

Emprego de Microrganismos para a Produção de Energia – Bioetanol, Energia Elétrica, Biodiesel e outros



Instituto de Ciências Biomédicas USP

Biocombustíveis

são fontes de **energia renováveis**, derivados de matérias agrícolas como cana-de-açúcar, plantas oleaginosas (milho, soja, mamona,,etc.), biomassa vegetal, e outras matérias orgânicas incluindo resíduos.

Os principais **biocombustíveis** são: bioetanol, biodiesel, biogás e a própria biomassa. Existem ainda outros tipos: biometanol, bioéter dimetílico, bio-ETBE (bio éter etil-ter-butílico), bio-MTBE (bio éter metil-ter-butílico) biocombustíveis sintéticos, bio-hidrogênio, gás de síntese



Nesta apresentação serão apresentados os Biocombustíveis:

1. Bioetanol

- Como tudo começou
- Cogeração de Energia Elétrica
- Bioetanol de segunda geração
- Biorrefinarias e alcoolquímica
- Biorrefinarias do futuro

2. Biodiesel

3. Biogás

4. Biomassa

5. **Outros** biometanol, bioéter dimetílico, bio-ETBE, bio-MTBE, biocombustíveis sintéticos, bio-hidrogênio, gás de síntese.

6. Atualidades

7. Questões



Elisabete Vicente
bevicent@usp.br



Logotipo dos biocombustíveis

BioCombustíveis

Os **Biocombustíveis** são **Combustíveis** produzidos a partir de recursos agrícolas (fontes) renováveis como:

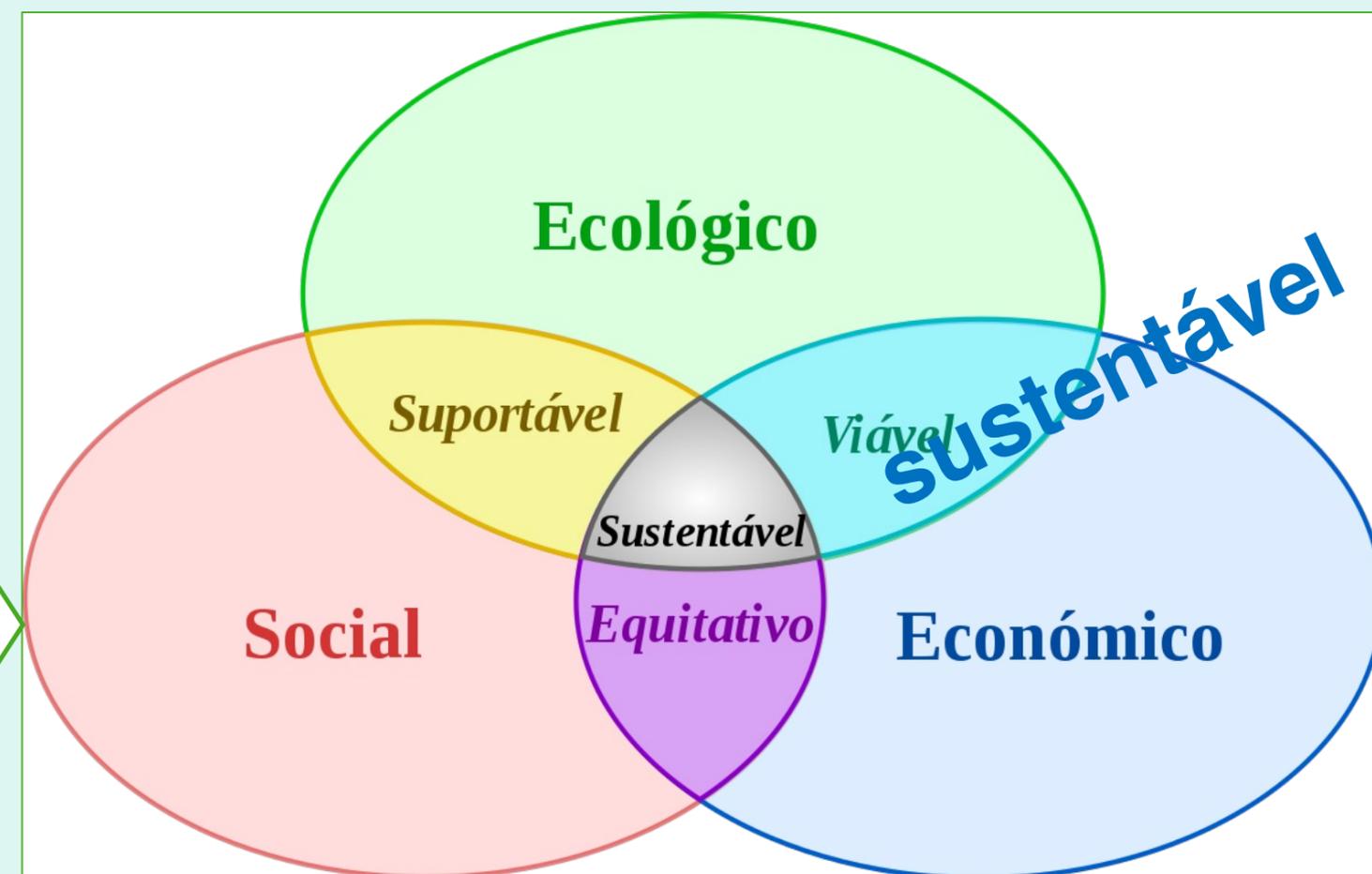
- Cana-de-açúcar,
- Milho, beterraba,
- Algas,
- Óleos (soja, mamona, outros)
- Resíduos domésticos

Podem ser utilizados para a locomoção de veículos e para a geração de energia (operação de motores estacionários como: **geradores** e **outros**).

São considerados uma **tecnologia sustentável** porque sua queima gera CO₂ que rapidamente é reciclado pela natureza.

Os principais tipos de **biocombustíveis** atualmente utilizados são:

- **Etanol (Bioetanol)**
- **Biodiesel.**



O Brasil instituiu a Política Nacional dos Biocombustíveis (RenovaBio) em 2017

Fonte: MME, Brasil. [Publicação: 27/12/2017](#)

BioCombustíveis

1. Bioetanol



Cana-de-açúcar: principal fonte de produção de biocombustível (bioetanol) no Brasil.

Vantagens

Os **biocombustíveis** representam uma boa alternativa de energia. Entre as principais vantagens do uso do biocombustível estão:

- A diversificação da oferta de combustíveis diante do possível **esgotamento** das reservas de petróleo e, ainda,
- Contribuem para a **redução do aquecimento global e efeito estufa**. Baixa emissão de CO₂ na atmosfera; com produção 90% menor na comparação com as demais fontes de energia.

A biomassa **cana-de-açúcar**

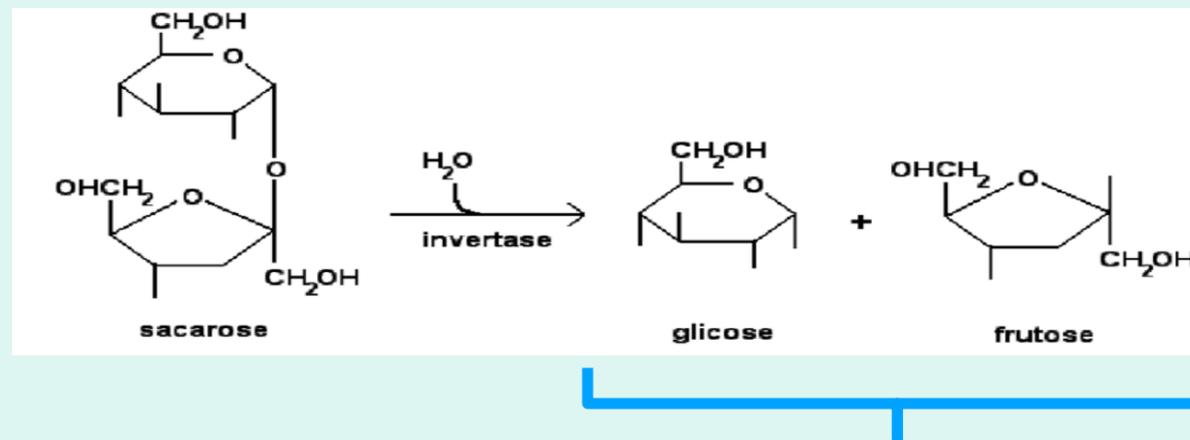
O Brasil conta com uma grande variedade de plantas que podem servir de **matéria-prima** para produção de **biocombustíveis**.

Dentre as várias possibilidades, temos a **cana-de-açúcar** que é a **matéria prima** que oferece a melhor taxa de conversão para a produção de **Bioetanol**, pois:

- O caldo da **cana-de-açúcar** é rico em **sacarose** – Este açúcar pode ser fermentado diretamente pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* resultando na produção de **etanol**;
- **Todas as partes cana-de-açúcar são aproveitadas no processo:** o **caldo** para a produção do **etanol** e o **bagaço** para a **geração da Energia** necessária para fazer funcionar toda a **Usina Sucro-alcooleira** deste os Biorreatores de Fermentação, Caldeiras de vapor para banhar os caules da planta, Destiladores do caldo fermentado, Concentradores de mosto que ficam armazenados na entressafra.

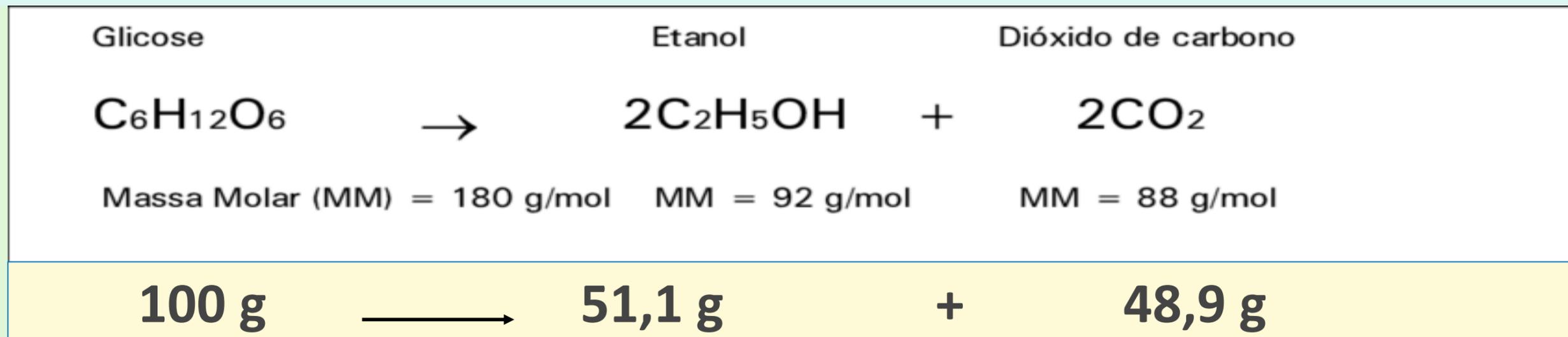
1. BioEtanol

Sacarose de cana-de-açúcar: Usos



açúcar invertido:

Produto obtido da hidrólise da sacarose. É muito usado em indústrias de doces, pois a combinação glicose e frutose tem um sabor muito mais adocicado do que o açúcar comum (sacarose).



A levedura *Saccharomyces cerevisiae* tem a enzima **invertase**. Nas dornas de fermentação das usinas Sucro-alcooleiras esta levedura realiza a fermentação de um mosto com aproximadamente 180 - 200 g/L de sacarose e produz um fermentado com aproximadamente 10% de etanol. O etanol nesta concentração pode ser purificado por destilação

1. BioEtanol - Como tudo começou.....

Pesquisas

relacionadas ao uso de **Álcool (etanol)** já ocorriam em todo o mundo desde meados do século XX. No entanto, a partir da década de **1970**, com a chamada **Crise do Petróleo**, as pesquisas foram muito avolumadas. O mundo passou a buscar por fontes de energia alternativas, visando a não dependência tão extrema dos combustíveis fósseis derivados de petróleo.

No Brasil foi criado o Programa Nacional do Álcool (**Proálcool**) para reduzir os prejuízos econômicos causados pelo alto preço do barril de Petróleo no mercado internacional.

Bioetanol

► Histórico

- O primeiro carro a álcool lançado foi o Fiat 147 em 1978. Daí até 1986, o carro a álcool ganhou o gosto popular dos brasileiros, sendo que a quase totalidade dos veículos saídos das montadoras brasileiras naquele ano utilizava esse combustível.



1. BioEtanol - Como tudo começou.....

Problemas iniciais:

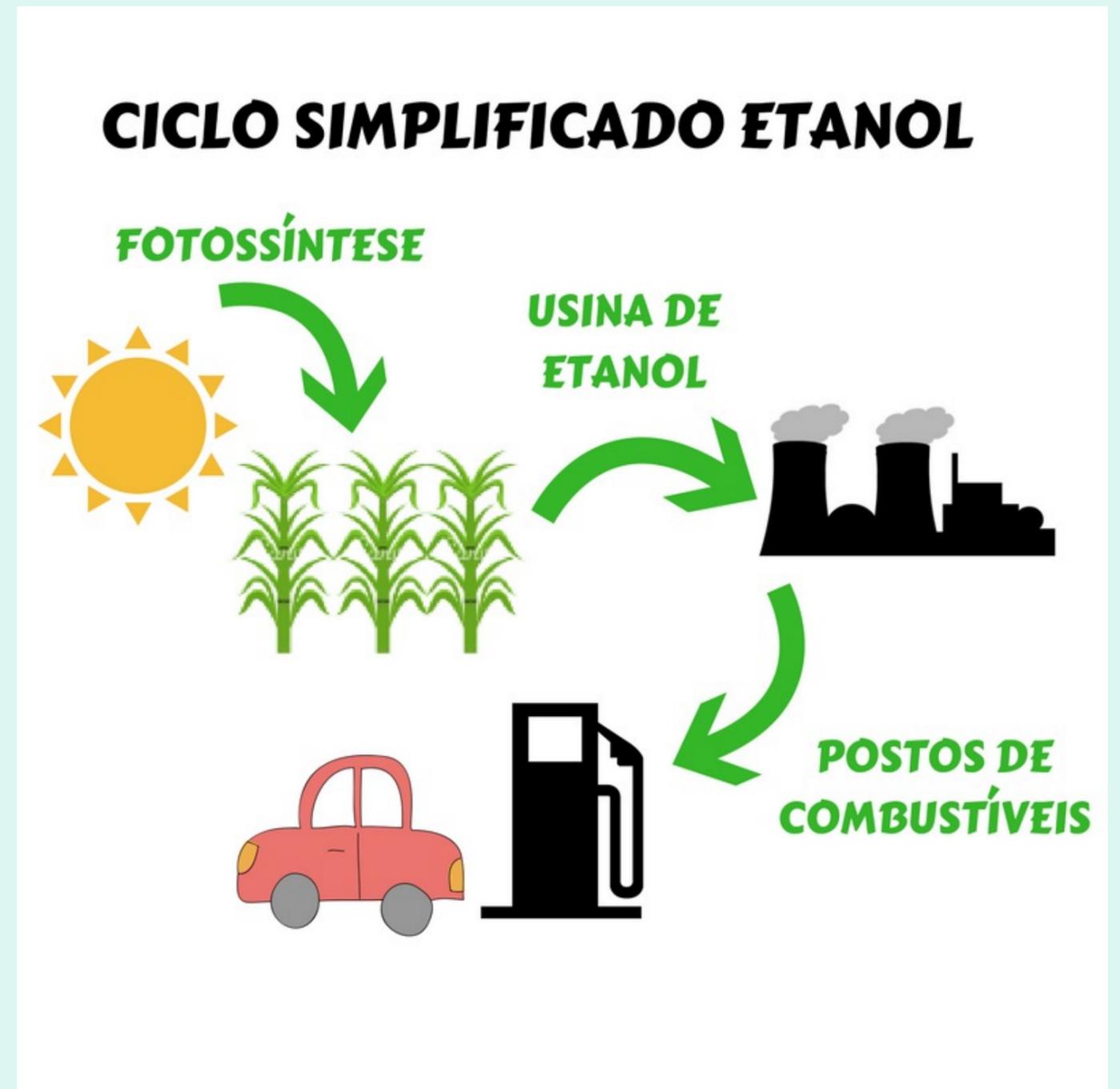
- Baixa eficiência dos automóveis,
- Corrosão dos motores, carburadores e demais peças

A partir do início do ano 2.000, avanços tecnológicos permitiram a criação dos **motores Flex** que aceitam tanto o álcool quanto gasolina, permitindo a consolidação do uso do **etanol**.

