



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

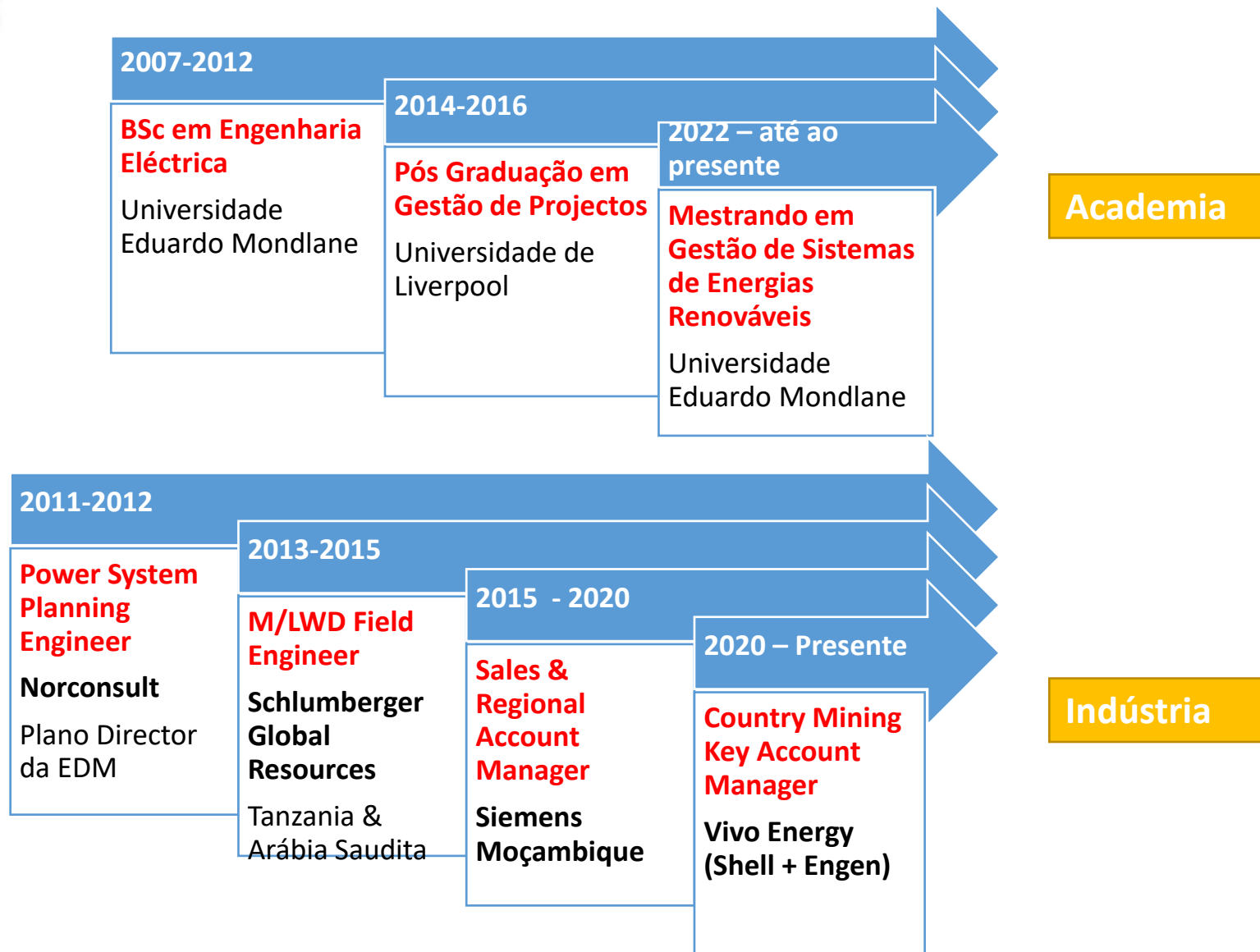
Palestra

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO DA GASOLINA POR BIOETANOL DE
MILHO EM MOÇAMBIQUE.**

ORADOR: NHACASSANE, DÁRIO MARCELINO

MARÇO, 2023

SOBRE MIM



Outras funções:

- Membro do CAQ Electrotecnia na OrdEM.
- Membro da AMELEC.
- Docente Assistente Estagiário.

Áreas de Interesse

- Bioenergia.
- Bioeconomia e Finanças de Energia.
- LNG.
- Sistemas de Potência.

Outras informações

- 33 Anos
- Casado.
- Pai de duas lindas meninas.

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

- Moçambique possui uma ampla e diversificada base de recursos energéticos, por meio dos quais pode responder a sua demanda interna bem como satisfazer os mercados regional e internacional.
- A energia da biomassa em forma de lenha e carvão é a maior fonte de energia utilizada no sector doméstico no país.
- Ao nível dos combustíveis líquidos, Moçambique depende dos combustíveis fósseis e importa 100% da sua demanda.

PRODUTO	VOLUMES IMPORTADOS (m3)	
	2021	2022
ULP - Gasolina	557,908	547,665
AGO - Diesel	1,436,697	1,588,036
TOTAL	1,994,605	2,135,702

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS (CONT.)

- **O objectivo desta sessão é de** apresentar uma comparação entre o biocombustível etanol e o seu equivalente fóssil gasolina.
- É apresentado o processo de produção do bioetanol por meio de milho, sua cadeia de valor, seus subprodutos, vantagens e desvantagens quando comparado com o bioetanol a partir de outras matérias primas tais como a cana de açúcar.
- Pretende-se também analisar cenários para o desenvolvimento do combustível em Moçambique em substituição da gasolina.

