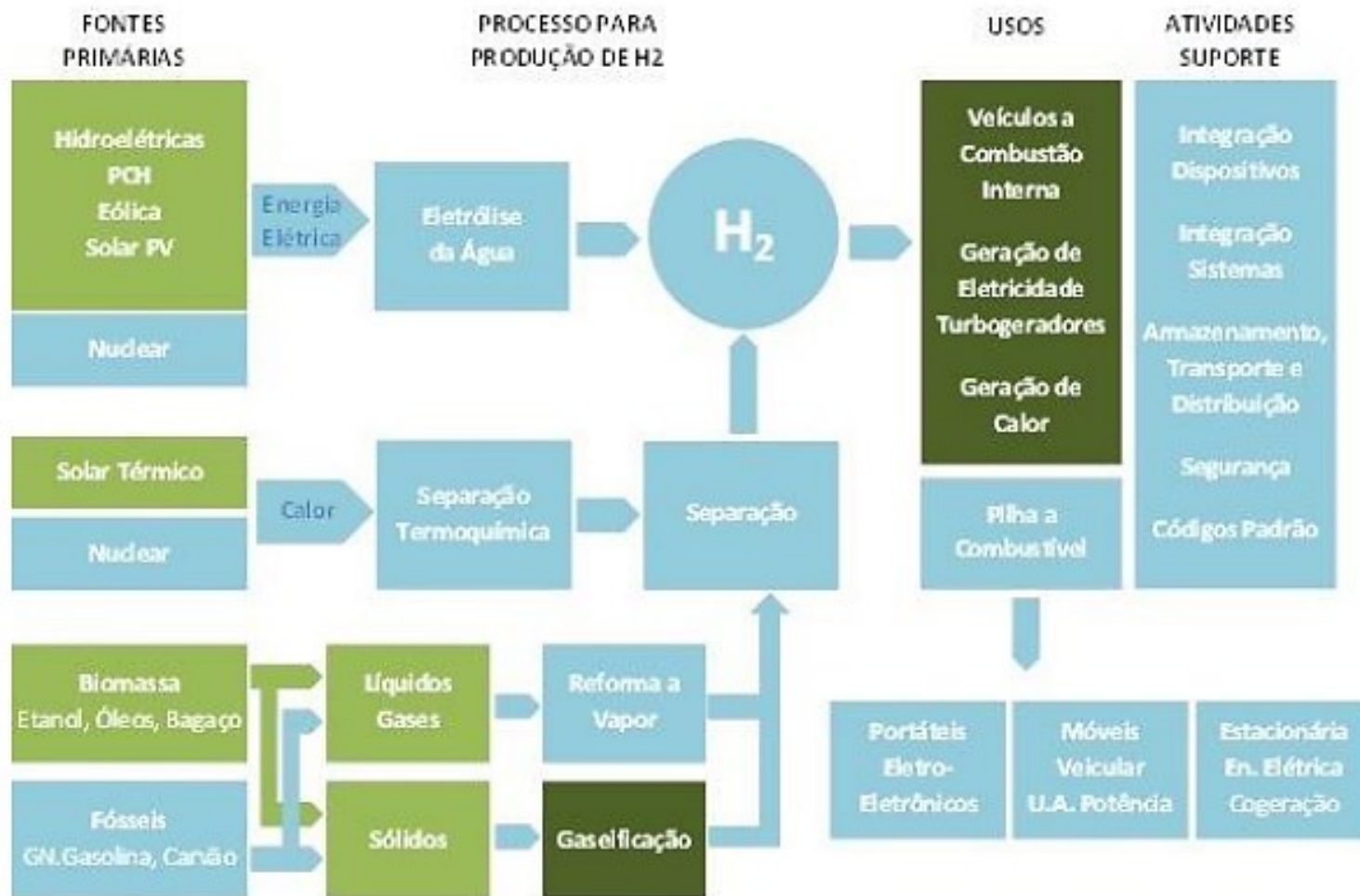
Pode ser produzido consumindo-se fontes de energia renováveis, com zero ou baixo nível de emissão de gases de efeito estufa;