Daí em diante no Brasil, o consumo de etanol ultrapassou o de petróleo tornou o país um dos líderes mundiais de produção e exportação do **Bioetanol**.

No Brasil, a produção de **ETANOL COMBUSTÍVEL** é feita principalmente a partir da **cana-de-açúcar**. Tal escolha principalmente da viabilidade do seu plantio, excelente conversão do processo de conversão da biomassa em etanol, além de atender aos interesses econômicos de grandes produtores agrícolas nacionais.

Ainda, o Brasil também é um dos líderes mundiais em **pesquisas** de **fontes alternativas de produção**.



1. BioEtanol

Segundo a [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis \(ANP\)](#),

Composição: 73% gasolina A e 27% Etanol Anidro*.

desde 16/03/2015, o teor de álcool anidro na **gasolina** comum e aditivada é de **27%**.

O teor adicionado à **gasolina** premium é de **25%**.

Tolerância +/- 1%

Identificação do Posto	Preço (RS/L)	Teor de Álcool na Gasolina (%)
Posto A	3,07	26
Posto B	3,05	21*
Posto C	3,05	25
Posto D	3,06	25
Posto E	3,09	28*
Posto F	3,10	22,5*
Posto G	3,07	24
Posto H	3,06	26
Posto I	3,09	26
Posto J	3,06	26

*Valores que não se enquadram no percentual obrigatório de etanol anidro presente na gasolina, segundo legislações da ANP.

1. BioEtanol



Localização das Usinas Sucoalcooleiras no Brasil. Fonte: [Nova cana](#)

1. BioEtanol



- **Bioetanol de 1ª geração**

O **etanol** é um álcool incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água, derivado da fermentação promovida pela levedura ***Saccharomyces cerevisiae*** a partir de biomassa da sacarose presente na cana-de-açúcar, beterraba, uva; ou do amido presente em cereais como milho, mandioca que necessariamente necessitam prévia sacarificação.

- **Bioetanol de 2ª Geração (etanol celulósico)**

O chamado **bioetanol de 2ª geração** é produzido a partir da **fermentação da celulose**. A sacarificação da celulose é alcançada o principalmente empregando-se processos enzimáticos complexos.

Neste novo processo busca-se maior aproveitamento da do bagaço. Aproveitam-se açúcares presentes no bagaço (a celulose é hidrolisada a sacarose) e a lignina que tem alto capacidade calórica é restante do bagaço ainda pode ser empregada para a geração de energia.

Há montanhas de bagaço de **Cana-de-açúcar** nas Usinas Suco-alcooleiras tradicionais.

1. BioEtanol

Home > Destaques > Etanol evita que milhões de toneladas de CO2 cheguem à atmosfera. Entenda

Etanol evita que milhões de toneladas de CO2 cheguem à atmosfera. Entenda

Cálculo baseia-se em metodologia oficial descrita pela Política Nacional de Biocombustíveis

Por **Alessandro Reis** – em **5 jun, 2020** – 🔥 **641**



Em comemoração ao Dia Mundial do Meio Ambiente, a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (**UNICA**) divulga levantamento inédito usando como base a metodologia de aferição de padrão de emissões de gases de efeito estufa (**GEE**) dos combustíveis, estabelecida pela Política Nacional de

Biocombustíveis – **RenovaBio**. Segundo cálculos da instituição, baseados em dados e informações publicadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (**ANP**), entre março de 2003 (data de lançamento da tecnologia flex) e maio de 2020, o consumo de etanol (anidro e hidratado) evitou a emissão em mais de 515 milhões de toneladas de CO₂eq. Esse volume é equivalente às emissões anuais somadas de Argentina, Venezuela, Chile, Colômbia, Uruguai e Paraguai.

1. BioEtanol

Pesquisas

O Brasil é um dos líderes mundiais em **pesquisas** em várias áreas relacionadas a **Bioetanol** :

- Processos de Produção
- Fontes alternativas de biomassa
- Desenvolvimento de linhagens *Saccharomyces cerevisiae* otimizadas para o processo (**Tabela 1**).

Fonte: [RESEARCH ARTICLE](https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00428.x) : DOI:10.1111/j.1567-1364.2008.00428.x

Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil

Luiz C. Basso¹, Henrique V. de Amorim², Antonio J. de Oliveira² & Mario L. Lopes²

¹Biological Science Department, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP, Brazil; and ²Fermentec, Piracicaba, SP, Brazil

Abstract

Brazil is one of the largest ethanol biofuel producers and exporters in the world and its production has increased steadily during the last three decades. The increasing efficiency of Brazilian ethanol plants has been evident due to the many technological contributions. As far as yeast is concerned, few publications are available regarding the industrial fermentation processes in Brazil. The present paper reports on a yeast selection program performed during the last 12 years aimed at selecting *Saccharomyces cerevisiae* strains suitable for fermentation of sugar cane substrates (cane juice and molasses) with cell recycle, as it is conducted in Brazilian bioethanol plants. As a result, some evidence is presented showing the positive impact of selected yeast strains in increasing ethanol yield and reducing production costs, due to their higher fermentation performance (high ethanol yield, reduced glycerol and foam formation, maintenance of high viability during recycling and very high implantation capability into industrial fermenters). Results also suggest that the great yeast biodiversity found in distillery environments could be an important source of strains. This is because during yeast cell recycling, selective pressure (an adaptive evolution) is imposed on cells, leading to strains with higher tolerance to the stressful conditions of the industrial fermentation.

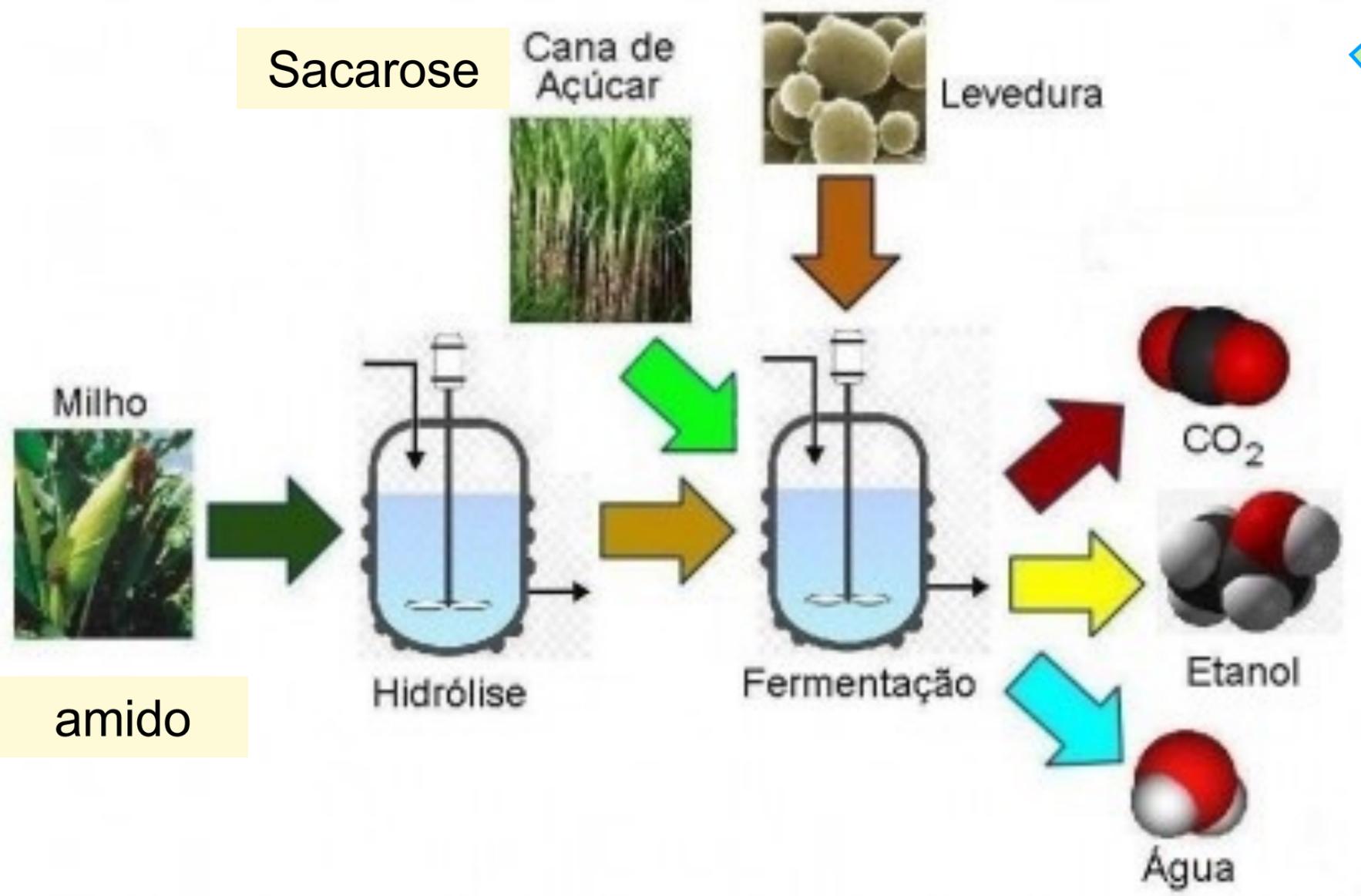
Table 1. Yeast strains introduced in industrial fermentations, their designation and origin

Strains and designation	Origin
Baker's yeast	Three commercial brands (Fleischmann, Itaiquara and Mauri)
IZ-1904	Biological Science Department, Esalq/Usp, Piracicaba, Brazil
TA	Genetics Department, Esalq/Usp, Piracicaba, Brazil
BG-1, CR-1, SA-1	Copersucar, Brazil (isolated from ethanol plants in 1993)
M-26	Unesp, Assis, Brazil (isolated from ethanol plant)
Y-904	Mauri, Brazil (distilling yeast)
PE-2, PE-5, VR-1, BR-1	Isolated in this work from ethanol plants in 1994
BR-2, ME-2, VR-2	Isolated in this work from ethanol plants in 1995
MA-3	Isolated in this work from ethanol plants in 1996
MA-4	Isolated in this work from ethanol plants in 1997
CAT-1, CB-1, NR-1	Isolated in this work from ethanol plants in 1998
BT-1	Isolated in this work from ethanol plants in 2000
AL-1	Isolated in this work from ethanol plants in 2002

1. BioEtanol

Pesquisas

Biocombustíveis de Primeira Geração



Principais linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizadas no Brasil para fermentação de sacarose e produção de BIOETANOL nas Usinas. São chamadas linhagens residentes de dornas e algumas das mais eficientes são:

- PE-2, CAT-1, VR-1 (Fermentec)
- BG-1, CR-1, SA-1 (Copersucar)

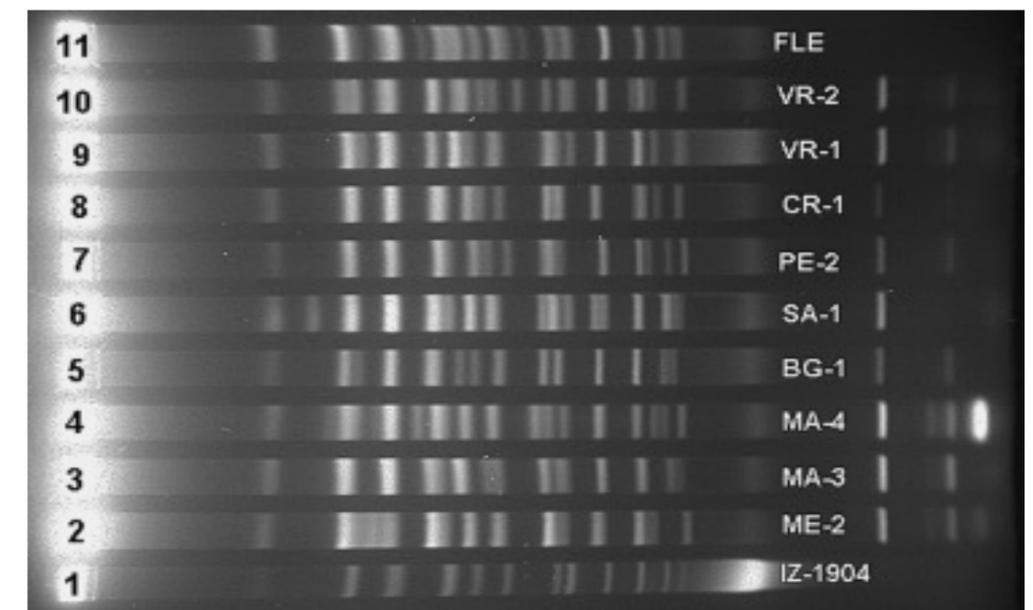


Fig. 1. Karyotyping profiles of some strains used in this work obtained by PFGE as the TAFE system. All strains presented a unique profile. BG-1, CR-1, ME-2, MA-3, MA-4, PE-2, SA-1, VR-1, VR-2 and IZ-1904 strains were isolated from ethanol distilleries; FLE is a baker's yeast strain.