2. MATRIZ ENERGÉTICA DE MOÇAMBIQUE

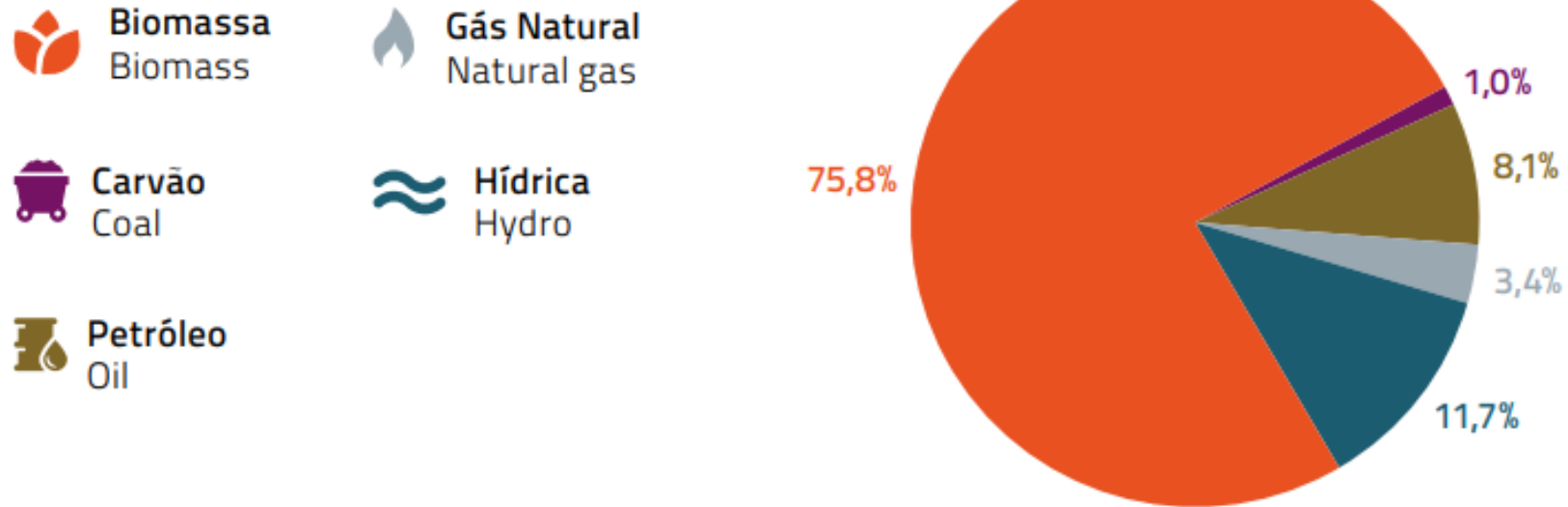


Fig. 1 Percentagem do fornecimento total de energia primária por fonte em 2014 / Fonte: AIE, 2017

3. Fontes de energias de biomassa em Moçambique

Segundo o FUNAE, Moçambique dispõe de diferentes recursos de biomassa para produção de electricidade:

- **Biomassa florestal:** Proveniente dos resíduos lenhosos da exploração convencional da madeira ou plantações dedicadas;
- **Biomassa de resíduos industriais e agroindustriais:** Resíduos das explorações agroindustriais, materiais residuais das indústrias transformadoras da madeira e matérias vegetais;
- **Cogeração na indústria da pasta de papel:** Materiais residuais do processo de cozedura da madeira designados de “licores negros”;
- **Indústria açucareira:** Utilização do bagaço residual, resultante do processo de moagem da cana, para produção de energia em cogeração. A folhagem de cana-de-açúcar também poderá ser aproveitada;
- **RSU:** Através da inceneração com produção de energia eléctrica ou através da sua deposição em aterros sanitários para a produção de biogás;
- **Outros para off grid:** O biogás de pequenas e médias explorações pecuárias. A queima de óleos vegetais de coco ou jatropa em motores dedicados.

4. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E ESTATÍSTICAS MUNDIAIS

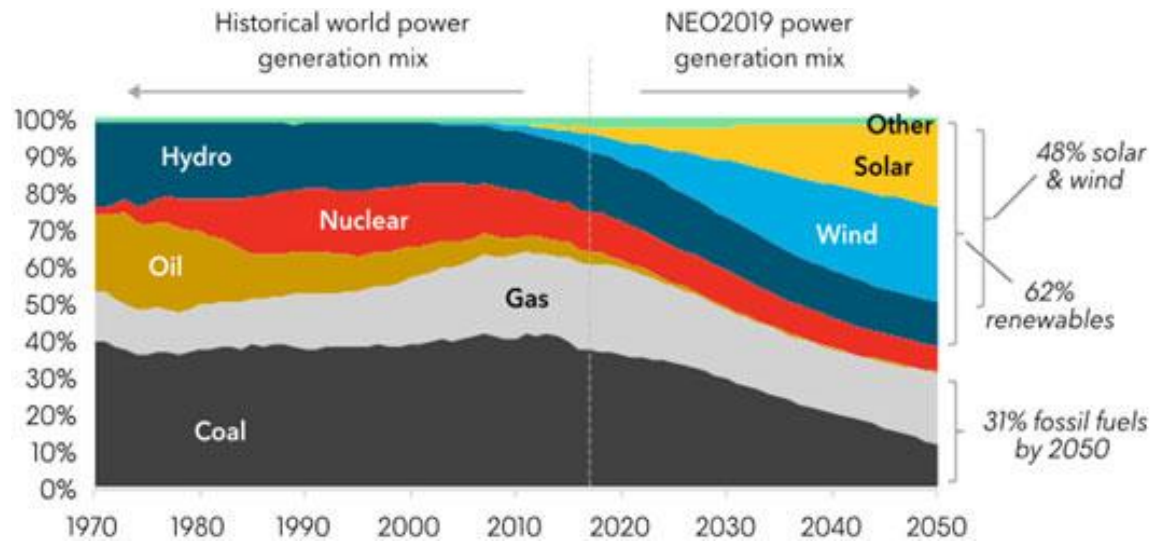


Fig. 2 Comportamento da matriz energética global desde 1970 a 2050 / Fonte: <https://denora.com/markets-industries/energy-transition.html>

■ Estados Unidos ■ Brasil ■ China ■ Índia ■ Canadá ■ Restante do mundo

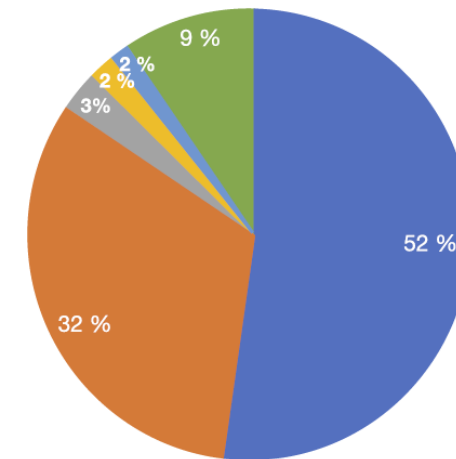


Fig. 3 Distribuição percentual da produção de bioetanol no mundo em 2020.

