

**CENTRO UNIVERSITÁRIO PADRE ANCHIETA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**INDÚSTRIAS DE PROCESSOS QUÍMICOS ORGÂNICOS  
ALCOOLQUÍMICA**

**Prof. Vanderlei I Paula**

**Jundiaí – SP**

**2020**

## SUMÁRIO

<b>1 INDÚSTRIA DE ALCOOLQUÍMICA .....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	4
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
1.2.1 Histórico do processo .....	5
1.2.2 Hipótese do mercado .....	6
1.2.3 Produtos .....	8
1.2.4 Meio ambiente .....	10
1.2.5 Processos químicos .....	12
1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	15
1.4 REFERÊNCIAS .....	16

## 1 INDÚSTRIA DE ALCOOLQUÍMICA

### Resumo

A indústria Alcoolquímica é um setor industrial que visa obter combustíveis e matérias primas de uma maneira sustentável ao meio ambiente (apesar de possuir alguns produtos altamente poluentes, ainda é considerada uma empresa que não agride o meu ambiente), diferentemente das fontes não renováveis e poluentes. A alcoolquímica está voltada para o uso de álcool etílico e alguns outros derivados como o ácido acético, acetato de butila, butano, éter etílico e cloreto de etila. Atualmente, com o recente aumento no preço do petróleo, os motivos geopolíticos decorrentes a dependência do petróleo de países politicamente instáveis, a questão ambiental devido à preocupação em relação a emissão de poluentes e a visão de esgotamento das reservas, fizeram as atenções do mundo se voltarem para as fontes alternativas de energia, sendo um dos principais, o etanol. Nessa nova atenção, não está restrita somente ao etanol combustível, mas sim, alguns outros para o etanol grau químico, utilizado em diversos setores da indústria de transformação.

**Palavras-chave:** Alcoolquímica, etanol, setor sucroalcooleiro

### Abstract

*The alcohol chemistry industry is an industrial sector that aims to obtain fuels and raw materials in a sustainable way to the environment (although it has some highly polluting products, it is still considered a company that does not harm my environment). Non-renewable sources and pollutants. Alcohol chemistry is geared towards the use of ethyl alcohol and some other derivatives such as acetic acid, butyl acetate, butane, ethyl ether and ethyl chloride. Currently, with the recent increase in oil prices, the geopolitical motives arising from the dependence on oil from politically unstable countries, the environmental issue due to concern about the emission of pollutants and the vision of exhaustion of Reserves, made the world's attentions turn to alternative sources of energy, being one of the main, ethanol. In this new attention, it is not restricted only to ethanol fuel, but some others for the chemical grade ethanol, used in various sectors of the processing industry.*

**Keywords:** Alcohol, ethanol, sugar alcohol industry

## 1.1 INTRODUÇÃO

A indústria alcoolquímica surgiu nos primórdios do Brasil, desde o período do descobrimento, com a indústria do açúcar. Desde então, o setor vem crescendo expressivamente e hoje é referência mundial.

Durante a Primeira Guerra Mundial, houve um expressivo desenvolvimento da produção em escala, utilizavam o álcool como combustível líquido em motores à explosão.

Em 1929, a grande crise internacional afetou a economia de todos os países, a indústria alcoolquímica não ficou a salvo, o açúcar e o combustível sobravam.

Já na Segunda Guerra Mundial, a elevada demanda por combustíveis fez a produção de etanol se elevar expressivamente, pois a gasolina estava sendo insuficiente. O Brasil passou a usar o etanol puro como carburante. Assim que a Guerra acabou, o etanol combustível perdeu a importância.

No início da década de 70, o petróleo representava 54% da economia mundial. Os estoques do petróleo estavam terminando e os países começaram o racionamento de petróleo. A crise chegou ao auge em 1974. Motivo pelo qual surgiu uma corrida em busca de novas fontes de combustíveis, e o Brasil, vendo a oportunidade de crescer a indústria alcoolquímica, criou um programa de incentivo à produção de álcool, chamado Proálcool.

O Proálcool teve por objetivo criar uma fonte alternativa de combustível para veículos providos de motor a explosão com ciclo Otto, e fomentar a criação de emprego no Brasil. Este programa, apesar de suas falhas, injetou considerável soma de capital no setor, auxiliando o início do desenvolvimento tecnológico em todos os segmentos econômicos relacionados com a produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, principalmente (SOARES; ROSELL, 2007).

Em 2002, os consumidores já mostram interesse pelo carro à álcool e o álcool hidratado voltou a ser um grande negócio.

Após um período de estagnação de cerca de 15 anos –motivada, essencialmente, pela queda dos preços do petróleo –, a produção mundial de etanol voltou a crescer acentuadamente. Um dos fatores que explicam esse crescimento foi, a partir de 2003, a introdução dos veículos com motor flexível no Brasil (ROSA; GARCIA, 2009).

Em apenas dez anos o álcool já superava a gasolina como combustível automotivo, e reduzia o impacto na balança comercial de dezenas de bilhões de dólares. Isto exigiu transformações radicais do mercado consumidor, do setor produtivo e de logística para introduzir em todo o território um novo combustível líquido. Investimentos em desenvolvimento tecnológico aumentaram a produtividade agrícola e industrial. Melhorou,

também, a eficiência de conversão do caldo da cana em álcool, que se aproxima dos limites teoricamente possíveis (HOLLANDA; ERBER, 2007).