Fonte: [Basso et al 2008](#)

BioEtanol - e Cogeração de Energia Elétrica

Como ocorre a Produção de Bioeletricidade ?

A produção de energia elétrica é um subproduto da produção de bioetanol.

O bagaço da **cana-de-açúcar** alimenta caldeiras e turbinas, cada vez mais eficientes, produzem Eletricidade.

O Brasil se destaca como um dos grandes produtores mundiais de biomassa.



As **biorrefinarias** e o aproveitamento integral do potencial da biomassa

1. BioEtanol

O Brasil

tradicionalmente produz **Bioetanol** a partir da sacarose de **cana-de-açúcar**.

Mais recentemente explorando a produção comercial das alternativas:

- Produção **Etanol** a partir de **milho** (copiando rota dos EUA)
- Produção de etanol de **2ª geração**

Produção Etanol a partir de milho



A Empresa **Etamil** se encontra instalada no estado de Mato Grosso.

Implantação começou em 2017 e, quando pronta, a unidade deverá ofertar 6,8 milhões de litros de **etanol** por ano e 3 mil toneladas de lecitina de soja.



Mato Grosso deve ter 11 usinas de etanol de milho até 2021.

Atualmente, são seis usinas operando e a instalação de mais cinco estão previstas para os próximos dois anos. A produção do biocombustível começou em 2012 e era produzido somente na entressafra de outros grãos. Com novos investimentos, em 2017 iniciou a primeira usina com operação específica de etanol de milho.

1. BioEtanol

Ainda considerando Etanol de 1ª Geração

Segundo dados da Única, a 2ª quinzena de março de 2022 registrou **9 unidades industriais** no Centro-Sul produzindo ativamente etanol a partir do **milho**, enquanto **16** mantiveram apenas a cana-de-açúcar.

Vantagens do milho

A rápida consolidação do milho como matéria-prima do etanol, bem como sua expansão, vem provocando discussões a respeito dos motivos que favorecem esse cenário.

O **milho também oferece muitas vantagens, como o alto rendimento**, enquanto:

- 1 tonelada de cana-de-açúcar produz entre 70 a 85 litros de etanol,
- 1 tonelada de milho pode produzir entre 370 a 460 litros de etanol

E

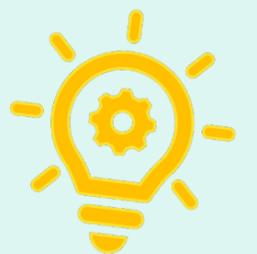
- A qualidade do milho oscila pouco e é praticamente isenta de impurezas.

Desvantagens

- O milho produz mais etanol, mas exige que mais hectares tenham sido cultivados;
- Maior volatilidade de preço no mercado, as flutuações de preço são mais expressivas que da cana;
- **O milho não gera biomassa, uma das fontes energéticas mais importantes do Brasil.**

ASSIM....

Uma usina de cana-de-açúcar bem projetada é ideal para anexar uma de milho, pois **pode gerar todo o vapor e a energia elétrica que o etanol de milho precisa. Todo o complexo pode ser autossuficiente e até exportar energia elétrica**

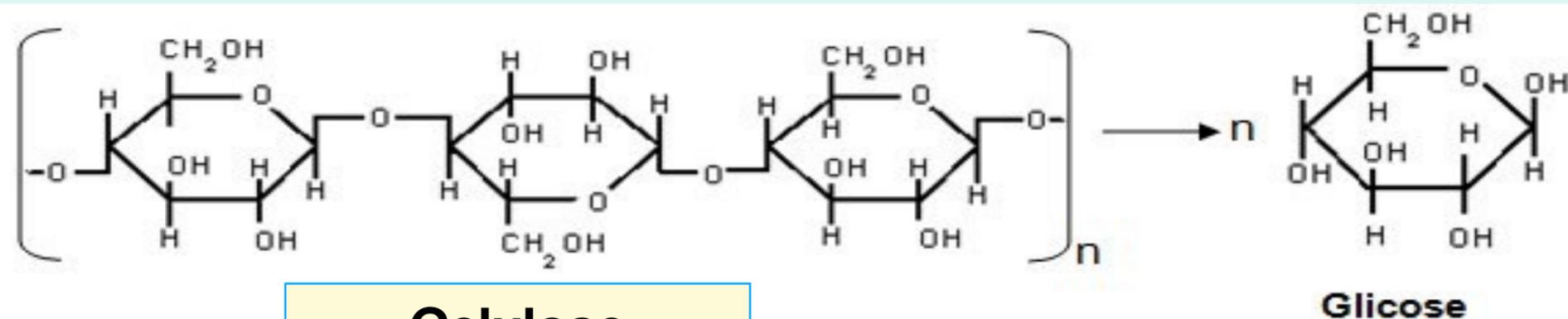


“Em breve, todas as usinas de cana deverão ter uma usina de etanol de milho trabalhando anexa, já que, além da matéria-prima com custo menor, o etanol é vendido a preços maiores, tornando extremamente atraente para o produtor aumentar a produção”

Bioetanol de 2ª geração

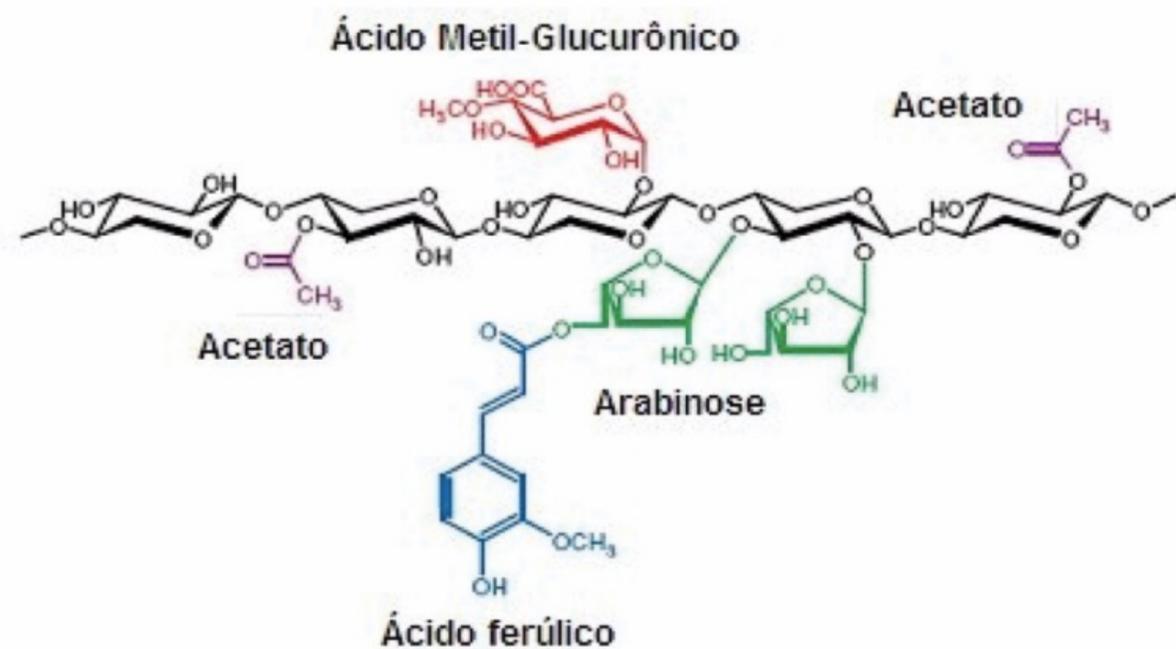
O Bagaço de cana é composto por: aproximadas partes iguais de
CELULOSE, HEMICELULOSE e LIGNINA

Como fazer para fermentar estes açúcares ?????



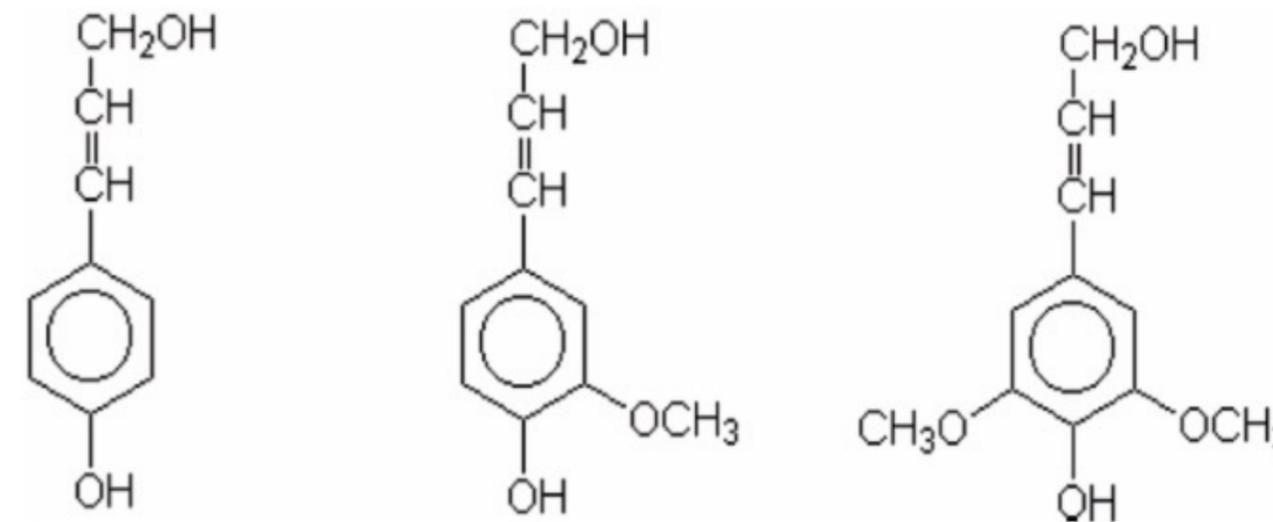
Celulose

Glicose



Hemicelulose:

São heteropolissacarídeos formados por vários resíduos de açúcares pentoses (xilose e arabinose) e hexoses (glicose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila.

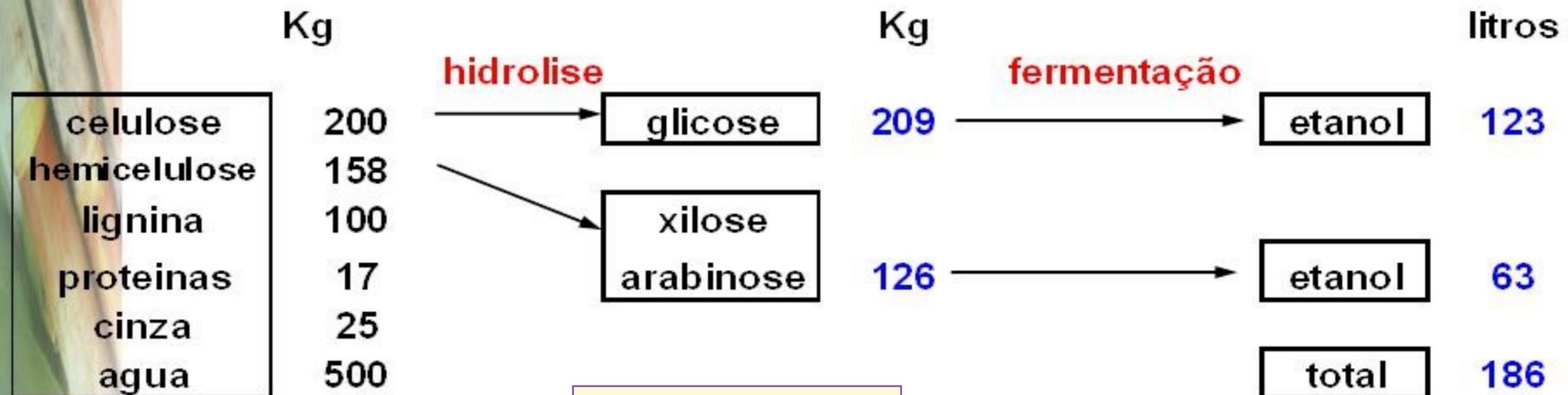


Precursos de Lignina.

Devido à natureza fenólica da lignina, essa fração não pode ser diretamente convertida em etanol. A lignina tem sido usada para a produção de energia pelo processo de combustão ([LARSEN et al., 2008](#))

Setor Sucroalcooleiro e a Produção de Etanol. Transformações após o Protocolo de Kioto

Potencial de conversão do Bagaço em etanol



PROBLEMA:
Não há ainda
tecnologia para
conseguir realizar
a fermentação

Bioetanol de 2ª geração



PROCESSOS DE OBTENÇÃO ETANOL A PARTIR DE CELULOSE



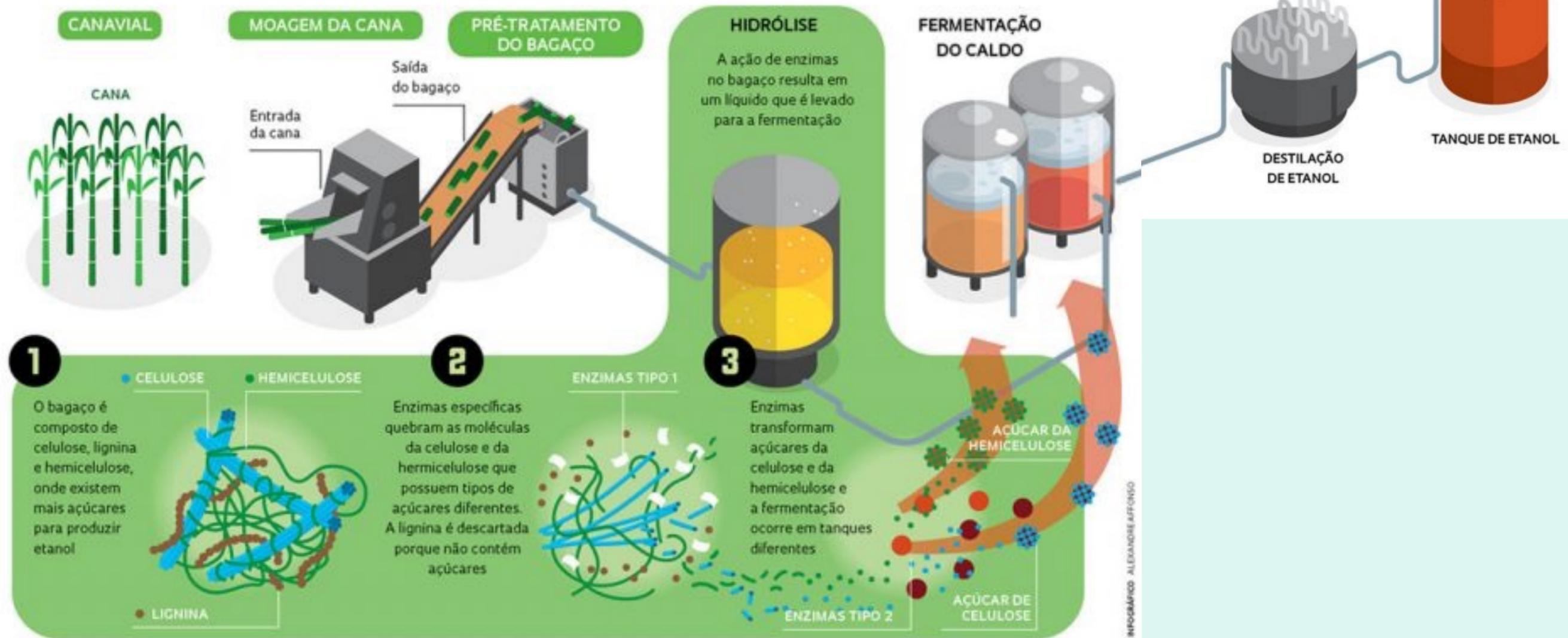
C5
(levedura não fermenta = Ainda representa Problema)