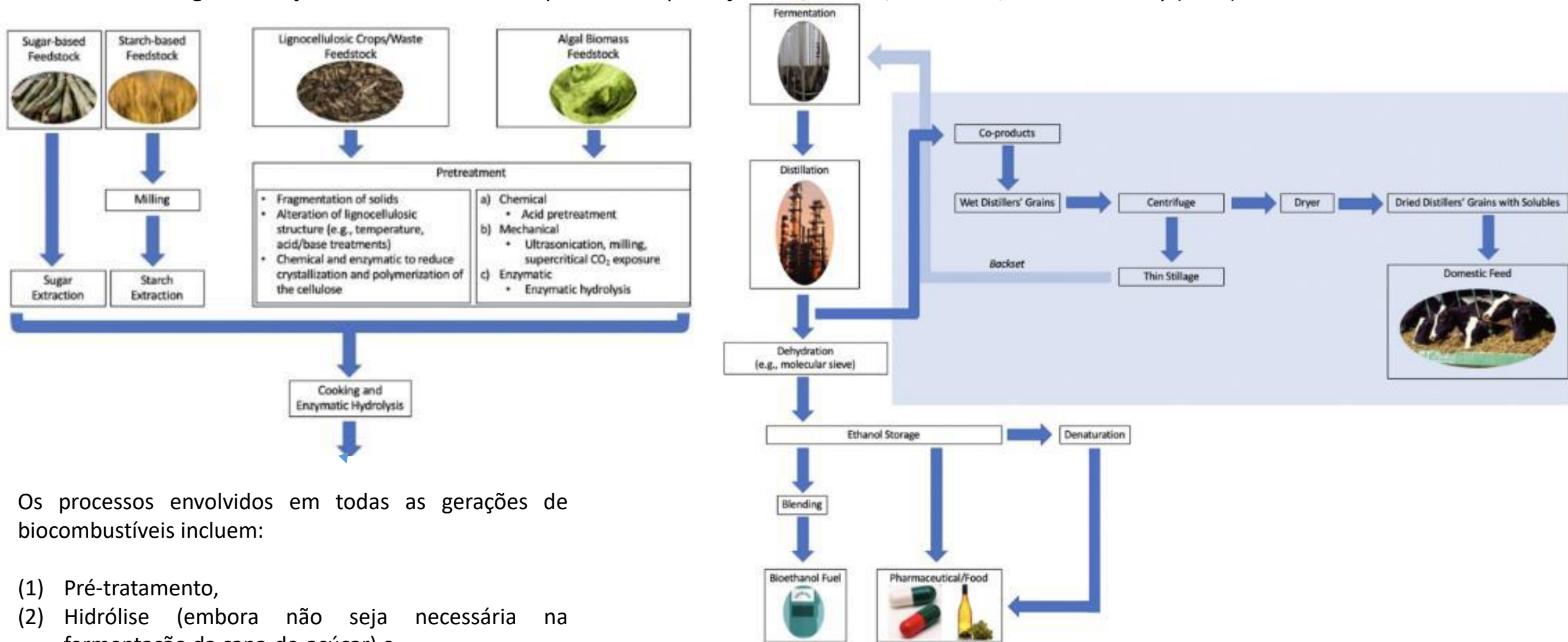
5. Tabela de Propriedades de Comparação do Bioetanol e Gasolina

Propriedades	ASTM Standard		
	Gasolina	Etanol	Bioetanol Produzido
Densidade (kg/m ³)	747.4	794	789
Pressão do Vapor (kPa)	36	10	9.5
Número de Octano	RON	111	114
	MON	85	112
Ponto de inflamação (°C)	-65.0	13.0	12.5
Valor de aquecimento (MJ/kg)	44.4	30.0	29.78
Temperatura de auto ignição (K)	519	635	638
Temperatura de destilação (°C)	30 – 190	75 – 80	55 – 68
Relação estequiométrica ar/combustível	14.7	8.96	8.96

Tabela 1. Tabela de comparação de parâmetros do bioetanol, etanol e gasolina

6. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL

Fig. 4 Descrição do funcionamento do processo de produção de bioetanol/ Fonte: Tse, Wiens & Reaney (2021)..



Os processos envolvidos em todas as gerações de biocombustíveis incluem:

- (1) Pré-tratamento,
- (2) Hidrólise (embora não seja necessária na fermentação da cana-de-açúcar) e
- (3) Conversão de açúcares em bioetanol via fermentação.

7. ETAPAS DE PRODUÇÃO DO BIOCOMBUSTÍVEL

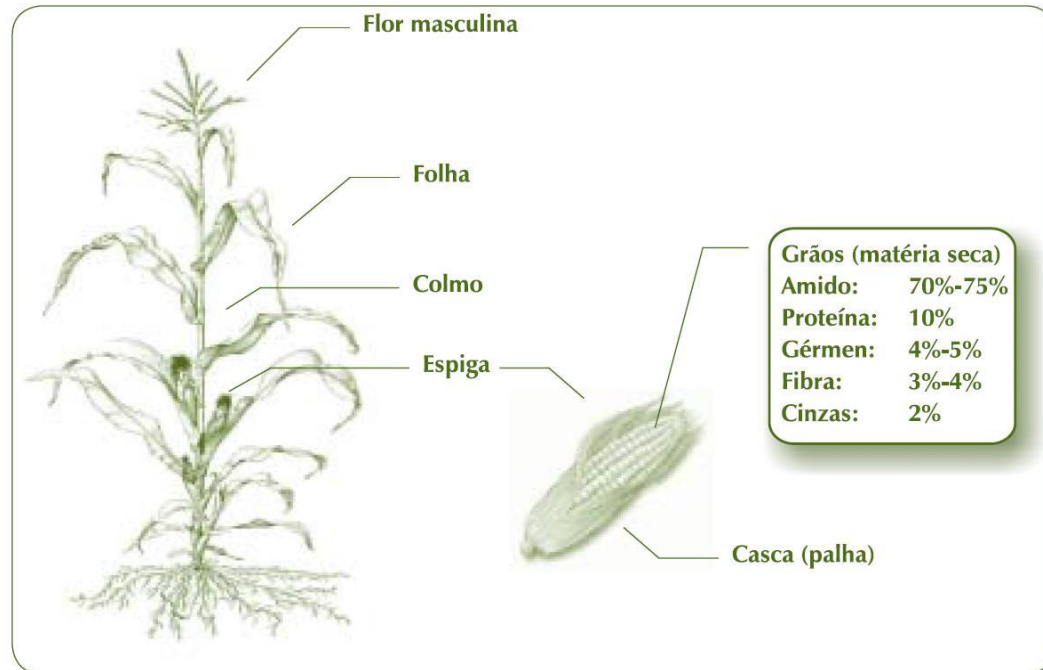


Fig. 5 subprodutos do bioethanol de milho/ Fonte: BNDES e CGEE (2008).