Atualmente, a indústria alcoolquímica está sofrendo uma “puxada de freio”, devido a diminuição da produção, por causa dos canaviais envelhecidos, que perdem a produtividade. Fenômenos climáticos, como geadas e escassez de chuvas ano passado também afetaram a produção de cana.

## 1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.2.1 Histórico do processo

Cultivada no Brasil, desde 1530, a cana-de-açúcar, quando foi introduzida na Capitania de São Vicente em São Paulo, por Martin Afonso de Souza, porém foi principalmente na região nordeste que a cultura teve maior expressão neste período, sendo exportada para a Europa nos quatro séculos seguintes (BRANDÃO, 1984). Do século XVI ao século XVIII, a atividade era preponderante sobre todas as atividades econômicas desenvolvidas no país. Com o passar dos anos os processos de industrialização modernizaram-se, no século XIX, houve aumento dos fornecedores, e das unidades de produção (EINSENBERG, 1997).

As primeiras experiências com álcool combustível ocorreram no início da década de 1920. O Brasil é pioneiro em utilização do etanol obtido a partir da cana-de-açúcar como combustível, destaca-se na produção e possui as tecnologias mais avançadas do mundo.

A obtenção ocorre através via fermentativas de vegetais ricos em açúcar. No Brasil a principal matéria prima para a extração do álcool é a cana-de-açúcar, nos estados unidos utiliza-se o milho para obtenção do etanol, porém outros vegetais podem ser utilizados, por exemplo a beterraba, mandioca, arroz, frutas e celulose extraída da madeira principalmente dos eucaliptos (ARIAS et al.1999).

Atualmente, a conversão de material lignocelulósico ou biomassa em açucares fermentados para a produção de etanol, vem sendo discutida como fonte alternativa promissora para aumentar a produção necessária para atender a demanda mundial. O etanol da cana, óbito através da fermentação alcoólica da sacarose, assim como o obtido a partir do amido de milho é denominado de etanol de primeira geração. A obtenção de etanol celulósico a partir dos polissacarídeos da parede celular vegetal é denominada de etanol de segunda geração. Já tem se falado em etanol de terceira geração quarta geração, em que a planta utilizada seria geneticamente modificada (BUCKERIDGE et al., 2010).

### 1.2.2 Hipótese do mercado

O mundo pede cada vez mais por fontes limpas e renováveis, por esse motivo, os olhares para o biocombustível etanol cresce a cada dia. Atualmente, o etanol corresponde a dois terços do crescimento previsto para a produção de biocombustíveis entre 2018 e 2023. O Brasil é um dos seus principais produtores e o segundo maior consumidor, perdendo apenas para os Estados Unidos. A extensa frota de veículos flex no país permite uma competição direta do etanol com a gasolina e, além disso, a mistura obrigatória de biodiesel fez com que o Brasil atingisse, em 2017, uma matriz energética de transportes com 20% de participação de energia renovável, a mais alta do mundo (NOVA CANA, 2019).

O Brasil e EUA correspondem juntos a 70% da oferta global (figura xx) da produção de etanol, em seguida encontram-se os países: China, Índia, França, Rússia e África do Sul. Brasil e Estados Unidos respondem por mais da metade da cana produzida no mundo.