Anéis aromáticos recalcitrantes → Queima e produção de Energia

- Bioetanol de 2ª geração

O futuro na segunda geração de etanol

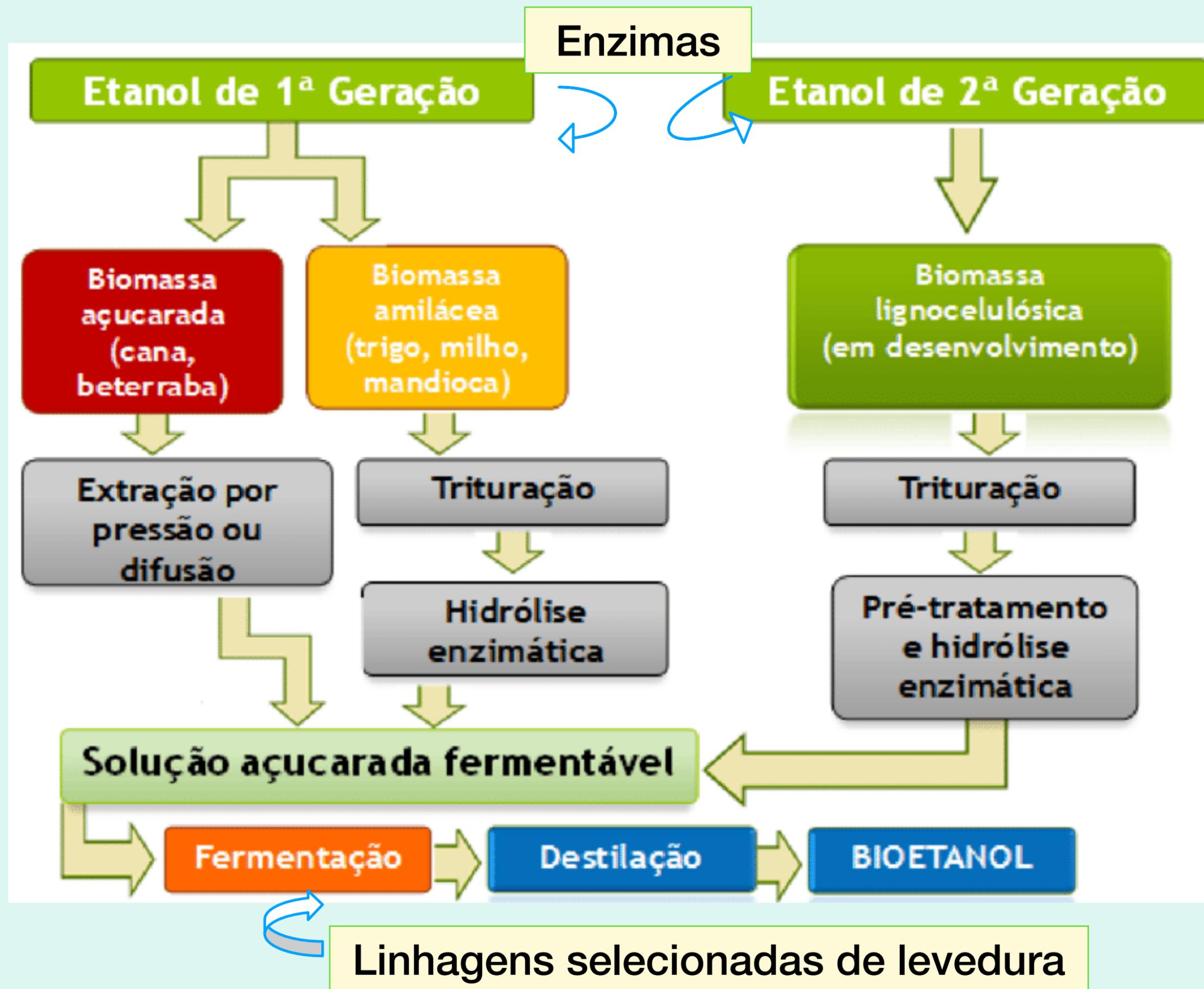
Após o uso do caldo da cana na primeira geração, utilizam-se o bagaço e as folhas no processo de hidrólise. Na etapa final, ocorre a fermentação tradicional por leveduras que transformam os açúcares em etanol



Um coquetel enzimático (mistura de várias enzimas) precisa ser empregado para que ocorra a degradação da parede celular **polissacarídica** do **bagaço da cana-de-açúcar**.

Isto libera os açúcares que posteriormente podem ser fermentados pela levedura resultando na produção do **etanol**.

(<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/entre-acucares-e-genes/>)



Enzimas

Etanol de 1ª Geração

Etanol de 2ª Geração

Biomassa açucarada (cana, beterraba)

Biomassa amilácea (trigo, milho, mandioca)

Biomassa lignocelulósica (em desenvolvimento)

Extração por pressão ou difusão

Trituração

Trituração

Hidrólise enzimática

Pré-tratamento e hidrólise enzimática

Solução açucarada fermentável

Fermentação

Destilação

BIOETANOL

Linhagens selecionadas de levedura

1. BioEtanol

Produção Mundial (Bioeconomia)

Nos EUA a produção de etanol é feita a partir do milho.

Empregando o processo chamado “**Simultaneous Saccharification and Fermentation**”.

Neste processo ao Biorreator carregado com milho processado são simultaneamente adicionados:

- 1) um coquetel de **enzimas amilolíticas (amilose e glucoamilase)**, que irão fazer a conversão do amido do milho em sacarose; e,
- 2) com a levedura ***Saccharomyces cerevisiae***, que irá realizar a fermentação convertendo a sacarose em etanol.

Os EUA, o atual maior produtor mundial de **Bioetanol**, produziu em 2018 **60,56 bilhões de litros**.

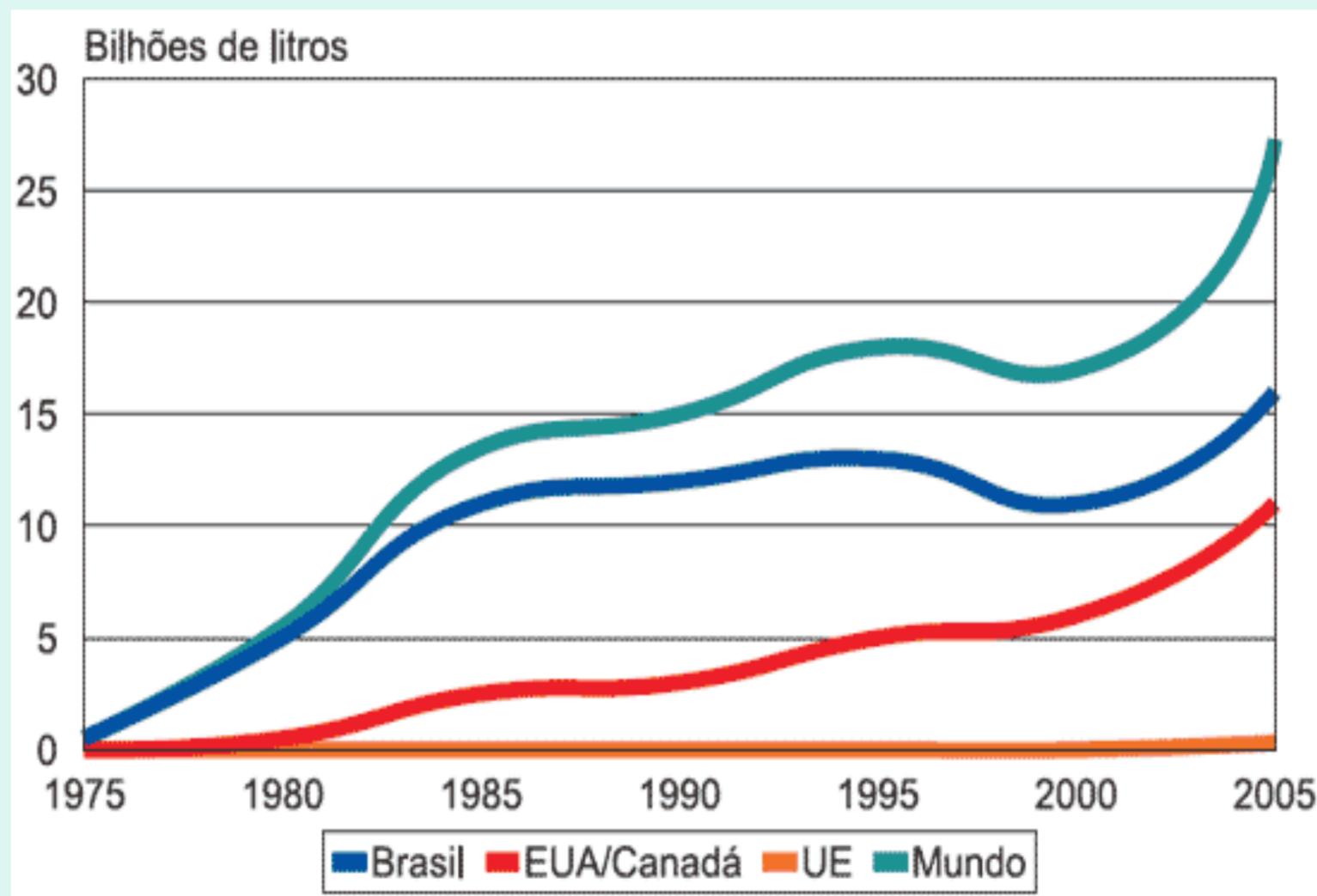
A projeção para 2019 envolve uma redução de 0,3%, enquanto o valor para 2020 representaria um crescimento de 0,6%. Todavia, as perspectivas estão confusas em 2020, devido aos efeitos do **Coronavírus** no mercado de **BioCombustíveis** em todo o mundo.



Usina de Biocombustíveis nos EUA: lá a produção de **etanol** é feita a partir do milho

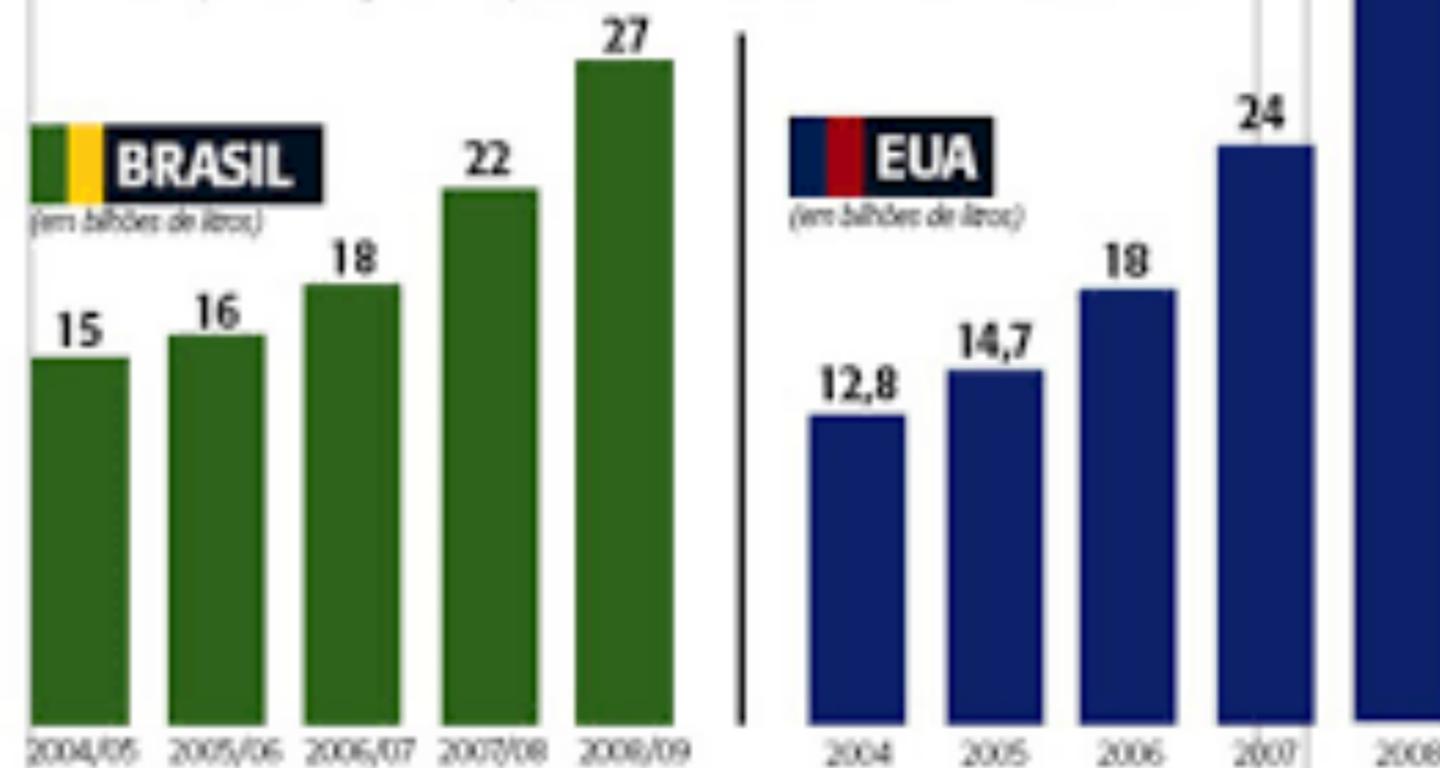
1. BioEtanol

Produção Etanol do Brasil e dos EUA e o mundo



Safra de gigantes

A evolução da produção de etanol nos últimos anos



Fonte: Unizs/Renewable Fuels Association

Usina de Biocombustíveis nos EUA: lá a produção de **etanol** é feita a partir do milho

1. BioEtanol

O Brasil se saindo **Muito bem!**

Produção Mundial (Bioeconomia)



[País confirma recorde na produção de etanol: 35,6 bilhões de litros na safra 2019/20](#)

O Brasil alcançou a maior produção de **etanol** da história, com um total de **35,6 bilhões de litros** provenientes da **cana-de-açúcar** e do **milho**. Isso representa um acréscimo de 7,5% em comparação a 2018/19.