- Bioetanol de milho pode ser produzido por meio de dois processos: moagem húmida ou seca.
- A via húmida era a opção mais comum até os anos 1990, mas, hoje em dia, a via seca se consolidou como o processo mais utilizado para a produção do bioetanol.
- Apesar de não proporcionar grande variedade de produtos, como no caso húmido, as inúmeras otimizações realizadas no processo seco tornaram-no uma opção com custos de investimento e operacionais mais baixos, reduzindo consideravelmente o custo final do bioetanol

8. PRODUTOS PRINCIPAIS, SUBPRODUTOS E RESÍDUOS DURANTE A PRODUÇÃO DO BIOETANOL DE MILHO

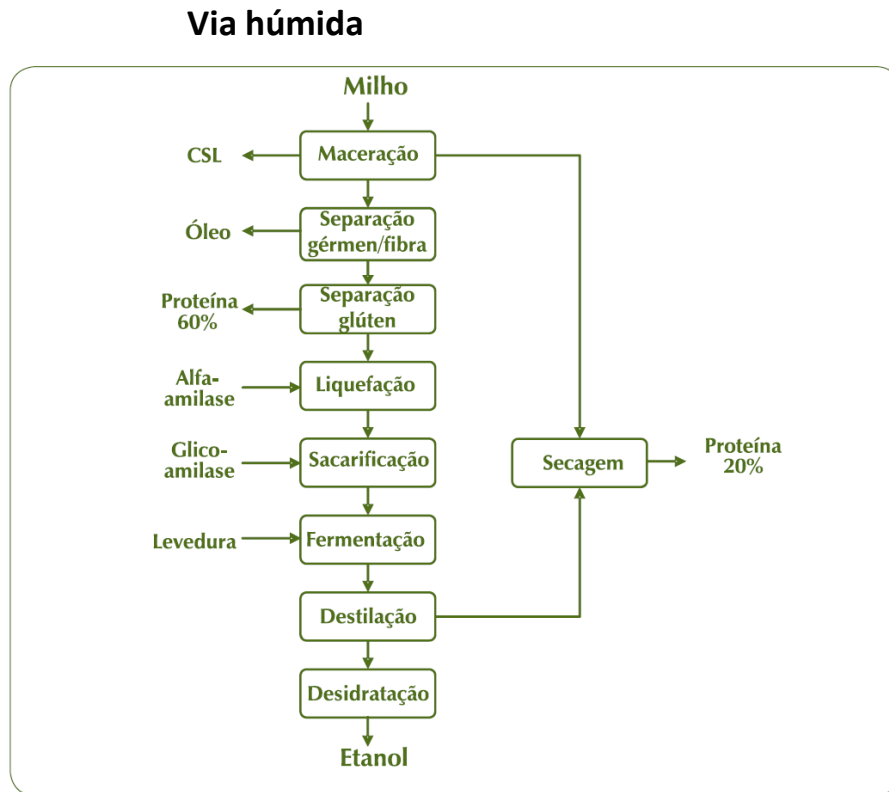


Fig. 6 Diagrama de fluxo do processo via úmida para a produção de bioetanol de milho / Fonte: BNDES e CGEE (2008).

Produto	Rendimento
Óleo de Milho	34 – 38 kg/t milho
Proteína 20%	306 kg/t milho
Proteína 60%	68 kg/t milho
CO2	308 kg/t milho
Bioetanol	440 kg/t milho

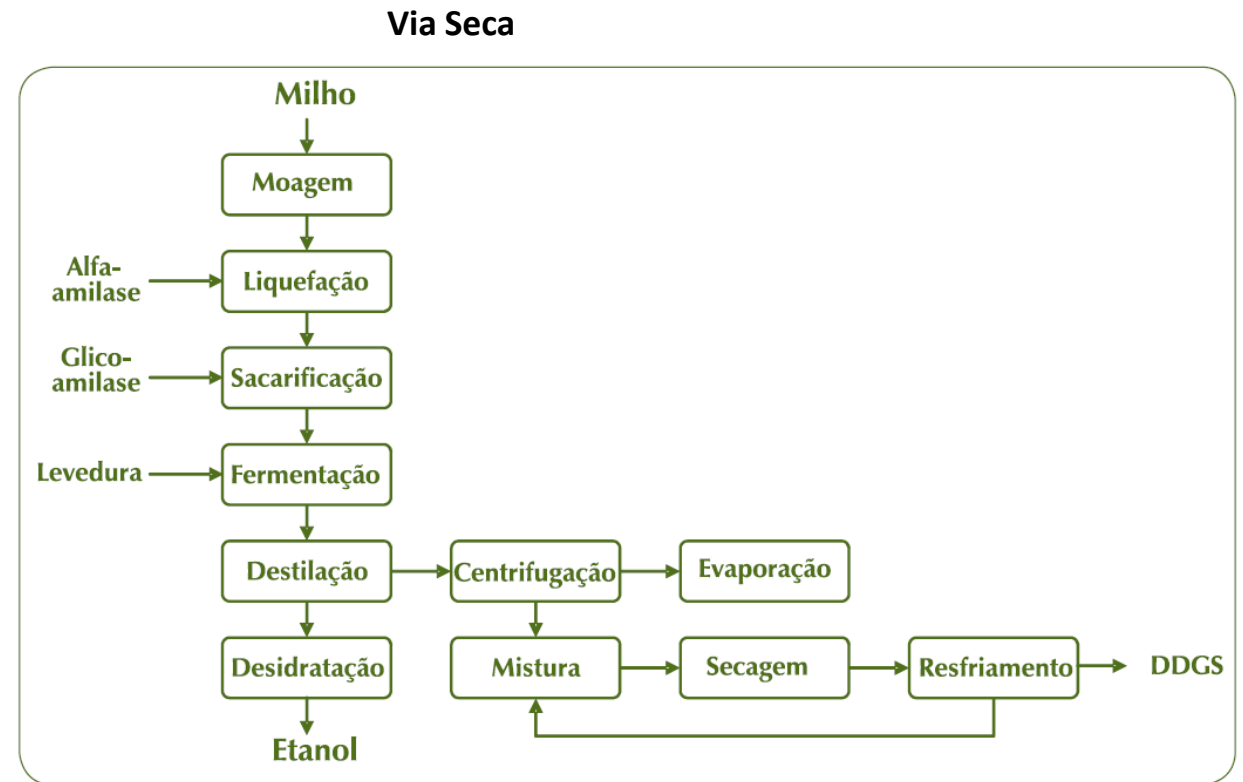


Fig. 7 Diagrama de fluxo do processo via seca para a produção de bioetanol de milho. / Fonte: BNDES e CGEE (2008).

9. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO DE PRODUÇÃO DO BIOETANOL DE MILHO

Desvantagens do etanol do Milho com relação ao etanol de Cana de Açúcar

Parametro de comparação	Milho	Cana de açúcar
Eficiência no processo de produção	Três mil litros por hectar	8 mil litros por hectar
Tempo de fermentação	40 a 70 horas	7 a 11 horas
Processamento do grão	Duas etapas	Uma etapa
Custo de produção	0.5 USD por litro	0.4 USD por litro
Replantio	anualmente	A cada 6 anos
Reaproveitamento dos sub- produtos	Os resíduos do etanol de milho são aproveitados na fabricação de ração animal e óleo	Maior valor agregado. Fertilização do solo e lavoura é feito com os resíduos do processo de industrialização como a torta de filtro e a vinhança
Impacto no meio ambiente durante a produção	A proporção de gastos de combustíveis fósseis para o etanol de milho é de 9.2	Etanol de cana é considerado limpo e ecologicamente correcto. Durante o manejo na lavoura local para a produção de oito unidades de etanol são gastos apenas uma de combustível fóssil

Vantagens do etanol do Milho com relação ao etanol de Cana de Açúcar

Parametro de comparação	Milho	Cana de açúcar
Rendimento	Uma tonelada de milho rende 400 litros do biocombustível	Uma tonelada de cana rende 90 litros do biocombustível
Armazenamento	O milho não precisa ser processado logo após ser colhido. Ele pode ser armazenado e, depois, processado.	O processamento da cana tem que ocorrer no prazo máximo de 24 horas após a colheita, portanto os canaviais precisam ser próximos das usinas

10. COMPARAÇÃO DOS INDICADORES TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS

- Um litro de etanol produz 1,5 kg de CO₂ quando queimado enquanto que um litro de gasolina emite 2,2 kg de CO₂.
- Mas como 1,4 litro de etanol e 1,0 litro de gasolina contêm a mesma quantidade de energia, talvez seja uma comparação melhor de medida de CO₂. E 1,4 litro de etanol emite 2,15 kg de CO₂, desta forma, analisando joule por joule, não há muito ganho do ponto de vista das emissões de gases de efeito estufa.
- **O grande desafio no uso do etanol está na actual tecnologia de motores** – que estão invariavelmente otimizados para gasolina, não etanol ou combustível misturado com etanol.
- **Então, quanto mais compressão, mais eficiência.** Apenas existem limites físicos para a quantidade de compressão que a mistura combustível/ar tolerará antes de começar a queimar de forma autônoma.

11. LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO DO BIOETANOL DE MILHO

- O etanol oferece uma maior octanagem do que a gasolina.
- Portanto, colocar uma mistura de etanol em um motor projetado para gasolina significa, em teoria, que ele poderia lidar com mais compressão (produzir mais potência e operar com mais eficiência).
- Isso significa que **as misturas de etanol não serão tão eficientes termicamente na maioria dos motores, em comparação com a gasolina pura.** (Motores modernos adaptam-se ligeiramente a combustíveis de alta octanagem, aumentando o avanço da faísca, mas o benefício é pequeno comparado ao aumento da compressão para se adequar à octanagem.)

12. DIFERENÇAS DE DESEMPENHO DO BIOETANOL DE MILHO EM RELAÇÃO A GASOLINA

Tabela 2. Tabela comparativa dos parâmetros do bioethanol e gasolina
Fonte: AFDC (2021)

Ordem	Parâmetro	Gasolina E10	Etanol E100
1	Estrutura Química	C4 to C12 and Ethanol \leq to 10%	CH ₃ CH ₂ OH
2	Matéria prima	Petróleo bruto	Milho, grãos ou resíduos agrícolas (celulose)
3	Gasolina ou Galão Diesel Equivalente (GGE ou GDE)	1 gal = 1.00 GGE 1 gal = 0.88 DGE	1 gal = 0.67 GGE 1 gal = 0.59 DGE
4	Comparação de energia	1 galão de gasolina tem 97%–100% da energia em 1 GGE. O combustível padrão é 90% gasolina, 10% etanol.	1 galão de E85 contém 73%–83% da energia em 1 GGE. 1 galão de E100 tem 67% da energia em 1 GGE. O etanol é misturado com blendstock para mistura de oxigenado (componente de gasolina).
5	Conteúdo de energia (LHV)	112,114–116,090 Btu/gal	76,330 Btu/gal for E100
6	Conteúdo de energia (HHV)	120,388– 124,340 Btu/gal	84,530 Btu/gal for E100
7	Estado Físico	Líquido	Líquido
8	Número de cetano	N/A	0–54

12. DIFERENÇAS DE DESEMPENHO DO BIOETANOL DE MILHO EM RELAÇÃO A GASOLINA (CONT.)

Tabela 2. Tabela comparativa dos parametros do bioethanol e gasolina

9	Número de octanas da bomba	84-93	110
10	Ponto de inflamação	-45°F	55°F
11	Temperatura de autoignição	495°F	793°F
12	Problemas de manutenção		Lubrificantes especiais podem ser necessários. As práticas são muito semelhantes, se não idênticas, àquelas para operações com combustível convencional.
13	Impactos na Segurança Energética	Fabricado com Petróleo. O transporte é responsável por aproximadamente 30% das necessidades totais de energia dos EUA e 70% do consumo de petróleo.	O etanol é produzido internamente. O E85 reduz o uso de petróleo no ciclo de vida em 70% e o E10 reduz o uso de petróleo em 6,3%.