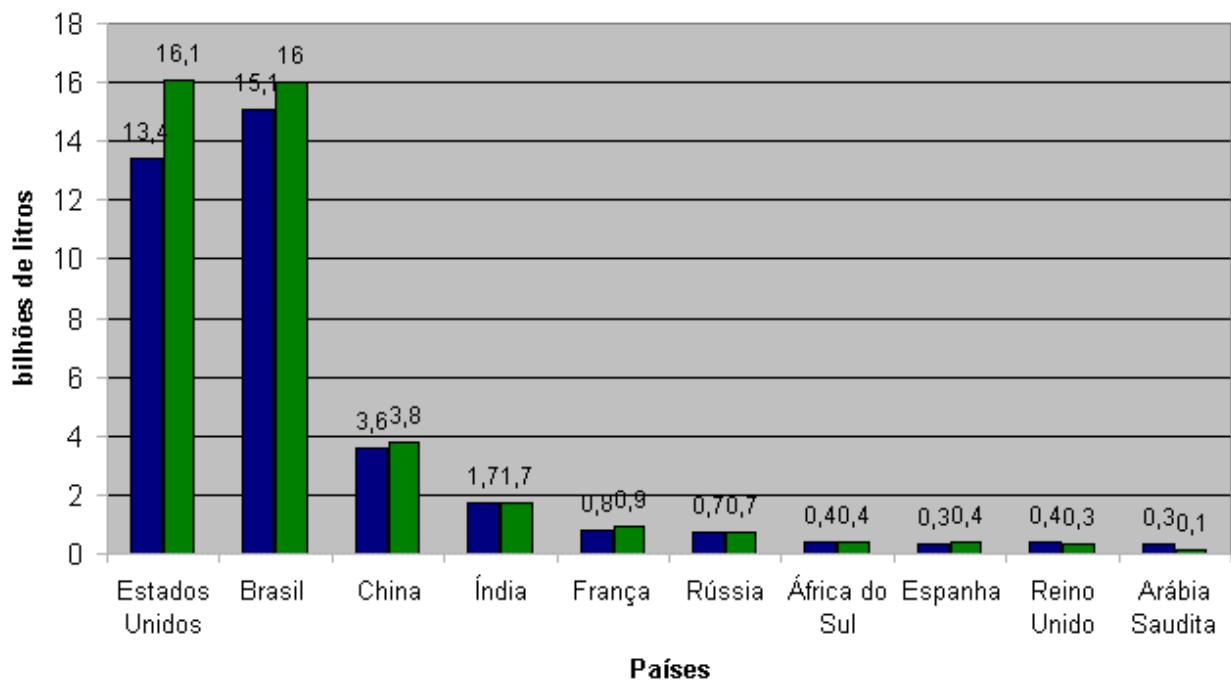


Figura 1: Produção mundial do etanol.  
Fonte: Embrapa, 2018.

A produção mundial de etanol é de aproximadamente 40 bilhões de litros, sendo que 70% dessa produção correspondem ao Brasil e EUA. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, por isso ocupa uma posição de destaque na produção mundial de etanol (média de 400 mil litros por dia) (EMBRAPA, 2018).

Na última safra, a produção brasileira foi de mais de 425 milhões de toneladas, em uma área plantada de 5,2 milhões de hectares, que representa menos de 1% das áreas cultiváveis.

A figura abaixo representa o crescimento do suco alcooleiro previsto para 2023/2024 em relação a 2013/2014. De acordo com os dados obtidos, a área plantada de cana de açúcar terá um aumento de 19,6%, a produção um crescimento de 32,5% e a produtividade crescerá 11%.



Figura 2: Crescimento do Sucro alcooleiro.

Fonte: Nova Cana, 2019.

Já na figura abaixo, a pesquisa realizada pela Nova Cana aponta um elevado crescimento na produção do etanol (67%), em relação as exportações (20,7%) e na demanda doméstica (74,6%).



Figura 3: Crescimento do etanol.

Fonte: Nova Cana, 2019.

A maior participação da produção prevista para 2023/2024 está concentrada região Sudeste, seguida da região Centro-Oeste, porém observamos um crescimento de 71,2% da produção de etanol na região do Norte:

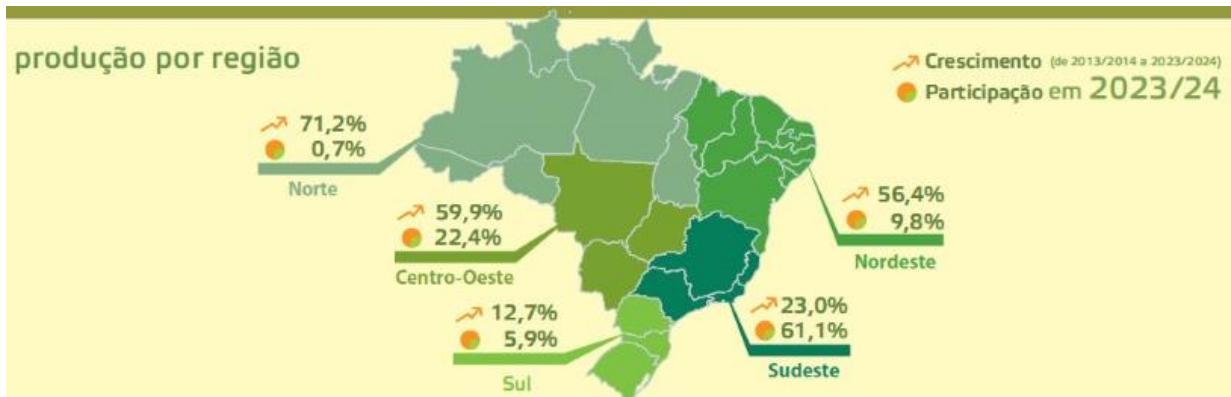


Figura 4: Produção do etanol por região.

Fonte: Nova Cana, 2019.

### 1.2.3 Produtos

O termo álcool refere-se ao álcool etílico de fórmula C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, conhecido também por etanol, metilcarbinol ou álcool de cana ou grãos. É um líquido incolor, transparente, volátil, de cheiro etéreo, sabor picante e miscível na água e em diferentes líquidos orgânicos. É comercializado em duas formas, hidratada (95 a 96%) e anidra (> 99% de volume). (ARIAS et al. 1999)

O etanol é muito conhecido por fazer parte do dia-a-dia das pessoas, e pode ser utilizado de diversas maneiras. Em sua forma pura (álcool anidro) é utilizado como matéria prima de tintas, solventes, aerossóis, perfumes e antissépticos. Ele também é utilizado como combustível para meios de transporte, misturado na gasolina (pois no Brasil é obrigatório a proporção de 20% de mistura de etanol na gasolina) e também no diesel (opcional a mistura de até 8%). Já o etanol hidratado (etanol com 5% de água), utiliza-se na produção de bebidas, alimentos, cosméticos, produtos de limpeza, área farmacêutica, além do combustível de veículos.