A produção total de etanol:

- a partir da cana-de-açúcar é de 34 bilhões de litros, um aumento de 5,1% sobre a safra passada. J
- A partir de milho mais que dobrou nesta safra. Saiu de 791,4 milhões de litros em 2018/19 para 1,6 bilhão de litros nesta temporada.

Fonte: Conab 23 de Abril de 2020/

<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3342-pais-confirma-recorde-historico-na-producao-de-etanol-35-6-bilhoes-de-litros-na-safra-2019-20>

O etanol é um sucesso no Brasil. A substituição da gasolina já chegou a 46%, tanto pela flexibilização dos veículos como pela mistura de combustíveis. Nos Estados Unidos, por outro lado, esse índice não chegou a 10%

<https://economia.uol.com.br/noticias/efe/2019/03/13/brasil-aposta-em-etanol-e-deve-perder-lideranca-mundial-na-producao-de-acucar.htm?cmpid=copiaecola>

Ameaça de mercado:

Cana-de-açúcar - Índia entrando no cenário (2018/2019)

O clima favorável na reta final da colheita da safra 2018/2019 e os subsídios concedidos pela **Índia** devem confirmar tendência apontada por especialistas no ano passado de que o país passará o Brasil e se tornará líder mundial na produção de açúcar.... Veja mais em:

<https://economia.uol.com.br/noticias/efe/2019/03/13/brasil-aposta-em-etanol-e-deve-perder-lideranca-mundial-na-producao-de-acucar.htm?cmpid=copiaecola>.

Apesar da **Índia** ocupar a primeira posição no ranking mundial de produção de açúcar em 2018/2019, há analistas que cogitam a possibilidade de o Brasil retomar a liderança no próximo ciclo.... - Veja mais em <https://economia.uol.com.br/noticias/efe/2019/03/13/brasil-aposta-em-etanol-e-deve-perder-lideranca-mundial-na-producao-de-acucar.htm?cmpid=copiaecola>

Produção Mundial (Bioeconomia)



US\$ 7 BILHÕES/ANO
É A RENDA GERADA
PELA INDÚSTRIA
SUCROALCOOLEIRA
NO BRASIL

FOODCHAIN ID[®]
Clareza do Campo à Mesa



O Brasil é o maior produtor mundial de etanol de **cana-de-açúcar**.

1. BioEtanol

Cana-de-açúcar

A produção mundial de cana é de aproximadamente 1.700 milhões de toneladas/ano, em 24 milhões de ha em todo o mundo. O maior produtor é o Brasil, com 720 milhões de toneladas e 40% do cultivo em todo o mundo.

O **Brasil** é o maior produtor de **etanol** de **cana-de-açúcar** do mundo. Em termos regionais, o Brasil apresenta dois períodos distintos de safra. Assim, o país produz etanol durante praticamente o ano todo:

- de Abril a Novembro no Centro-Sul, e
- de Setembro a Março no Norte-Nordeste.

Usinas Sucroalcooleiras

- No **Brasil** há mais de **400 usinas suco-alcooleiras** concentradas principalmente no Centro-Sul e no Nordeste.
- Somente o Estado de **São Paulo** produz próximo de **60% de toda a cana, açúcar e etanol do país**.
- O **segundo** maior produtor é o estado do **Paraná**, com 8% da cana moída no Brasil.
- **A maior usina de cana do Brasil e do mundo** está localizada em **Pradópolis/SP**, a **Usina São Martinho** (Região Metropolitana de Ribeirão Preto), que tem capacidade de moer **10 milhões T/ano**.

A **Índia** é o maior produtor mundial de **cana-de-açúcar**. Atualmente, há propostas de estabelecimento de cooperação destes países neste âmbito, com o propósito de beneficiar o desenvolvimento de tecnologias para o desenvolvimento de uma commodity internacional.

(Fonte: novacana.com)

BIORREFINARIA e a Alcoolquímica

Biorrefinaria é uma instalação que integra processos de **conversão de biomassa** em:

- biocombustíveis,
- insumos químicos,
- materiais,
- alimentos,
- rações e
- energia.

O objetivo de uma **biorrefinaria** é otimizar o uso de recursos e minimizar os efluentes, maximizando os benefícios e o lucro.

Integram diversas rotas de conversão (bioquímicas, **microbianas**, químicas e termoquímicas) em busca do melhor aproveitamento da biomassa e da energia nela contida.

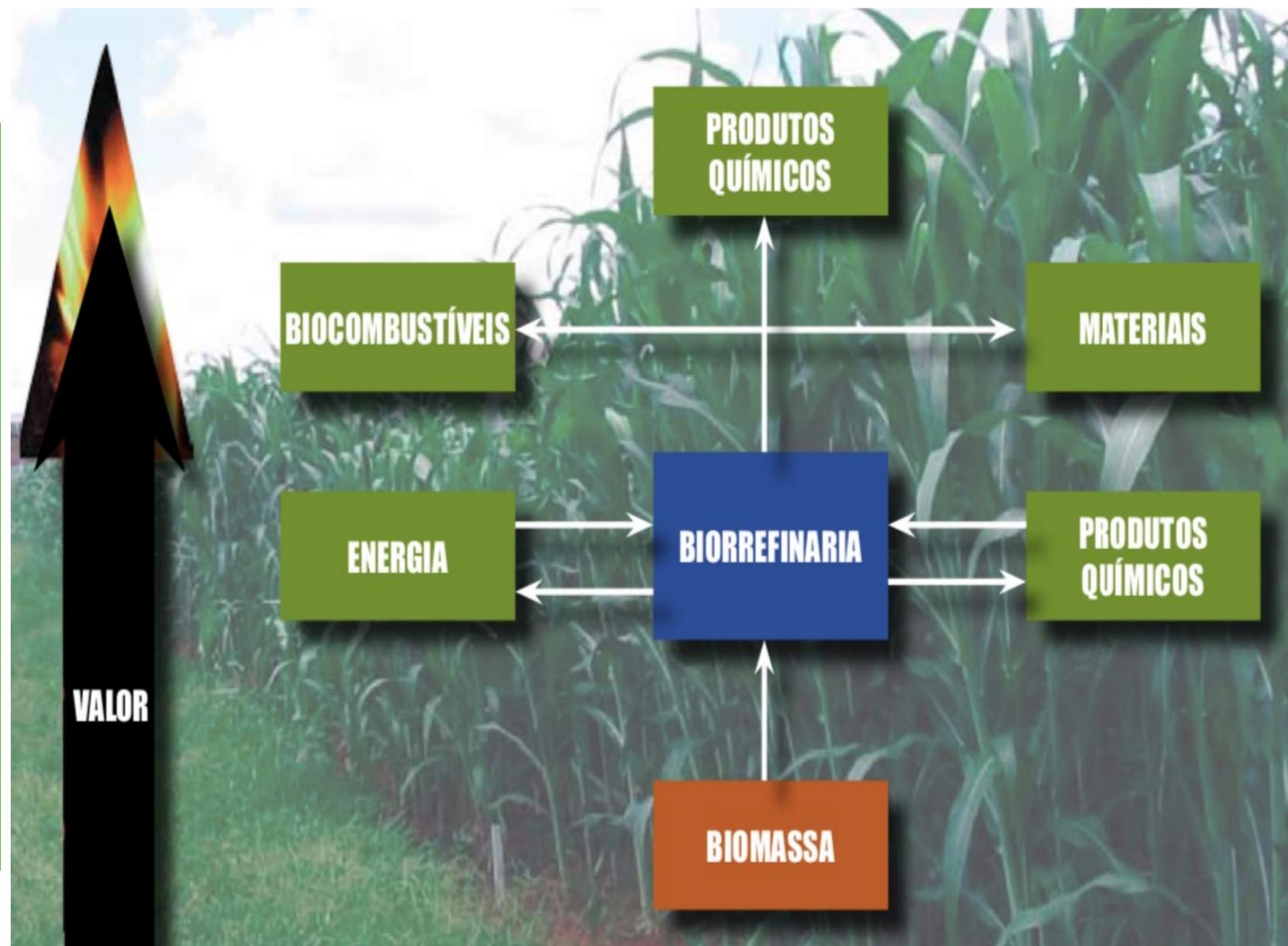
Alcoolquímica é o conjunto de processos que utiliza o álcool etílico (etanol) como matéria-prima para a fabricação de outros produtos.

Este segmento da indústria química poderá vir a substituir a **petroquímica**, fazendo com que o etanol assumo o lugar do petróleo como matéria-prima.

A **celulose** e a **hemicelulose**, tratadas por métodos **físico-químicos** e/ou **biológicos**, decompõem-se em **hexoses** e **pentoses**. Os produtos derivados desses açúcares de maior potencial industrial são:

- ácidos carboxílicos (lático, succínico),
- etanol,
- sorbitol,
- butanol, etc.

Tais compostos são utilizados como solventes, combustíveis, monômeros para plásticos, intermediários químicos para a indústria farmacêutica e de química fina em geral.

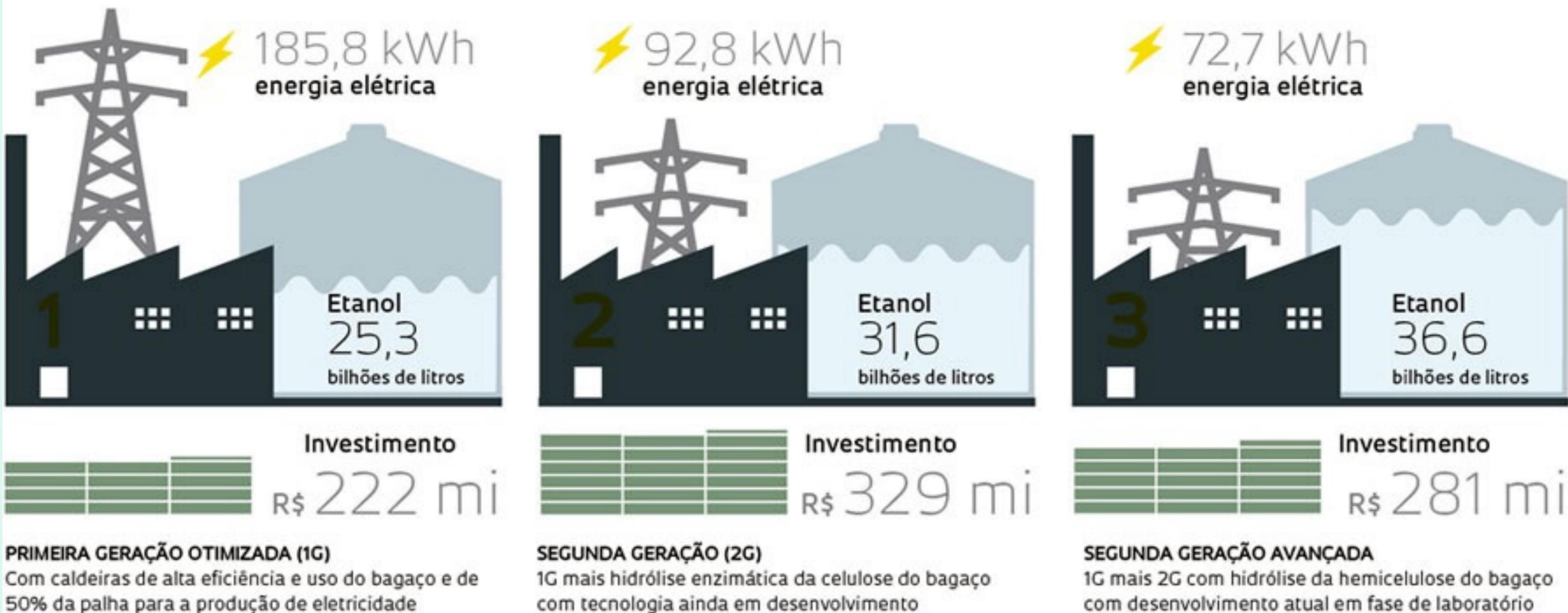


BIORREFINARIA e a Alcoolquímica

As biorrefinarias do futuro:

Refinarias (petróleo) → Biorrefinarias (biomassa)

Três cenários para as biorrefinarias



Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/26/biorrefinarias-do-futuro/>