Os motores a célula a combustível hidrogênio não geram poluição sonora e poluição atmosférica;

Pode ser armazenado durante longos períodos; e

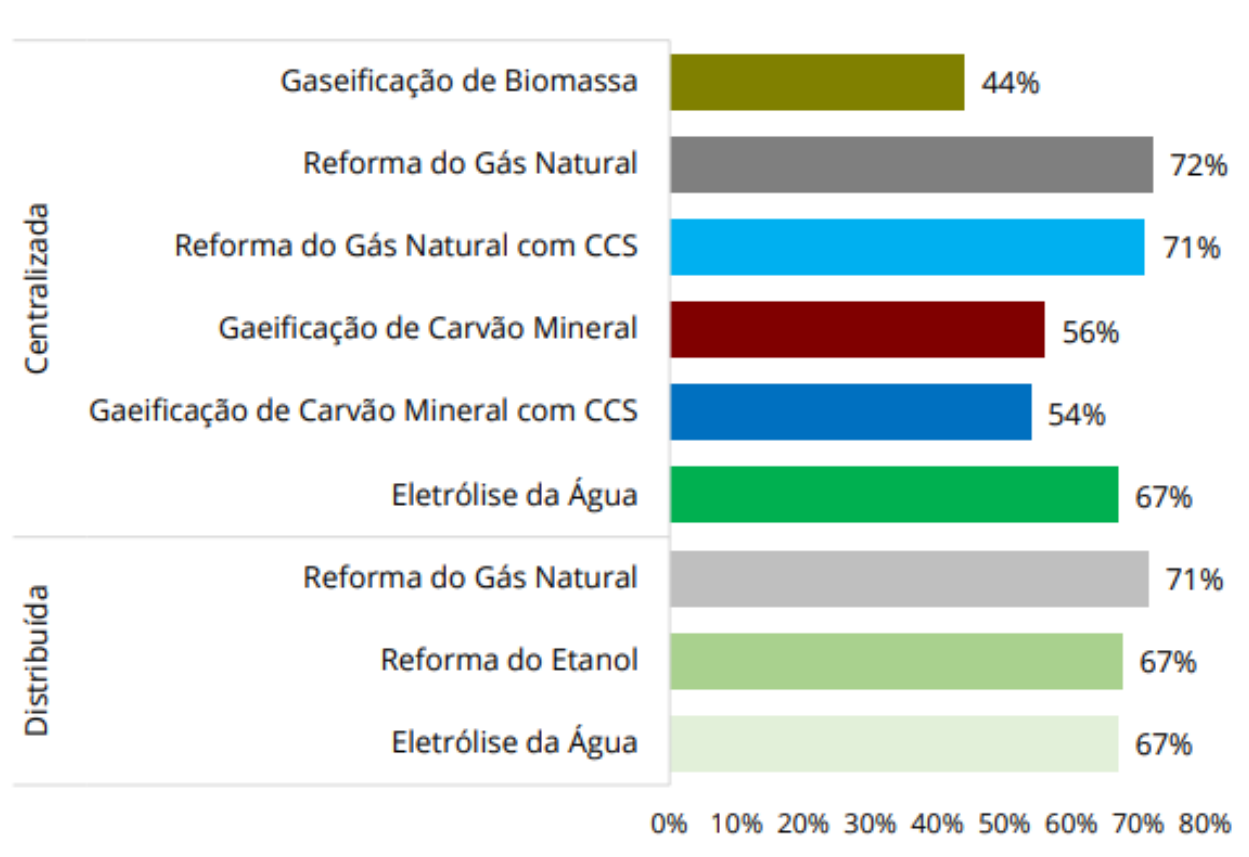
Cria postos de trabalho e promove o desenvolvimento socioeconômico e tecnológico.

PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO



PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO



Fonte: EPE (2023)

PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

Cor	Classificação	Descrição
	hidrogênio preto	produzido de carvão mineral (antracito) sem CCUS
	hidrogênio marrom	produzido de carvão mineral (hulha), sem CCUS
	hidrogênio cinza	produzido do gás natural sem CCUS
	hidrogênio azul	produzido a partir de gás natural (eventualmente, também a partir de outros combustíveis fósseis) com CCUS
	hidrogênio verde	produzido a partir de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar) via eletrólise da água.
	hidrogênio branco	hidrogênio natural ou geológico
	hidrogênio turquesa	produzido por craqueamento térmico do metano, sem gerar CO ₂
	hidrogênio musgo	produzido de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica

HIDROGÊNIO

CUSTO DE PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO (US\$/Kg)

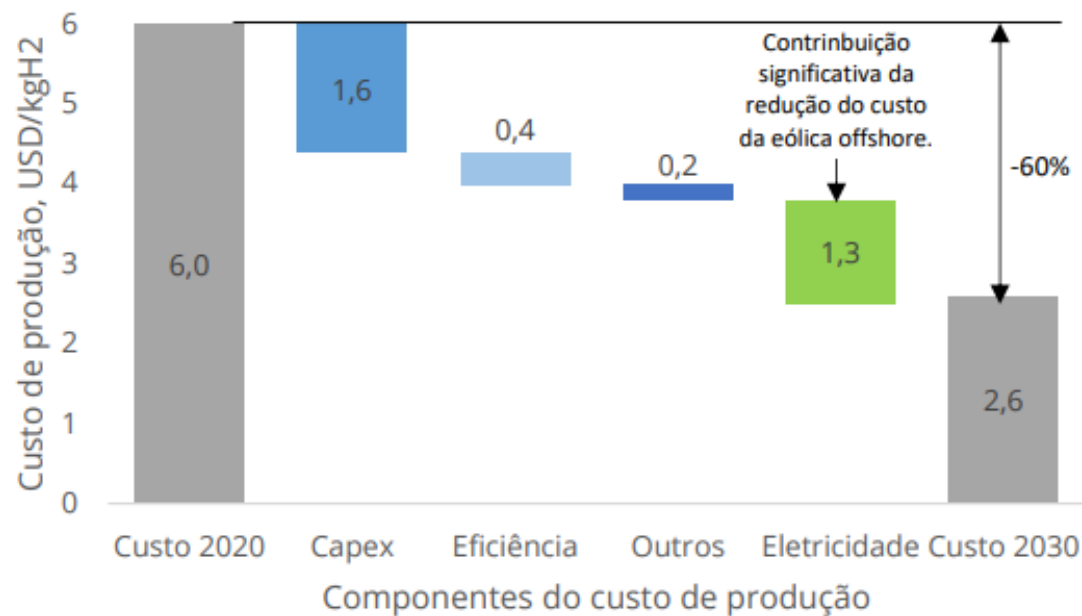
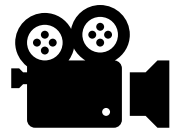


Figura 9 – Projeção de redução de custos de produção de hidrogênio a partir de eletrólise.

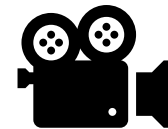
Fonte: HYDROGEN COUNCIL (2020)

BIOGÁS & SAF

H2V NO BRASIL



LOGÍSTICA DO H2 VERDE



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SAE BRASIL. 2023. Hidrogênio Como Combustível. Disponível em: <https://saebrasil.org.br/noticias/hidrogenio-como-combustivel/>. Acesso em: 28 set 2023.

SOUZA, M. (Org.). Tecnologia do hidrogênio. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2009.

EPE. 2021. Bases para a consolidação da estratégia brasileira do hidrogênio. Brasília: EPE, 23 fev. 2021. (Nota Técnica n. 003). Disponível em: <https://bit.ly/3RcLfcb>.

Oliveira, M. 2016. Óleo para o Biodiesel. In.: Pesquisa FAPESP 245. p. 67-69.