A figura abaixo resume os principais produtos da aplicação industrial do etanol gerado pela usina de açúcar:

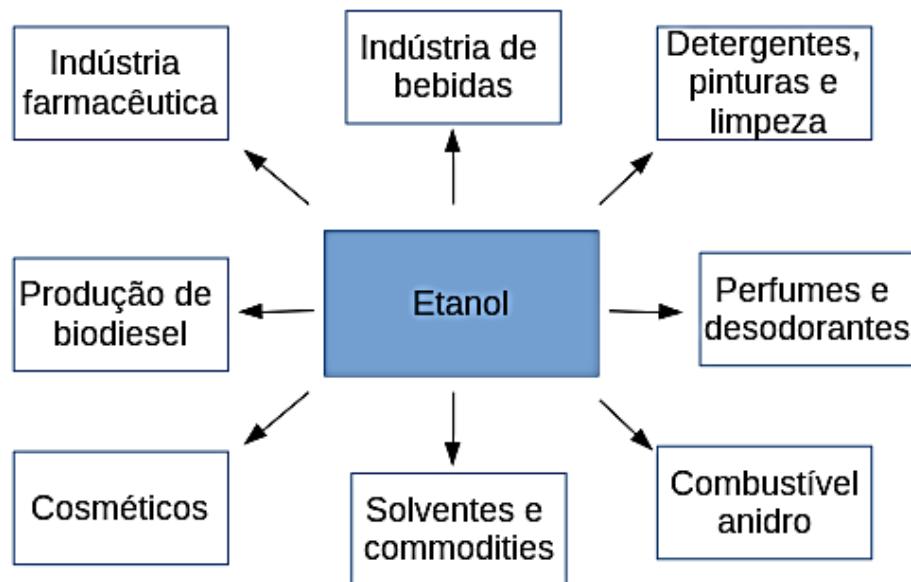


Figura 5: Aplicação industrial do etanol.  
Fonte: Do autor.

De acordo com Bonassa, os principais subprodutos gerados na indústria alcooleira são:

- **Palhagem/Palhiça:** Proveniente da matéria-prima;
- **Água de lavagem:** Usada excessivamente para o processamento industrial da cana-de-açúcar, a fim de retirar excessos de terra e infecções da cultura;
- **Bagaço:** Resíduo gerado na etapa de extração do caldo de cana;
- **Vinhaça e torta de filtro:** Resíduos de alto potencial poluidor, provenientes da destilação (para recuperação do álcool) e clarificação do mosto (para fermentação).

Os subprodutos gerados no processo de produção do etanol são apresentados no fluxograma da Figura 6:

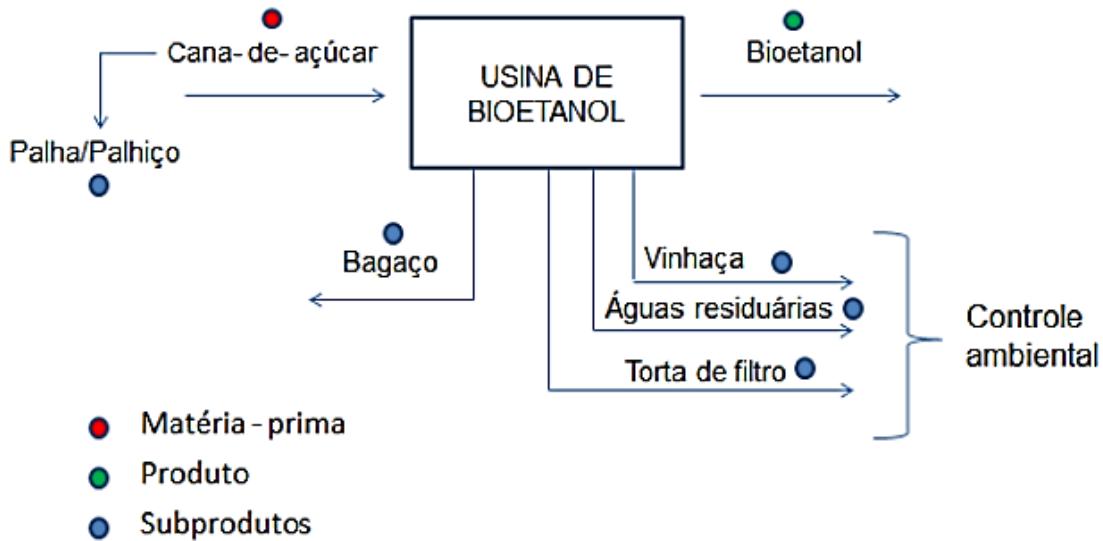


Figura 6: Subprodutos gerados na indústria alcooleira.

Fonte: Bonassa, 2015.

#### 1.2.4 Meio ambiente

Quando o governo Brasileiro criou o Programa Nacional de Álcool (Pró-Alcool) em 1975, o objetivo principal era reduzir a dependência do Brasil em relação ao petróleo, principalmente após a crise internacional deste combustível. Dessa maneira, o uso do álcool foi crescendo, e o que nasceu com um pretexto econômico, logo ganhou um apelo ambiental.

Produzido a partir de fonte limpa e renovável, a cana-de-açúcar, as vantagens ambientais do etanol sobre a gasolina com ganhos inclusive à saúde pública são amplamente reconhecidas como a melhora na qualidade do ar, particularmente em regiões metropolitanas. Diversos estudos comprovam que o etanol de cana reduz as emissões de gases causadores das mudanças climáticas em até 90% quando comparado com a gasolina (ÚNICA, 2014).

Graças a esse índice, o biocombustível brasileiro é o único etanol produzido em larga escala do mundo considerado ‘avançado’ pela Environmental Protection Agency (EPA), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (ÚNICA, 2014).