2. BIODIESEL

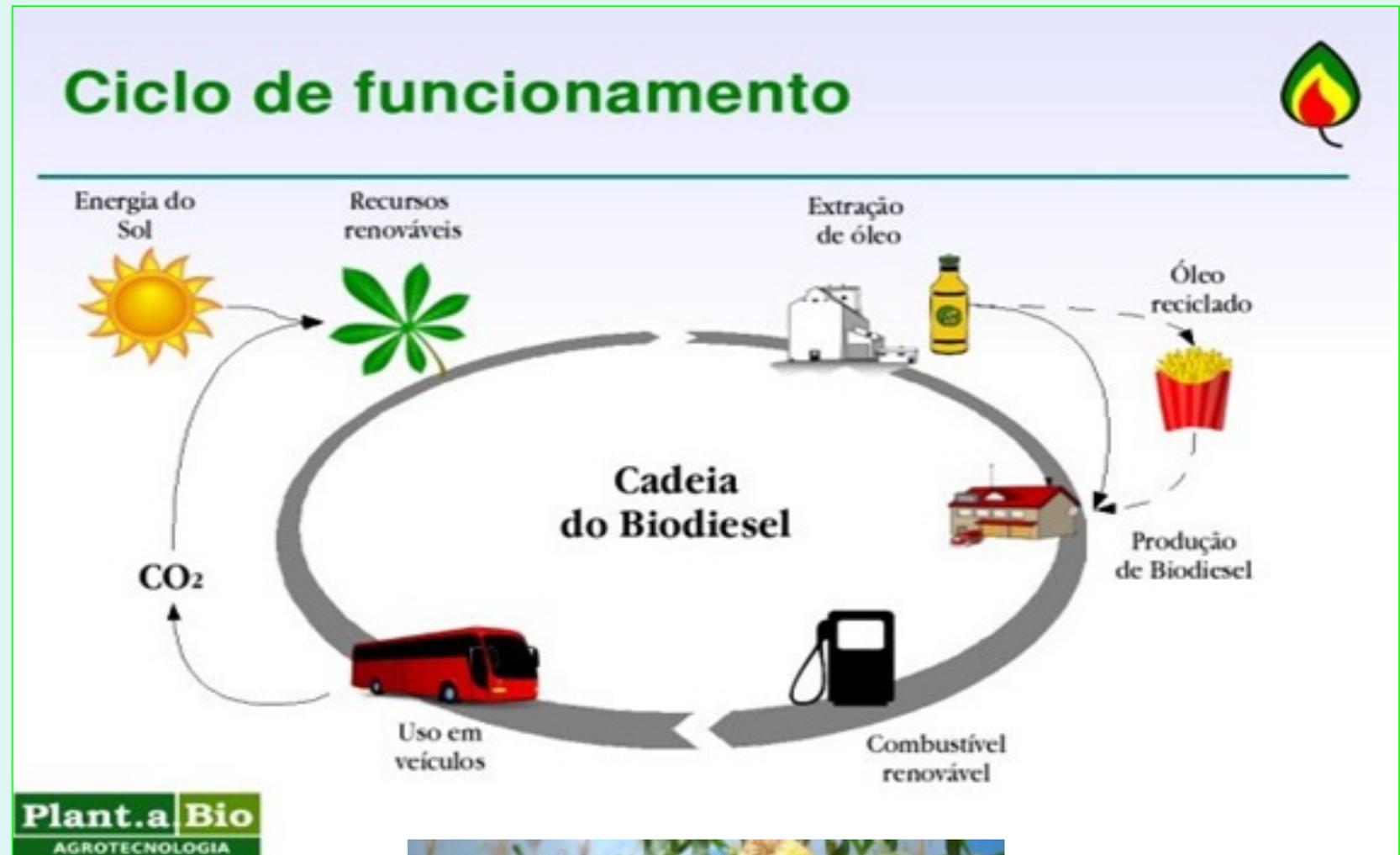
Biodiesel

O **etanol** é utilizado para veículos e equipamentos de motores leves, o **Biodiesel** é um biocombustível utilizado para **caminhões** e **ônibus**.

Sua produção e consumo no Brasil avançaram com a criação do **Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**, no ano de **2004** quando passou a ser incorporado ao diesel. Passou a ser obrigatoriamente incorporado ao diesel em **2008 (em 2%)** e em **2010 (em 5%)**.

São países que produzem **Biodiesel**: Alemanha e Estados Unidos, seguidos por Argentina, França, Japão etc.

A sua fabricação ocorre a partir da transformação de óleos vegetais (como óleo de girassol, soja, canola, mamona, algodão, dentre outros) e gorduras animais.



2. BIODIESEL

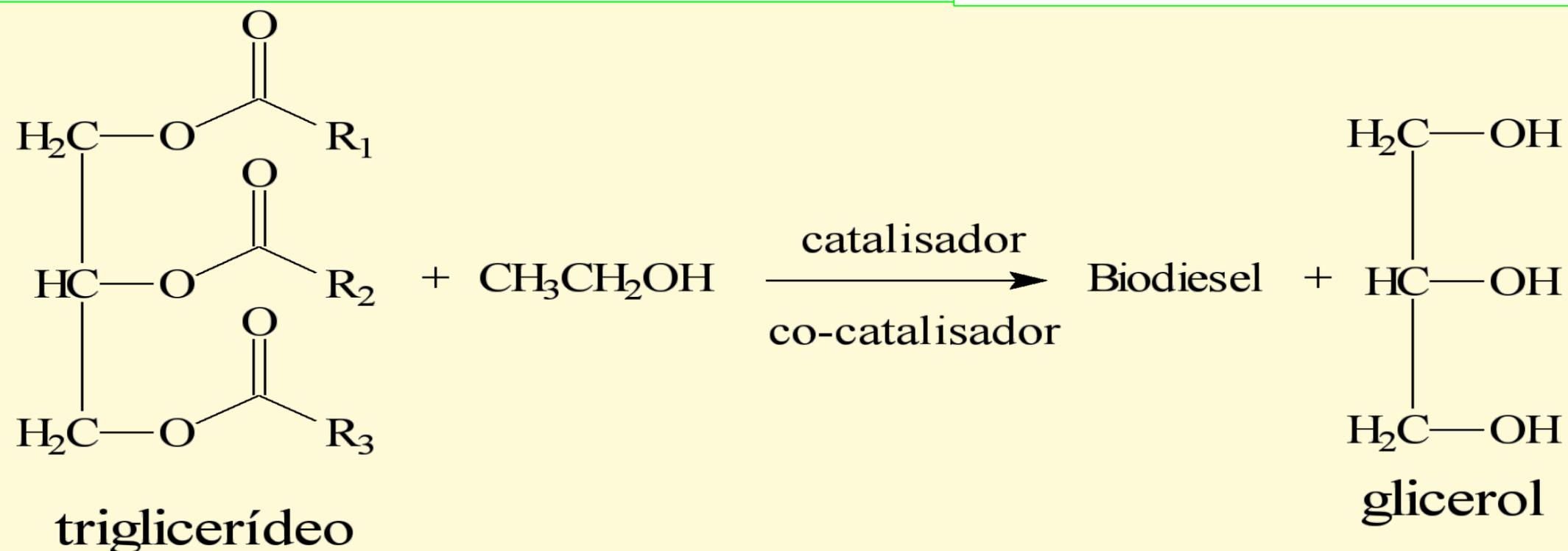
Produção de Biodiesel

O **biodiesel** é composto por ésteres de óleos vegetais ou gorduras animais. A sua produção é realizada por um processo que é chamado **transesterificação** que consiste na mistura de óleo vegetal ou gordura com álcool (**metanol** ou **etanol**), na presença de um catalisador.

Os óleos e as gorduras são constituídas, principalmente, por **triglicerídeos**.

Os **triglicerídeos** possuem três longas cadeias de **ácidos graxos** ligados a uma molécula de glicerina.

Ao reagir com o **álcool** o (metanol ou etanol), as três cadeias de ácidos graxos desligam-se da glicerina e dão origem a uma molécula de biodiesel.



○ **Biodiesel** é produzido partir da transesterificação de óleos vegetais e de gorduras (triglicerídeos) empregando catalizadores:

- químicos
- **enzimáticos (lipases, enzimas produzidas por microrganismos)**

2. BIODIESEL

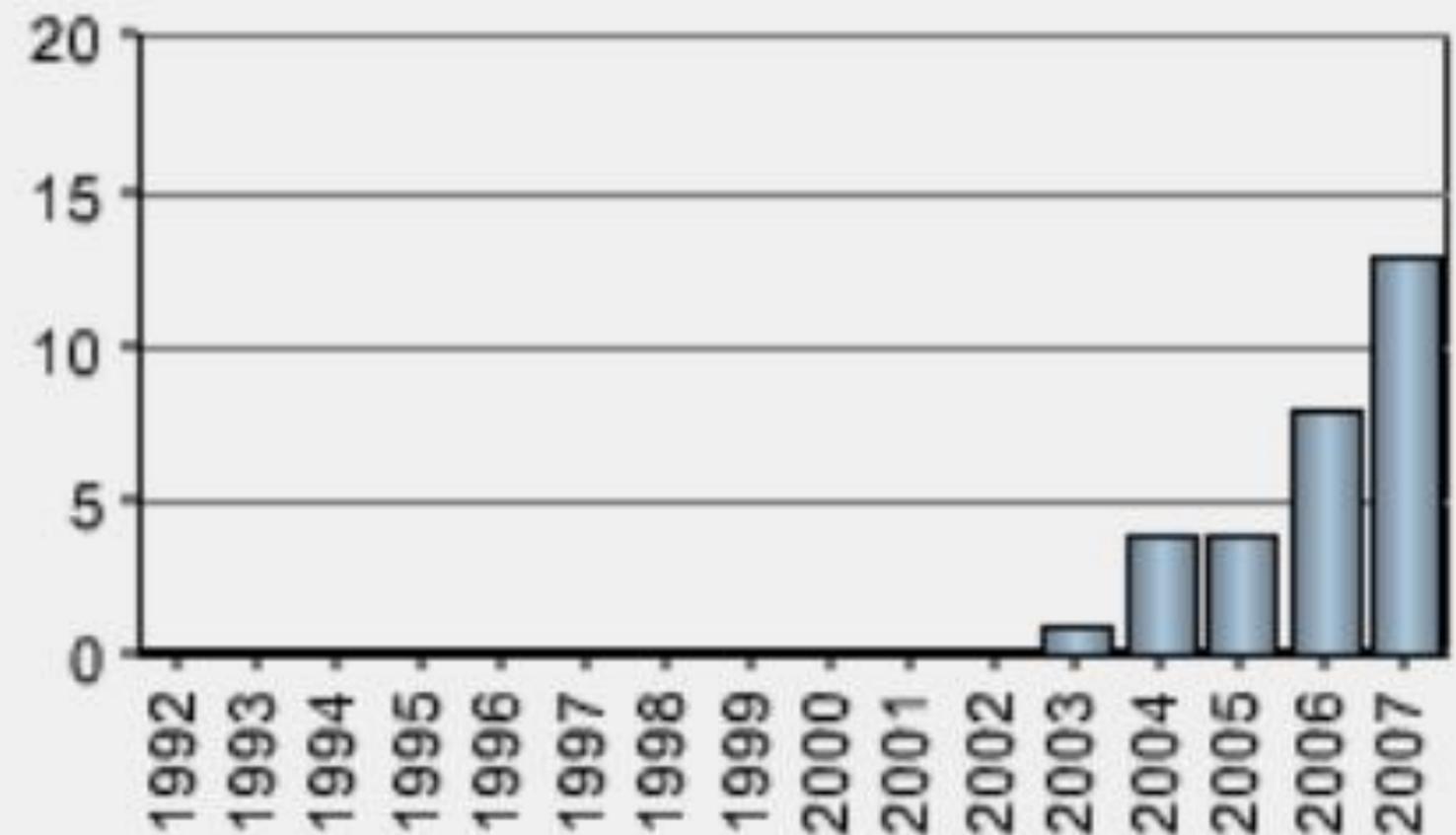
Matéria Prima: Fontes de triglicerídeos

Oleaginosas agrícolas, como:

- óleo de soja,
- óleo de palma,
- gorduras

- óleo reciclados, resíduos

**Biodiesel Stations in Florida
1992 - 2007**



Estações de biodiesel na Flórida a partir de 2007

BIOCOMBUSTÍVEL – Gerações

BIOCOMBUSTÍVEL DE Geração 0

Geração 0

- ▶ **Definição**
 - Caracteriza-se pela baixa ou nenhuma tecnologia para produção e principalmente por matéria-prima de fonte extrativa.
- ▶ **Exemplos**
 - Lenha
 - Carvão vegetal de lenha extrativa



BIOCOMBUSTÍVEL DE 1ª Geração

1º Geração

- ▶ **Definição**
 - Caracteriza-se pelos biocombustíveis produzidos principalmente de matérias-primas cultivadas e pela baixa complexidade tecnológica para a sua produção.
 - Tecnologia predominante na matriz energética no presente.
- ▶ **Exemplos**
 - Bioetanol (milho, cana-de-açúcar, beterraba e trigo)
 - Biodiesel (soja, girassol e colza)
 - Óleo vegetal
 - **Biogás ???**

BIOCOMBUSTÍVEL DE 2ª Geração

2º Geração

- ▶ **Definição**
 - Caracteriza-se pelos biocombustíveis produzidos a partir de recursos não destinados à alimentação, e alta complexidade tecnológica para sua obtenção.
 - Não gera disputa por solos com áreas de plantio de alimentos.
 - Tecnologia em desenvolvimento industrial no mundo.
- ▶ **Exemplos**
 - Bioetanol (hidrólise da lignocelulose de resíduos da cana-de-açúcar ou outros materiais celulares)
 - Biodiesel (óleo residual de fritura, gordura animal, gordura de efluentes urbanos e/ou industrial)
 - **Biogás ???**

3º Geração

► Definição

- Caracteriza-se pela alta velocidade de produção, alto teor de óleo e carboidratos, adaptação, adaptação a um espectro amplo de temperatura e acidez do meio, capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera, e maior eficiência fotossintética.



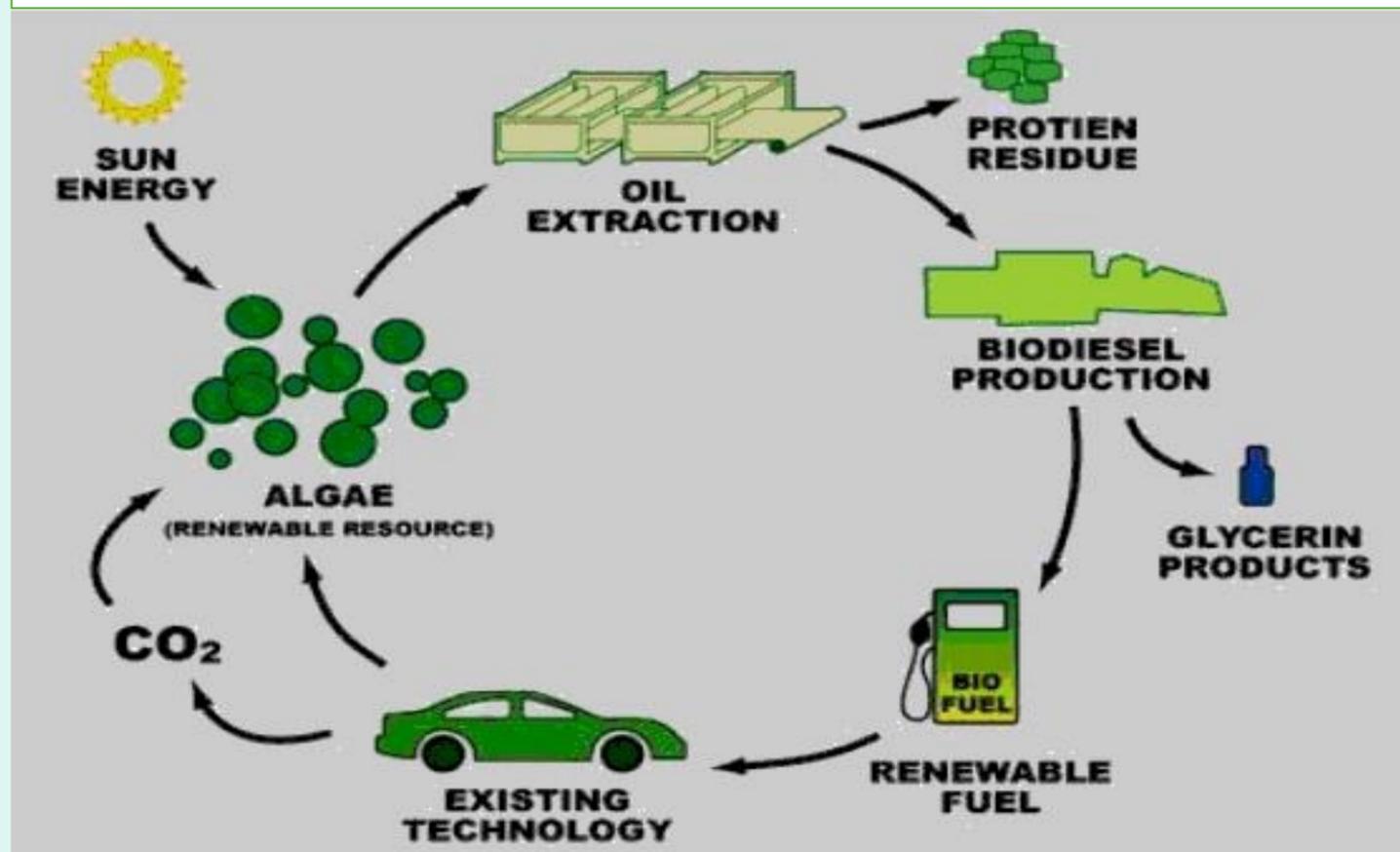
► Exemplos

- Biodiesel de microalgas oleaginosas



2. BIODIESEL

BIODIESEL DE ALGAS – Possibilidade para o Futuro



VANTAGENS

As **algas** crescem rapidamente, consomem o dióxido de carbono e pode gerar mais de 5.000 litros por ano por hectare de biocombustível, em comparação com 350 galões por ano para o etanol de milho.