13. INDICADORES AMBIENTAIS (EMISSÕES DE CARBONO) NA PRODUÇÃO E NA APLICAÇÃO DO BIOETANOL DE MILHO

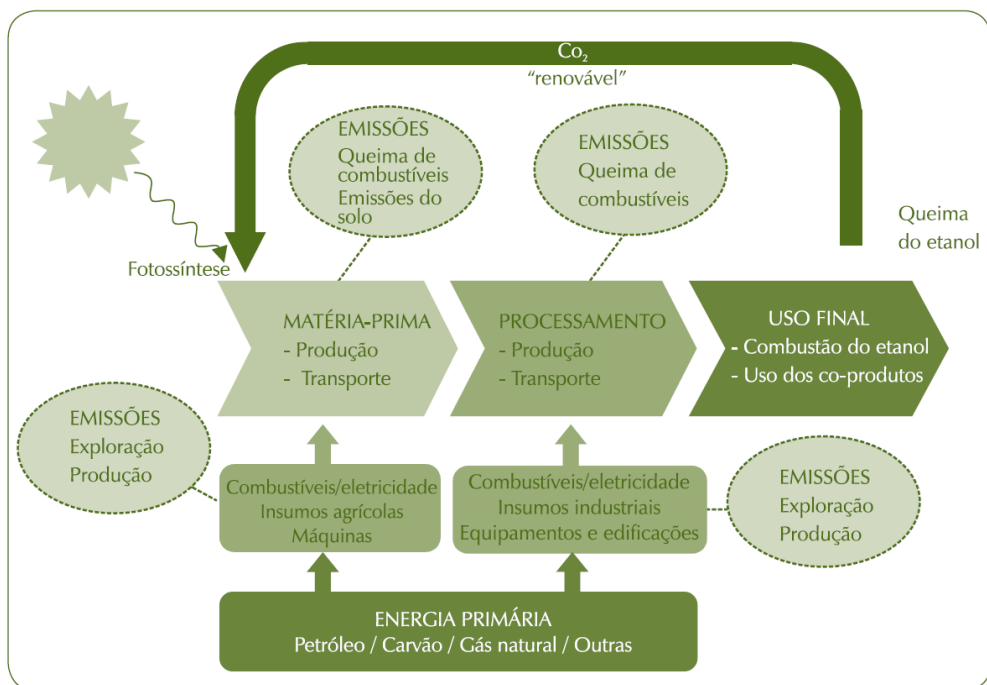


Fig. 7 Análise das emissões de carbono na cadeia de valor de produção do bioetanol. / Fonte: BNDES e CGEE (2008)

Etapa	Absorção de CO ₂ na fotossíntese	Liberação de CO ₂	
		Fóssil	Fotossintético
Plantio		173	
Crescimento	7.464		
Colheita e transporte		88	2.852
Fabricação do etanol		48	3.092
Uso do etanol			1.520
Total	7.464	309	7.464

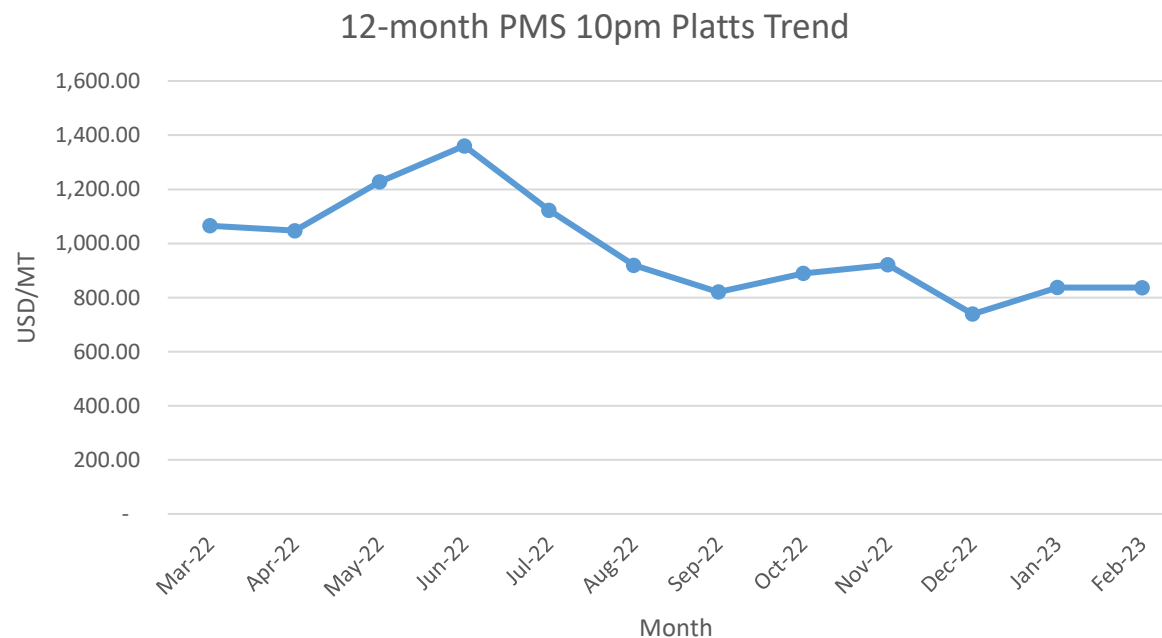
Tabela 4. Síntese do balanço de carbono com as emissões de gás carbônico na produção e no uso do bioetanol/ Fonte: BNDES e CGEE (2008)

14. CENÁRIOS DE TRANSIÇÃO PARA O USO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

	<i>Custo de Produção de Matéria Prima</i>	<i>Custos de refinação do etanol</i>	<i>Custo Final de Produção</i>	
	<i>USD/ton etanol</i>	<i>USD/ton etanol</i>	<i>USD/ton etanol</i>	<i>USD/liter etanol</i>
Mandioca	314.9	169.0	483.9	0.38
Cana de Açúcar	309.3	137.8	447.1	0.35
Sorgo	198.2	137.8	336.0	0.27
Melaço	251.9	120.6	372.5	0.30
Milho	492.2	169.0	661.2	0.53

Tabela 5. Custo de produção de Bioetanol / Fonte: Ecoenergy (2008)

Gráfico 1 . Variação dos preços da Gasolina no mercado Internacional em 12 meses (Março de 2022 a Fev. de 2023) / Fonte: Bloomberg



Bioetanol vs Gasolina - DNhacassane

14. CENÁRIOS DE TRANSIÇÃO PARA O USO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS



Autoridade Reguladora de Energia

Verificação da condição para actualização de preços **FEVEREIRO 2023**

		Gasolina RON 95	Petróleo Humin.	Gasóleo	GPL
		(Lt)	(Lt)	(Lt)	(Kg)
COMPONENTES DOS CUSTOS					
Impostos e Margens					
1	Preço Base- USD/TON				
	(DEZEMBRO 2022/JENAEIRO 2023)	1073.46	1180.46	1171.24	790.47
	PB REVISTO (JANEIRO 2023)	1052.96	1216.01	1157.71	763.41
	Variação percentual	1.9%	-2.9%	1.2%	3.5%
	Factor de conversão para m ³	0.748	0.786	0.825	1.000
	Taxa de câmbio à data de Cálculo	64.51	64.51	64.51	64.50
	Variação da Taxa de Câmbio	0.03%	0.03%	0.03%	0.08%
2	Preço CIF - USD/m3	803.38	928.05	966.43	790.47
3	Preço base - Meticais/Unidade	51.83	59.87	62.34	50.99
	(DEZEMBRO 2022/JENAEIRO 2023)				
4	Correção do Preço Base(perdas/ganhos na tabela)	(5.70)	(7.53)	(13.03)	2.38
5	Custos Directos com a importação	3.35	3.46	3.49	10.47
6	Custo Base	49.48	55.80	52.80	63.84
7	CB REVISTO (JANEIRO 2023)	50.19	56.46	53.48	63.93
	Variação percentual	-1.4%	-1.2%	-1.3%	-0.1%