Segundo o consultor em Emissões e Tecnologia da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), Alfred Szwarc, de março de 2003, quando os veículos bicompostíveis foram introduzidos no Brasil, até hoje, o uso do etanol nos veículos flex da frota brasileira já evitou a emissão de aproximadamente 240 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, o que corresponde a três anos de emissão deste gás por um país do porte do Chile (ÚNICA, 2014).

Em controvérsia, muitos estudos também relatam que a queima da cana de açúcar libera gás carbônico, ozônio e gases de nitrogênio e enxofre, responsáveis pelas chuvas ácidas. E

também a queima da palha do canavial libera a indesejada fuligem, que contém substâncias cancerígenas e provocam perdas de nutrientes para as plantas e pode provocar a erosão.

Há problemas também nos efluentes do processo industrial da cana-de-açúcar, os quais devem ser tratados e se possível reaproveitados na forma de fertilizantes. Sem o devido tratamento os efluentes lançados nos rios comprometem a sobrevivência de diversos seres aquáticos e até mesmo os terrestres (através da mortandade de peixes, alimentação básica da classe mais baixa da população), quando usados como fertilizantes os efluentes não tratados contaminam os lençóis freáticos e afetam os seres terrestres (Ambiente Brasil, 2018).

Para esses desafios que a cana de açúcar trouxe consigo, foi definido alguns protocolos ambientais para o setor:

**Protocolo Etanol Mais Verde:** Assinado em junho de 2017 entre o Governo do Estado de São Paulo, representado pela Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento e pela Companhia Ambiental Paulista – CETESB, e pelo Setor Sucroenergético, representado pela União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo – UNICA e pela Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil – ORPLANA (Ambiente de SP, 2018). Com o objetivo de desenvolver ações para melhores práticas de sustentabilidade, foram definidas 10 Diretivas técnicas que devem ser utilizadas pelas usinas e fornecedores de cana:

- Eliminação da queima;
- Adequação à Lei Federal nº 12.651/2012;
- Proteção e restauração das áreas ciliares;
- Conservação do solo;
- Conservação e reuso da água;
- Aproveitamento dos subprodutos da cana de açúcar;
- Responsabilidade socioambiental e certificações;
- Boas práticas no uso de agrotóxicos;
- Medidas de proteção à fauna;
- Prevenção e combate aos incêndios florestais.

Outra legislação ambiental, é a obrigatoriedade do uso de biocombustíveis em meio de transporte (cumprimento às exigências do Protocolo de Kyoto) e à mistura de biocombustíveis na gasolina.

Por meio desses protocolos, vemos que o Brasil está desenvolvendo ações para uma produção sustentável e que não prejudique o meio ambiente, apesar de que esse protocolo abrange somente o Estado de São Paulo.

### **1.2.5 Processos químicos**

O etanol pode ser produzido a partir de diversas plantas cultivadas, como milho, mandioca, trigo e beterraba. Porém a cana de açúcar mostra-se como a matéria-prima de melhor aproveitamento, uma vez que adquire uma maior quantidade de álcool no fim do processo, seja ele o álcool etílico, álcool hidratado ou álcool anidro.

O ciclo produtivo do etanol de primeira geração (E1G) tem início na Fase Agrícola e engloba o plantio, o cultivo e a colheita da cana-de-açúcar que será usada como insumo para os próximos estágios de produção. Existem atualmente duas formas de colheita da cana-de-açúcar, mecânica ou manual, e com a presença ou não da prática de queimada da cana no campo. Dessa forma, a cana-de-açúcar pode ser classificada por sua chegada à usina conforme a porcentagem de impurezas presentes no material vegetal, sendo a “Cana limpa” (concentração de impurezas < 0.6%) considerada a mais adequada para a produção de etanol por conta da baixa presença de impurezas. A cana colhida durante a Fase Agrícola pode ser encaminhada para três principais tipos de plantas produtoras: as usinas produtoras de açúcar; destilarias autônomas com produção exclusiva de etanol e usinas integradas para produção conjunta de açúcar e etanol (ALBARELLI, 2013).