Algas combustível baseado pode ser adicionado diretamente na refinação e distribuição de sistemas existentes.

Em teoria, os E.U. poderia produzir o suficiente para satisfazer todas as necessidades de transporte do país .

DESVANTAGENS / DESAFIOS

A tecnologia atual disponível impõe custos elevados para:

- Produção de microalgas,
- Extração de glicerídeos,
- Baixas taxas de conversão.

Dezenas de empresas começaram a projetos-piloto e produção em pequena escala. Mas, produzir em quantidade significa encontrar **fontes confiáveis de nutrientes de baixo custo** e de **água**, para permitir a gestão de patógenos que podem reduzir o rendimento.

Produção de biomassa de microalgas, com um teor de óleo de 55% terá de ser produzido a baixos custos (menos de US\$ 340/ton) para ser competitivo com o diesel de petróleo. Atualmente, o custo é US\$ 3.000/ton .

2. BIODIESEL

BIORREFINARIAS

Matéria prima

- Oléo crú
- Gás natural



Petro-
refinaria



Produtos

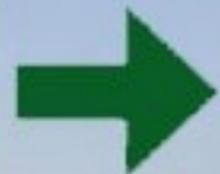
- Combustíveis
- Químicos
- Materiais

Matéria prima

- Biomassa
- Resíduos



Bio-
refinaria



Produtos

- Combustíveis
- Químicos
- Materiais



3. Biogás

Biogás e sua produção

O **biogás** é produzido pela decomposição do lixo orgânico, o qual libera o **chorume**, um líquido escuro e viscoso, que por sua vez, produz o gás metano (**CH₄**).

O biogás é produzido nos aterros sanitários

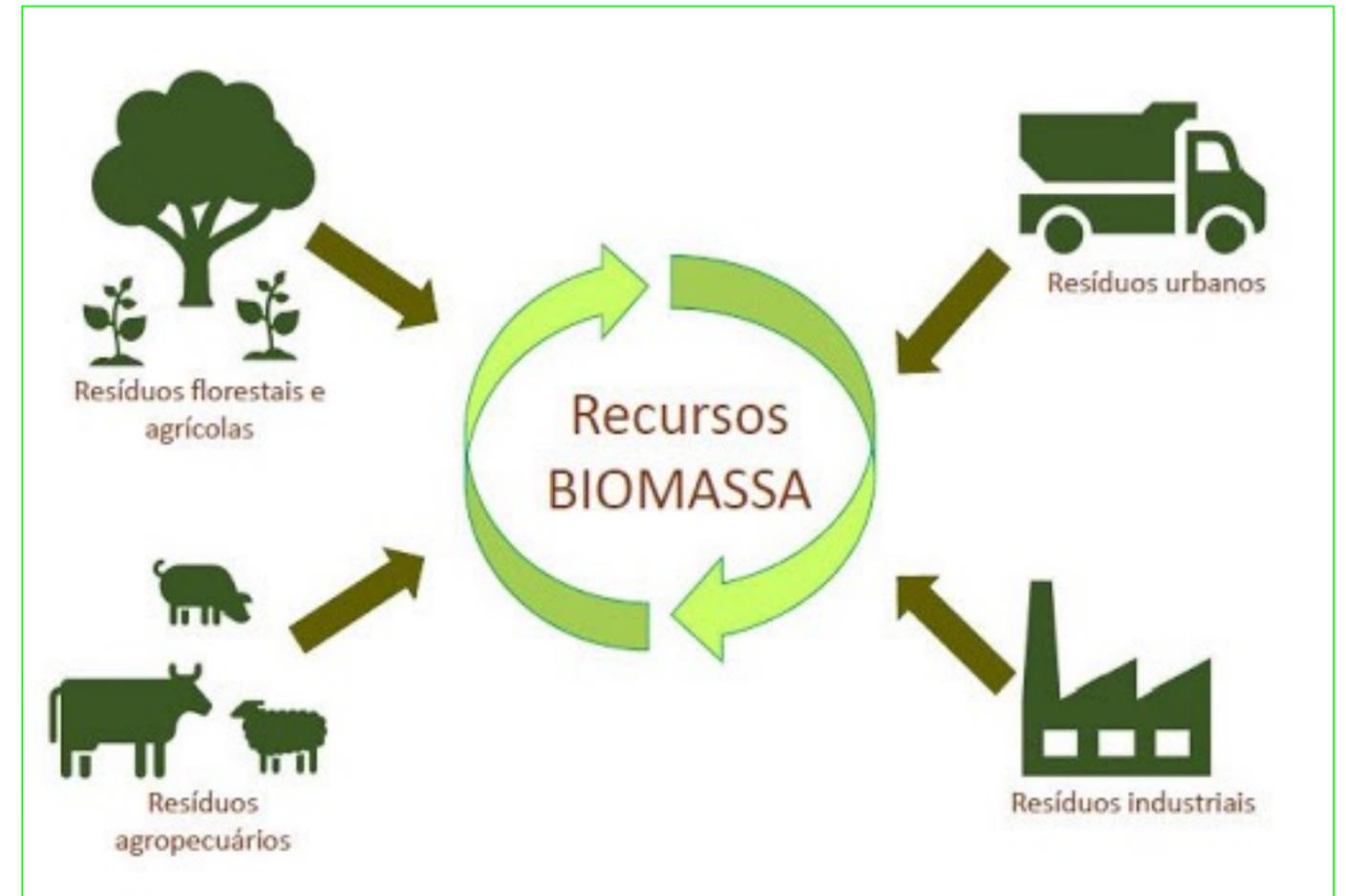
onde lixo orgânico é despejado. É necessária uma preparação do solo, para que não ocorra contaminação do lençol freático. Nesses locais o **biogás** é produzido em decorrência da **fermentação anaeróbica** (ausência de ar) de **microrganismos presentes na biomassa**. Há um mecanismo de captação dos gases liberados da fermentação e decomposição da matéria orgânica.

O **biogás** pode ser produzido por meio do uso de um equipamento chamado **biodigestor anaeróbico**.

Além do lixo orgânico outros materiais podem ser utilizados para a produção do biogás: dejetos humanos, esterco, cana de açúcar, palhas, plantas, madeira, resíduos agrícolas, bagaço (cana de açúcar, a casca do arroz, da castanha, do coco), óleo de vegetais, dentre outros.

Composição

Além do **metano (CH₄)**, o biogás é composto por uma mistura de gases: **dióxido de carbono (CO₂)**, e em menores proporções o nitrogênio (**N₂**), hidrogênio (**H₂**), oxigênio (**O₂**) e gás sulfídrico (**H₂S**).



3. Biogás

Biogás e sua produção

O biogás é produzido em Aterros sanitários

A fermentação **anaeróbica** (**ausência de ar**) do lixo orgânico produz o **Biogás** - **gás metano** (**CH₄**).

Esta decomposição libera **chorume**, um líquido escuro e viscoso. É necessária uma preparação do solo, para que não ocorra contaminação do lençol freático.

Biodigestores anaeróbicos

são equipamentos que podem ser empregados para produzir **biogás**.

Além do **lixo orgânico** outros materiais podem ser utilizados para a produção do **biogás**: dejetos humanos, esterco, cana de açúcar, palhas, plantas, madeira, resíduos agrícolas, bagaço (cana de açúcar, a casca do arroz, da castanha, do coco), óleo de vegetais, dentre outros.

Microrganismos envolvidos

Vários microrganismos participam juntos na degradação de resíduos orgânicos e produção de **Biogás**, formando um consorcio microbiano. Neste consorcio estão envolvidos:

- **Bactérias**,
- **Arquéias**.

Composição do Biogás

Além do **metano** (**CH₄**), o biogás é composto por uma mistura de gases: **dióxido de carbono** (**CO₂**), e em menores proporções o nitrogênio (**N₂**), hidrogênio (**H₂**), oxigênio (**O₂**) e gás sulfídrico (**H₂S**).

Atualmente, o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de produção e exportação de carne suína. Com os contínuos investimentos feitos no setor, a produção de suínos cresce cerca 4% ao ano.

O **biogás** produzido pelos **biodigestores** em condições **anaeróbicas** é composto, principalmente, por gás Carbônico (CO₂) e metano (CH₄).

Obtenção de Biogás a partir de resíduos suíno



Biodigestor localizado na Fazenda Bambu, município São Gabriel do Oeste, MS

3. Biogás

Biogás e sua produção

Biogás - Metano (CH₄)

O **metano** (CH₄) está na atmosfera como principal hidrocarboneto e componente do gás natural, na proporção aproximada de 1,7 ppm (partículas por milhão). Ele é gerado pela decomposição de matéria orgânica e, assim, pode ser chamado de **biogás**..

Aspectos negativos do metano

O **metano** é considerado o **segundo** gás maior causador do efeito estufa. apresenta-se com um efeito poluente cerca de **21 vezes mais intenso que o dióxido de carbono – CO₂**). Sua presença na atmosfera, afeta a temperatura e o sistema climático da Terra, colaborando para o aquecimento global. Se inalado, o **metano** pode causar asfixia, parada cardíaca, inconsciência e até mesmo danos no sistema nervoso central.

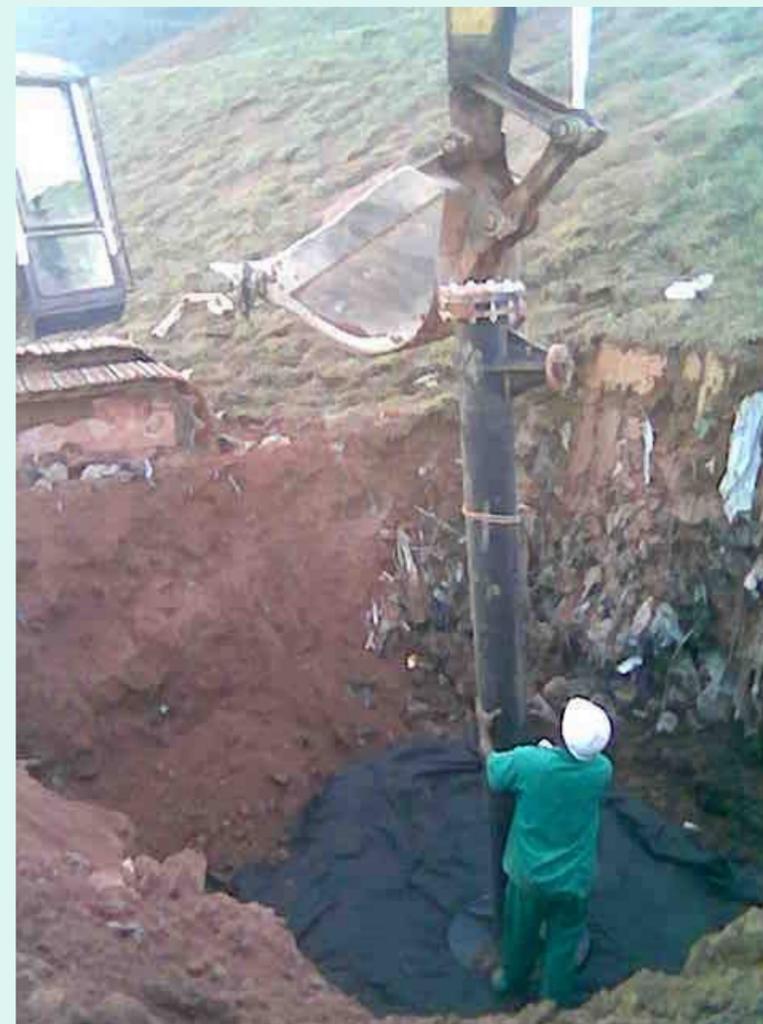
Cerca de 60% das emissões globais de metano são provenientes das fontes antropogênicas (geradas pelo homem) aterros, minas e operações com gás e petróleo e agricultura. O restante provém de fontes naturais, sobretudo de terras úmidas, hidratos gasosos (sólidos cristalinos compostos de moléculas de metano circundadas individualmente por moléculas de água), de subsolo permanentemente congelado (“permafrost”) e cupins.

O **metano** proveniente dos **aterros sanitários**, assim como outros gases poluentes, experimentou um aumento significativo nas suas emissões após as duas revoluções industriais. Nos últimos dois séculos, estima-se que os teores atmosféricos desse gás dobraram.

Na região metropolitana de São Paulo,

dois aterros sanitários foram transformados em usinas em 2003 e 2007 já somam 43 MW de potência. Após a primeira, ter sido construída em 2003, localizada no **aterro Bandeirantes**. Após 30 anos em funcionamento, suas **35 milhões de toneladas** de lixo acumuladas geram 20 MW. Energia suficiente para abastecer uma cidade de **400 mil habitantes**. Já no caso do aterro São João, que funcionou durante 15 anos e acumulou 26 milhões de toneladas de lixo, a usina instalada **tem 23 MW** de potência.