Terra arável em Moçambique:

35 milhões de Hectares apenas 5 milhões estão em uso

Importações anuais de Gasolina:

550 milhões de litros (556.05m USD/ano)

Quota anual estimada de Etanol (10%):

55 milhões de litros

Hectares necessários:

1 ha milho = 400 litros

São necessários 137 mil hectares para produzir 55 milhões de litros

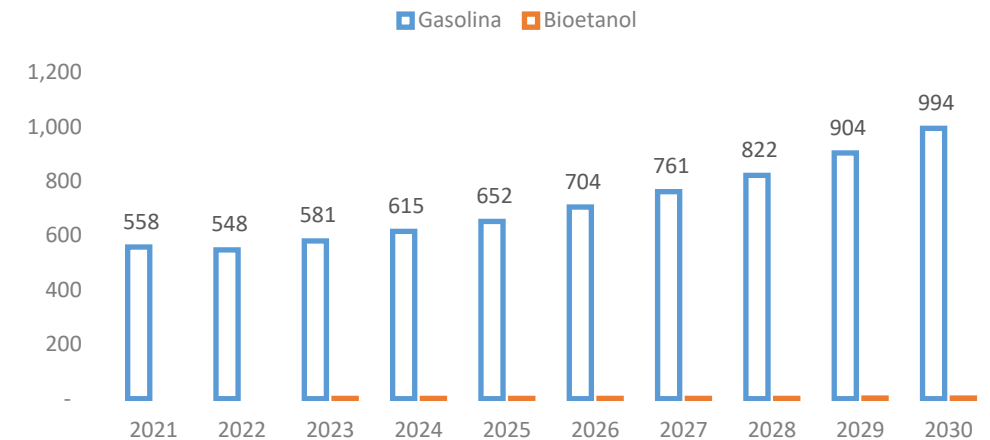
Investimento: 29.15m USD/ano

Apenas 0.39 % de terra arável

CENÁRIO 1 – LIVRE MERCADO (BUSINESS AS USUAL)

- Neste cenário, não há intervenção governamental de qualquer espécie: alterações regulamentares, campanhas de conscientização e campanhas para usar o bioetanol não existem.
- Considerando o actual lobby das gasolinas, as tendências actuais de importação de combustíveis fósseis continuariam, resultando em um quase nulo crescimento do etanol, e as emissões de dióxido de carbono continuariam a aumentar progressivamente.
- Considerando a taxa de crescimento da economia
- **2023 – 2025: 6% por ano**
- **2026 – 2028: 8% por ano**
- **2029 – 2030: 10% por ano**
- O consumo de gasolina iria continuar a crescer conform curva ilustrado, e o consumo do bioetanol continuaria muito baixo ou inexistente (algumas iniciativas privadas ou sociais).