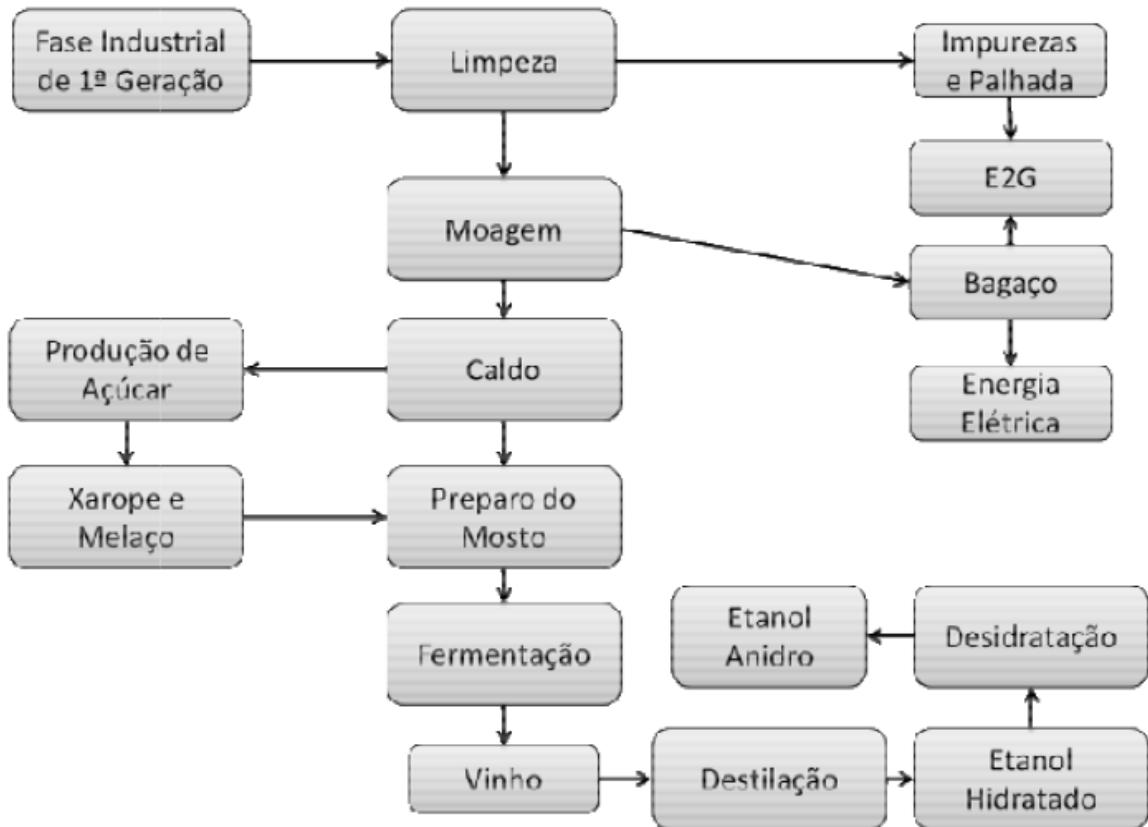


Figura 7: Fase Industrial do E1G

Fonte: Albarelli, 2017.

Conforme mostra a figura acima, após a limpeza, a cana de açúcar é encaminhada para a fase de moagem, na qual é extraído o caldo que será utilizado na produção de açúcar (produção de açúcar, xarope e melaço) e etanol. Parte deste xarope é misturada ao caldo clarificado e ao melaço, (mosto), que pode passar novamente por um processo de concentração por evaporação, para atingir o nível desejado para a fermentação. O vinho proveniente da fermentação é então encaminhado para a etapa final de destilação, na qual se obtém etanol hidratado. Para a produção de etanol anidro, basta que o etanol hidratado passe por um processo de desidratação (HAMERSKI, 2009; USINA ESTER, 2016).

Já o ciclo produtivo do etanol de primeira geração, é produzido a partir do material lignocelulósico, um resíduo do ciclo produtivo da primeira geração do etanol, proveniente da biomassa (bagaço e palhada). Desse modo, o ciclo produtivo do E2G se inicia na fase de resíduos do ciclo-produtivo do E1G. Após chegada da biomassa à usina começa a fase de pré-tratamento, que pode ser por ácido diluído, explosão a vapor e hidrogênio alcalino. O produto sólido da fase de pré-tratamento (bagaço pré-tratado) passa pela hidrólise enzimática ou acídica,

depois pela fermentação e destilação, gerando o etanol líquido (COSTA, 2014; STUCCHI, 2016).

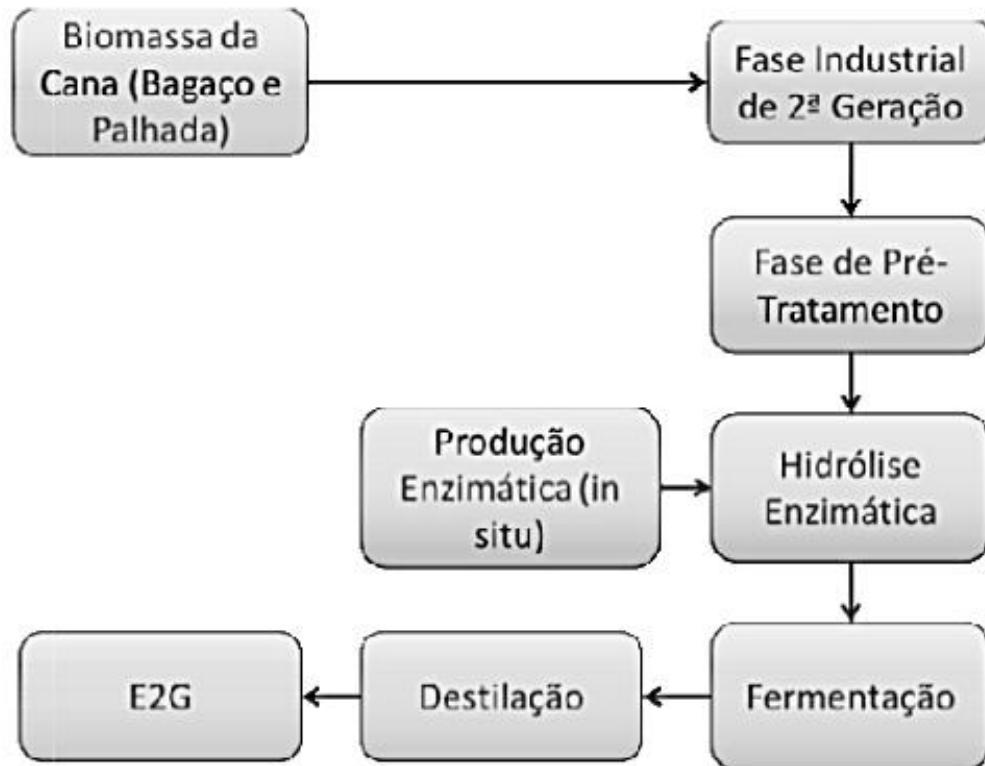


Figura 8: Fase Industrial do E2G

Fonte: COSTA, 2014.