Com a **queima do metano** gerando energia elétrica, obtém-se uma redução das emissões de 1,8 milhão de toneladas de gás carbônico (**CO₂**), contribuindo assim para a mitigação do efeito estufa.



Vista de instalação de cabeçote no Aterro Sanitário CDR-Pedreira.
Fonte: CENTRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, 2007.

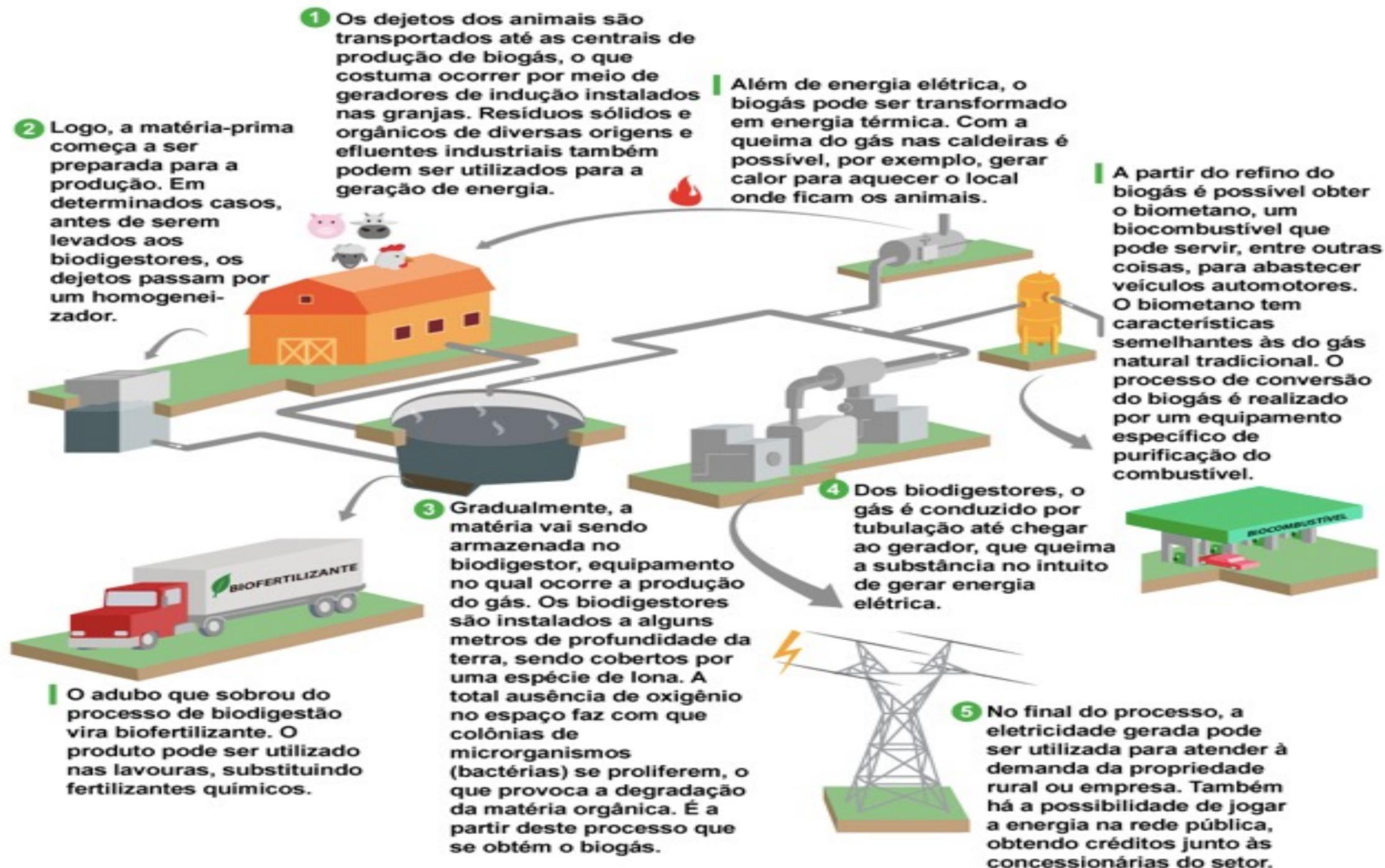


Vista de cabeçote instalado no Aterro Sanitário CDR-Pedreira.
Fonte: CENTRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, 2007.

3. Biogás

Biogás e sua produção

COMO FUNCIONA O CICLO DO BIOGÁS



3. Biogás

Biogás e a geração de Energia Elétrica

A **geração própria de energia elétrica** através do **biogás** já possibilita que algumas propriedades rurais consigam ser autossustentáveis no abastecimento de **energia elétrica**.

Os **dejetos dos animais** resultam em **energia elétrica** suficiente para manter toda a estrutura ativa de uma propriedade.

Em 2008, uma granja da **cooperativa Santa Clara** em Carlos Barbosa/RS, onde são criados 8 mil suínos, com a instalação do sistema de **biodigestão** conseguiu driblar a dependência de **energia** oriunda da concessionária, atendendo à toda demanda do local e dos equipamentos de tratamentos de efluentes das fábricas.

Ao todo, 100 mil litros de dejetos são gerados por dia na granja, o que possibilita a produção de 1 mil metros cúbicos de **biogás** a cada 24 horas.

O gerente de meio ambiente da cooperativa calcula que, em **um mês** nesta granja, o sistema de **Biogás** proporciona a geração de energia equivalente à:

- 23 mil litros de óleo diesel, ou
- 146 mil quilos de lenha, ou
- 1,2 mil botijões de gás de cozinha.
- 60.000 quilowatts-hora (kWh) de eletricidade, proporcionando economia na conta de até R\$ 15 mil.

No entanto, destaca-se que o **ganho ambiental** com a medida é incalculável.



Em Carlos Barbosa/RS, o sistema de biodigestores é composto por três cúpulas (balões) com espaço para 1,5 milhão de litros de dejetos, totalizando 4,5 milhões de litros. O sistema recebe em média 60 mil litros/dia de dejetos vindos da suinocultura e pode produzir aproximadamente 1000 m³/dia de **biogás**.

3. Biogás

Biogás e a geração de Biocombustível automotivo

Gasolina, álcool, biodiesel ou energia elétrica... Os veículos que circulam pelas ruas de todo o mundo utilizam diversos combustíveis (com exceção da energia elétrica, que não é considerada um combustível) e nem todos eles são disseminados. Um exemplo disso está no **Bio-Bus**, um ônibus coletivo que faz a sua estreia nas ruas de **Bristol, Inglaterra**, de um modo bem inovador. https://youtu.be/x2R_MaWFABo



Bio-Bus da empresa Geneco movido a Biogás.



Carro Volkswagen Beetle “movido a Biogás” passeia pelas ruas de Bristol, Inglaterra, para encorajar pessoas a procurarem viver de forma mais sustentável.



Scania, o primeiro caminhão movido a GNV (Gás Natural Veicular) do Brasil

4. Biomassa

A Biomassa

produzida de **resíduos de matéria orgânica** (geralmente de origem vegetal), são uma ótima alternativa para a produção de energia térmica e de combustíveis: **álcool, biodiesel, biogás** e térmica. Os principais materiais utilizados são:

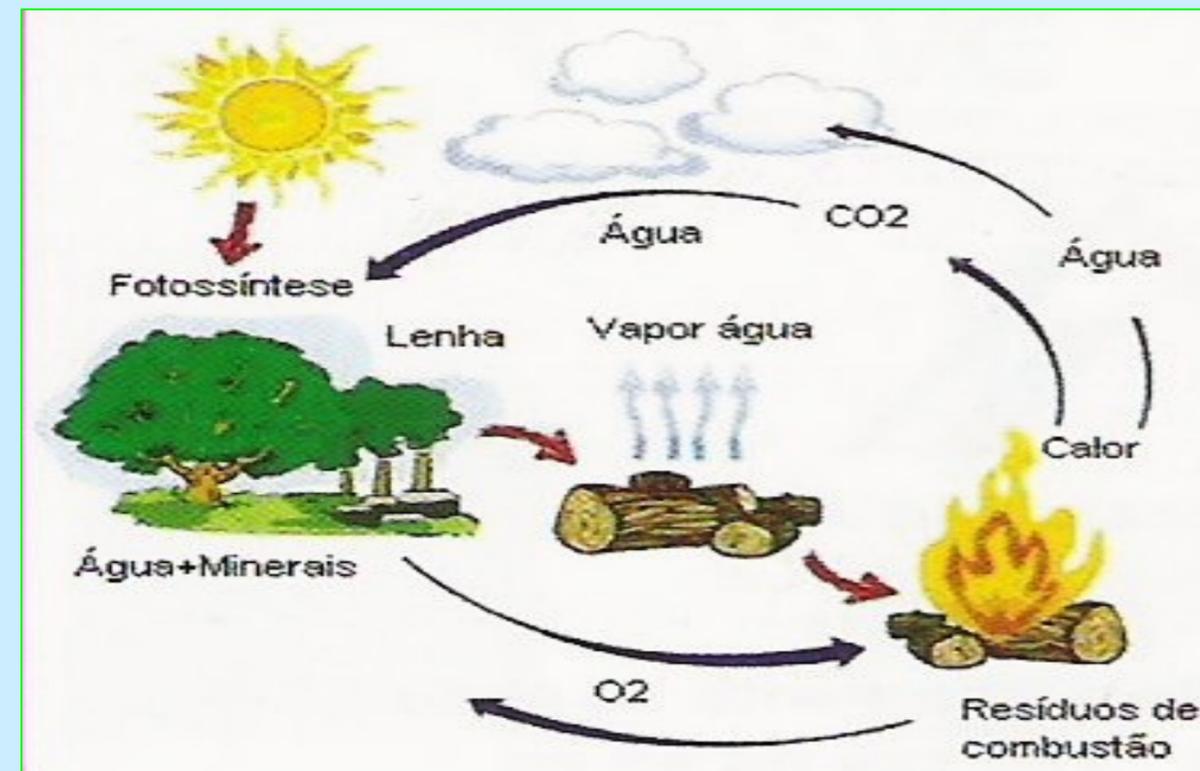
- **cana-de-açúcar**,
- beterraba,
- milho,
- **mandioca**,
- eucalipto,
- lenha,
- **óleos vegetais** (mamona, dendê, soja, etc.).
- Estrume de gado
- Lixo urbano e Lixo industrial

Interessante notar que ela pode ser produzida pelo reaproveitamento de resíduos (lixos) municipais e outros detritos, que através da combustão gera combustíveis.

Conceito de ser Sustentável

Note que a combustão da Biomassa libera dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera no ambiente.

Todavia, o CO_2 liberado na atmosfera em curto intervalo de tempo é reabsorvido pelas plantas.



Ciclo do Carbono

Vantagens

A biomassa é uma fonte de energia limpa e renovável disponível em grande abundância e derivada de materiais orgânicos. Todos os organismos capazes de realizar fotossíntese (ou derivados deles) podem ser utilizados como biomassa.

Outro fator importante é que a humanidade está produzindo cada vez mais lixo e este também é capaz de produzir energia, ajudando a resolver vários problemas:

- diminuição do nível de poluição ambiental,
- contenção do volume de lixo das cidades e aumento da produção de energia.
- ter baixo custo de implantação e manutenção.
- diminuir o lixo industrial (Ex. ind. Alimentos)

5. Outros bioprodutos sintetizados em Biorrefinarias

Vários outros **bioprodutos** podem ser sintetizados nas **Biorrefinarias** a partir de **Bioetanol** ou da **Biomassa**.

Em vários casos, microrganismos ou seus produtos podem ser utilizados em alguma parte do processo:

- Bioéter dimetílico

- Bio-ETBE (bio éter etil-ter-butílico)

ETBE produzido a partir do **bioetanol**. A percentagem em volume de bio-ETBE considerada como biocombustível situa-se nos 47%.

- Bio-MTBE (bio éter metil-ter-butílico)

Bio-MTBE produz-se a partir de **biometanol**. A percentagem em volume de bio-MTBE considerada como biocombustível situa-se nos 36%.

- Biocombustíveis sintéticos

Produzidos a partir de biomassa são hidrocarbonetos sintéticos ou misturas de hidrocarbonetos sintéticos.

- Bio-hidrogênio

Hidrogénio que se obtém a partir de biomassa.

- Gás de síntese

- Óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas

Óleo produzido por pressão, extração ou processos comparáveis a partir de plantas oleaginosas.

6. Atualidades da era Coronavírus (em 2021)

Ao redor do mundo, usinas de etanol fecham com risco de não reabrir

Pandemia de coronavírus

tem deixado as estradas vazias em vários continentes, afetando a demanda por **combustíveis**

O **coronavírus** e o petróleo barato atingem o setor de combustíveis com tanta força que usinas de etanol começam a fechar as portas e algumas podem nunca reabrir.

Toda a indústria de **biocombustíveis** passa por uma reestruturação. Muito antes de a pandemia esvaziar estradas e agravar a guerra dos preços do petróleo, produtores tentavam contornar o excesso de oferta e os efeitos da guerra comercial.

Agora, a queda da demanda e dos preços resulta em menores produtores, e empresas com grandes dívidas terão dificuldade em superar as perdas.

“Quando sairmos desses dois eventos – a **guerra de preços do petróleo** e, agora, o **coronavírus** –, provavelmente seremos uma indústria diferente”, disse o CEO da produtora de etanol Green Plains, Todd Becker. “Definitivamente, existem usinas que ficarão sem capital”

7. Questões

Ok ! Estamos prontos para as perguntas !!!

1. O que são **Biocombustíveis** ?
2. Por que podemos considerar que os **Biocombustíveis** são uma alternativa sustentável aos combustíveis derivados de petróleo?
3. Quais são os principais **Biocombustíveis** disponíveis no Brasil?
4. Como é produzido o **bioetanol** ? Qual o microrganismo envolvido no principal processo de sua produção?
5. Como linhagens de levedura recombinantes poderão vir a ser empregadas em processos futuros de produção de **bioetanol** a partir de fontes alternativas de biomassa?
6. Na bomba de gasolina dos postos de Combustível do Brasil, qual é a porcentagem de **etanol** na gasolina ?
7. Como é produzido o **Biodiesel**? Microrganismos podem ser envolvidos no processo?
8. Qual a porcentagem de Biodiesel/Diesel nas bombas de combustível dos postos de combustível no Brasil ?
9. O que significa o termo Biorrefinaria?
10. Como a **Biomassa** pode ser convertida em **Bioenergia** ?

Obrigada por sua atenção !