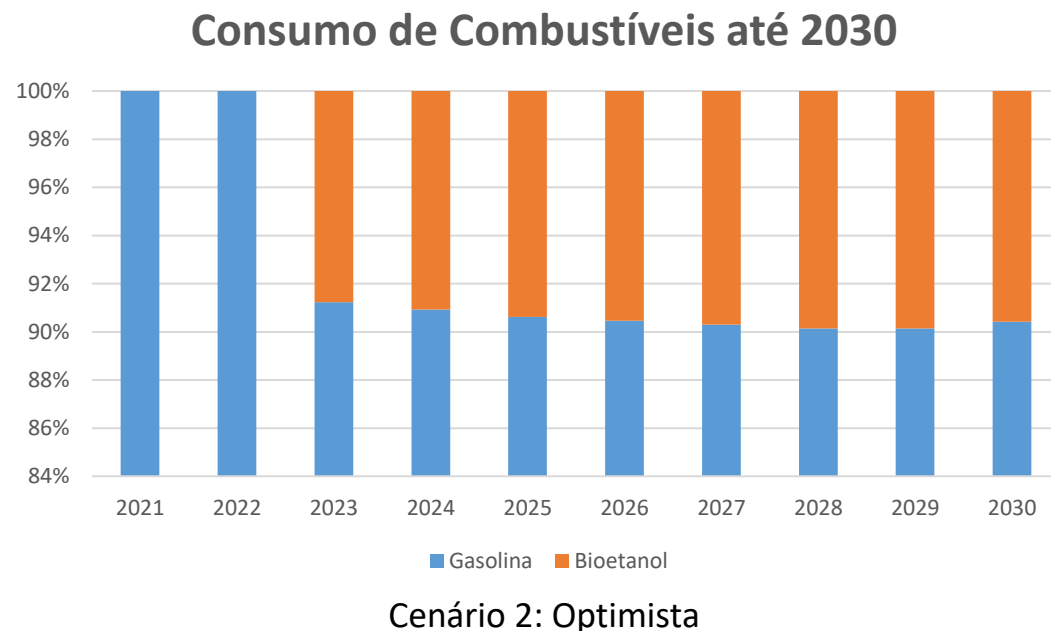
Consumo de Combustíveis até 2030



Cenário 1: *Business as usual*

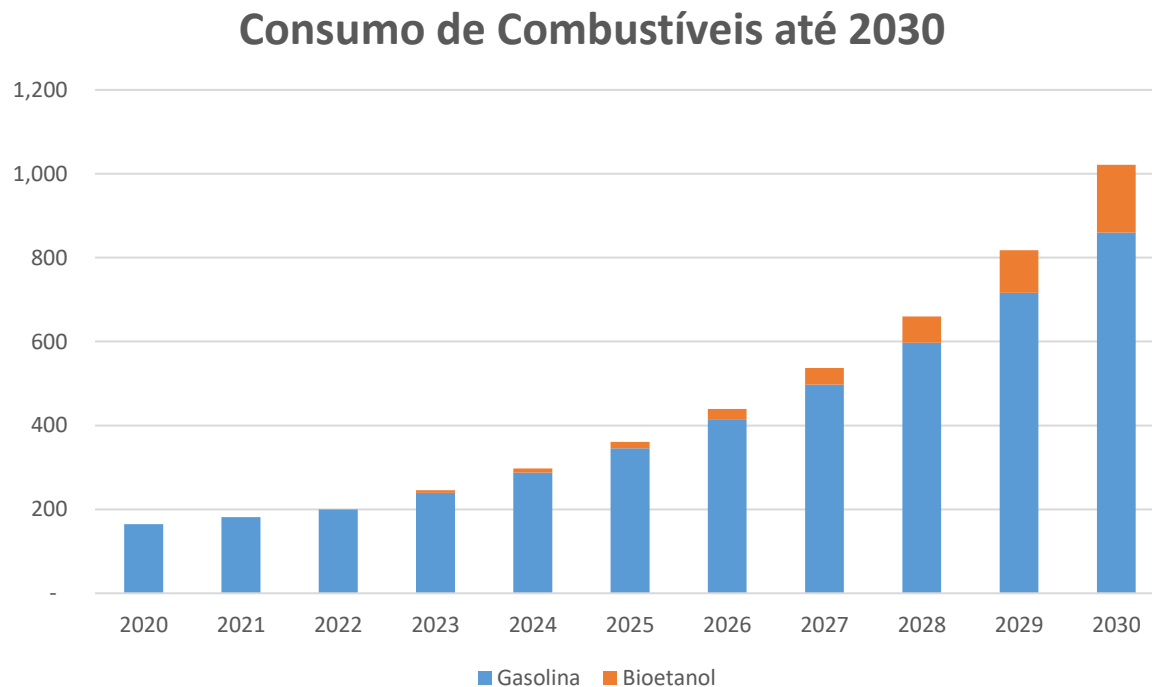
CENÁRIO 2: O BIOETANOL PRODUZIDO A PARTIR DE MILHO É PROMOVIDO COMO A PRINCIPAL FONTE DE COMBUSTÍVEIS.

- Um grande esforço é realizado para promover o uso de bioetanol para reduzir o consumo de gasolina. O custo da gasolina é actualmente um pouco maior do que o do bioetanol.
- Através de projectos como o sustenta, o governo iria promover a escala nacional programas de incentivo para produção de milho e cana de açúcar, subsidiando toda a cadeia de valor por forma a estimular a sua aderência por parte dos agricultores de pequena e média escala.
- Taxa de crescimento do consumo de bioetanol em torno de 10% ao ano.
- Considerando a taxa de crescimento da economia
- **2023 – 2025: 6% por ano**
- **2026 – 2028: 8% por ano**
- **2029 – 2030: 10% por ano**



CENÁRIO 3: MODESTA CONTRIBUIÇÃO DO BIOETANOL NA MATRIZ DE COMBUSTÍVEIS ATRAVÉS DO PROCESSO DE MISTURAS DE COMBUSTÍVEIS.

- Neste cenário assumimos que o país define uma cota de bioetanol que deve ser atingida até ao ano de 2030. Para o presente trabalho consideramos que o Governo definiu uma cota de 5% de bioetanol a ser atingida até 2030, conforme definido no pacote de medidas de aceleração económica anunciadas pelo Governo (PAE 10).
- Consideramos que a partir de 2023 o consumo de bioetanol corresponde a 5% do volume de gasolina **importado 29.03m litros**.
- O consumo de bioetanol cresce ao mesmo ritmo da economia.
- ✓ **2023 – 2025: 6% por ano**
- ✓ **2026 – 2028: 8% por ano**
- ✓ **2029 – 2030: 10% por ano**
- O gráfico ao lado ilustra este cenário.



Cenário 3: Provável

15. DISCUSSÃO

- Apesar do enorme potencial para a produção do bioetanol em Moçambique, o autor considera que o cenário mais provável de acontecer é o cenário 3 que considera uma gradual introdução do bioetanol na matriz de combustíveis, considerando a medida PAE 10 do pacote de medidas de aceleração económica anunciadas pelo governo de Moçambique em Agosto de 2022, que introduz a obrigatoriedade de mistura de combustíveis importados com biocombustíveis. .
- Com base nas informações apresentadas ao longo da apresentação notamos que é possível promover a oferta de bioetanol sustentável em Moçambique, mas apenas se houver forte intervenção governamental a curto e médio prazo.

15. DISCUSSÃO (CONT.)

- Se não houver intervenção, o domínio dos combustíveis fósseis irá continuar a crescer exponencialmente conforme o crescimento populacional, da industrialização, da urbanização, da expansão da agricultura e do aumento da demanda nos países vizinhos de Moçambique.
- A intervenção exige uma política inicial abrangente e mudanças regulatórias, seguida por investimentos específicos para viabilizar a introdução do bioetanol.
- Isso irá resultar na oferta sustentável do bioetanol a custos relativamente baixos. A oferta de bioetanol estará disponível durante o tempo em que a população preferir utilizá-la como a sua fonte de energia primária e de baixo custo.

16. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- **O Bioetanol é uma excelente alternativa de combustível que Moçambique pode adoptar para atender a crescente demanda por combustíveis líquidos.**
- Uma vez que a sua produção é feita a partir de produtos agrícolas alimentares tais como o milho, a mandioca, a cana de açúcar, etc., a produção do etanol pode resolver vários problemas sócio económicos em simultâneo tais como: pobreza, insegurança alimentar, emprego, satisfação das necessidades energéticas do país e redução da emissão de gases de efeito de estufa.
- Para uma inserção do bioetanol na matriz energética de Moçambique, existem um conjunto de acções que devem ser realizadas que vão desde o domínio regulatório, fiscal bem como social e económico que vão permitir a viabilização deste recurso e seu crescimento sustentável a longo prazo.

16. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES (CONT.)

- Do ponto de vista económico e social, a introdução do bioetanol de milho pode dinamizar o sector agrícola a nível nacional, criar possibilidades de aumento de renda dos agricultores de pequena escala e comercial, bem como ajudar no combate a fome e desnutrição, através do aproveitamento alimentar dos subprodutos milho.
- Do ponto de vista técnico e operacional, a introdução do bioetanol no sector dos transportes implicaria um investimento na conversão e adaptação dos veículos para funcionamento híbrido.
- O estudo recomenda uma forte intervenção governamental desde o domínio regulatório, fiscal bem como social e económico que vai permitir a viabilização deste recurso e seu crescimento sustentável a longo prazo.
- Criação de uma entidade reguladora específica para o sector da Biomassa: **Instituto Nacional da Biomassa.**
- **Criação de uma PPP para o desenvolvimento de projectos comerciais na área de Bioenergia** que envolva as estatais tais como ENH, EDM, FUNAE e PETROMOC.
- **Criação de um banco para financiamento de iniciativas verdes com especial foco para projectos comerciais de aproveitamento da energia da Biomassa**

OBRIGADO

Dario.nhacassane@gmail.com