A introdução do paradigma tecnológico do E2G ao E1G, conforme representado pela figura abaixo, traria maiores vantagens econômicas, ambientais e sociais do que a produção exclusiva do E1G ou do E2G. A produtividade poderia aumentar de 31% a 75% com relação ao nível atual, bem como diminuir 50% dos custos referentes ao processo do E2G e 90% dos custos totais. Poderiam ser reduzidos os custos de transporte de material celulósico, permitindo o uso de equipamentos comuns de forma simultânea (ALBARELLI, 2013; DIAS, 2011).

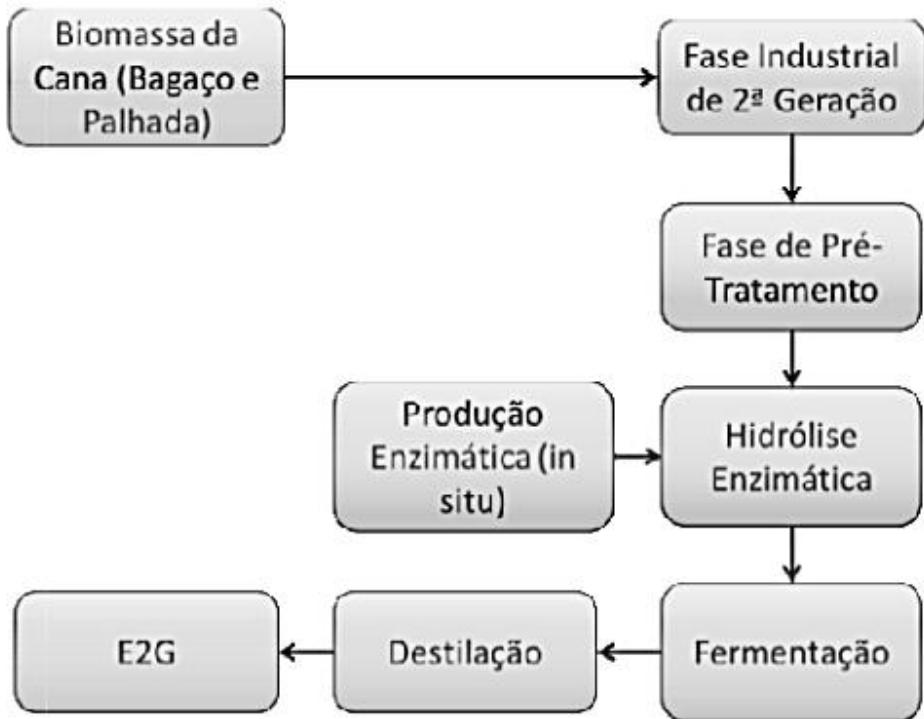


Figura 9: Fase Industrial do E2G

Fonte: COSTA, 2014.

### 1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste cenário, a perspectiva para investimento na Indústria Alcoolquímica é uma grande oportunidade. Segundo as estimativas de Pedro Wongtschowski, diretor-superintendente da Oxiteno, o potencial da alcoolquímica no mercado brasileiro é enorme. Em tese, a alcoolquímica pode demandar, só para o mercado interno, cerca de 7 bilhões de litros de álcool por ano. Trata-se de um número nada desprezível, considerando que o atual mercado doméstico movimenta anualmente 13 bilhões de litros - a absoluta maioria destinada ao setor de combustível (álcool anidro e hidratado). Uma pequena parte da produção brasileira de álcool - em torno de 2 bilhões - é exportada para o mercado externo. Depois de se consolidar no mercado brasileiro de combustíveis - motivado pelo lançamento dos carros flex-fuel -, estudos estão sendo feitos para tornar o álcool a matéria-prima principal na indústria química, pois as empresas do setor iniciaram buscar de alternativas para substituição dos insumos derivados do petróleo, cujos preços do barril voltaram a alcançar patamares elevados no mercado internacional, próximos de US\$ 70. É importante ressaltar que os carros flex chegaram ao mercado em 2003 tiveram índices de consumo de etanol hidratado baixos após 2015, ocasionado principalmente pelo período de recessão econômica que o país está passando, em

que houve queda nas vendas de veículos e principalmente pelo aumento no desemprego em geral. Mas, este cenário está sendo modificado pelo governo brasileiro após a redução da inflação. Atualmente a frota circulante de veículos equipados com motores flex corresponde a 60% da frota total, mas tem expectativa de atingir 80% até 2018. Contudo, o maior benefício que ele já promoveu é que o seu uso em carros flex já evitou a emissão de 122.359.005 toneladas de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

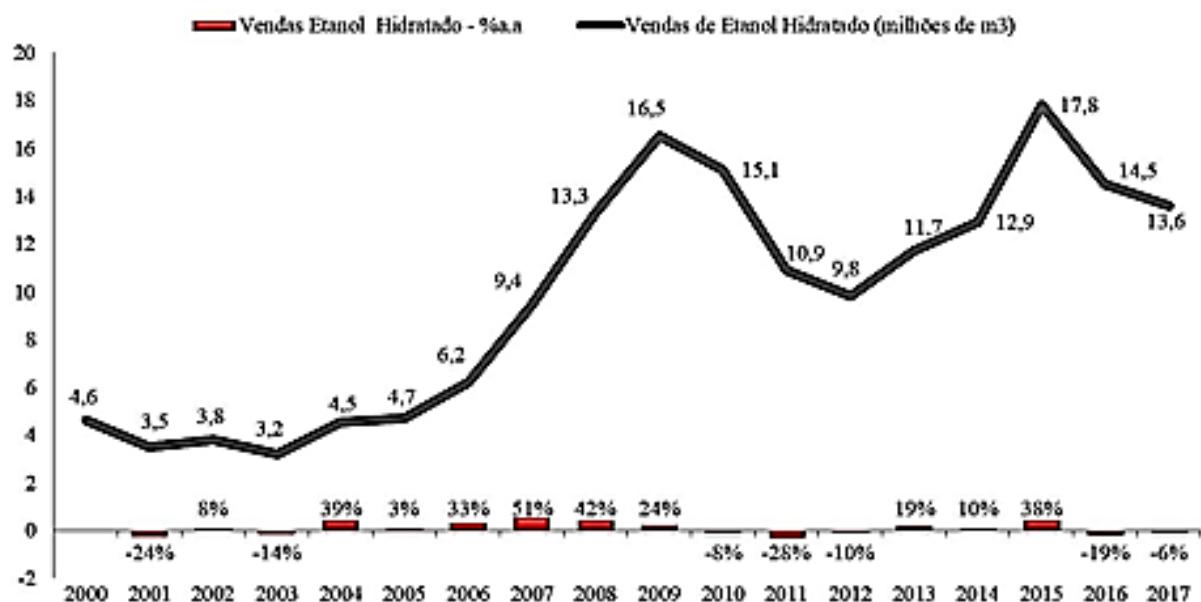


Figura 10: Venda de etanol hidratado no período (2000-2017).  
Fonte: Agrolink, 2018.

Sendo assim, o bom momento do etanol e o presente cenário do petróleo sinalizam boas expectativas para que, em um futuro próximo, a indústria petroquímica seja substituída pela alcoolquímica, o que consequentemente a torna uma ótima oportunidade de investimentos tendo e vista que este setor de aplicação é bastante amplo.

#### 1.4 REFERÊNCIAS

ALBARELLI, J. Q. **Produção de Açúcar e Etanol de Primeira e Segunda Geração: Simulação, Integração Energética e Análise Econômica**. 2013. F. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.

ARIAS, M. S.; REVILLA, J. L. G.; CARRECEDO, G. B.; GARLOBO, C. M. S. Álcool. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLOGICA-ABIPTI. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melão, outros derivados, resíduos, energia**. Brasília-DF Cap. 4.1 p 229-243. 1999

BASTOS, V.G. Etanol, Alcoolquímica e biorrefinarias. P 10. 2006.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D.; SOUZA, A. P. **As rotas para o etanol celulósico no Brasil.** In: CORTEZ, L. A. B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P & D

COSTA, AC, **Caso de Sucesso: Produção de Etanol (2a Geração).** Laboratório de Engenharia de Processos Fermentativos e Enzimáticos (LEPFE) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

EINSENBERG, P. L. **Modernização sem mudança: a indústria açucareira em pernambucana 1940-1910.** (coleção de estudos brasileiros, 15) RJ: Paz e terra, 1997

EMBRAPA. **Álcool.** Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000f837cz5r0z8kfx007poik77p5zs9.html>>. Acesso em 30 mai. 2019.

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2013 541 para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010.

FRANCO, FREDERICO V. **Evolução da produção e venda de Etanol no Brasil.** Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/2000-2018---evolucao-da-producao-e-venda-de-etanol-no-brasil\\_412862.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/2000-2018---evolucao-da-producao-e-venda-de-etanol-no-brasil_412862.html)>. Acesso em 30 mai. 2019.

HOLLANDA, J. B.; ERBER, P. **Cana de açúcar: Usando todo seu potencial energético.** São Paulo: NAIPPE/USP, v. 5, p.20, 2007

ROSA, S. E. S.; GARCIA, J. L. F. **O etanol de segunda geração: limites e oportunidades.** Revista do BNDES, v. 32, p. 117-156, 2009.

SOARES, P. A.; ROSSELL, C. E. V. **O setor sucroalcooleiro e o domínio tecnológico.** São Paulo: NAIPPE USP; 2007. Disponível em: <[http://www.novacana.com/pdf/estudos/Livro\\_Naippe\\_Vol2.pdf](http://www.novacana.com/pdf/estudos/Livro_Naippe_Vol2.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ÚNICA. **A melhor opção para motorista que se preocupa com o meio ambiente.** 2014. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/31901815920344564516/etanol-e-a-melhor-opcao-para-motorista-que-se-preocupa-com-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 30 mai. 2019.