

CANA-DE-AÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE ETANOL

SILVA, Gilson Ribeiro¹
RU 2783789
STIER, Paulo Henrique²

RESUMO

O presente trabalho apresenta a produção do etanol, a partir da cana-de-açúcar, sua história, preservação do meio ambiente, sustentabilidade, vantagens, processo de produção do etanol. O Brasil apresenta como segunda maior fonte de energia renovável o etanol, o Brasil também possui algumas vantagens na sua produção de etanol, em relação a outros países, exemplo, dominar todo o processo de produção de álcool, possuir abundância de terra e mão de obra qualificada e segurança para trabalhadores. O etanol de primeira geração é o sistema tradicional, em que o etanol é produzido através do caldo da cana, ainda liderando o setor sucroalcooleiro tendo os subprodutos gerados da sua produção como vinhaça, bagaço e filtro de torta com baixo custo para o setor. O etanol vem sendo uma perspectiva positiva nos dias atuais e com perspectiva para os anos futuros, como crescimento no consumo e exportação do etanol e expansão na produção.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Etanol. Meio ambiente.

1 . INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem sua origem, pela teoria mais aceita, na Polinésia com sua propagação feita pelos Árabes. A cultura é perene, podendo produzir por um período médio de quatro a seis anos e sua implantação e manejo é relativamente fácil (TOWSEND, 2000).

As indústrias de cana-de-açúcar visam o lucro, tentando minimizar as perdas no processo e aumentar a quantidade de cana produzida por área, isto é, aumentar sua produtividade (SILVA e SILVA, 2012, p.20).

O Brasil hoje é o maior produtor de cana-de-açúcar, desde o plantio até a produção de açúcar, etanol e bioeletricidade, esse aumento tem colaborado para novas tecnologias e aumento de usinas em todo o país.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

O etanol tem uma importância ambiental muito relevante, pois além de ser produzido a partir de uma matéria-prima renovável, gerar empregos na cadeia sucroalcooleira e novas oportunidades de negócios, esse biocombustível também reduz a emissão de gases para a atmosfera, o que é uma preocupação mundial atualmente (SEBRAE, 2016).

O presente trabalho que tem como tema “ CANA-DE-ÁÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE ETANOL”, tem como objetivo geral investigar os benefícios da cana-de-açúcar para a produção de etanol, seguido dos objetivos específicos, apresentar perspectivas para o futuro em relação ao etanol; descrever os subprodutos e suas vantagens e; caracterizar as vantagens da produção de etanol. Tem como intuito resolver a seguinte problemática “Qual a expectativa da produção de etanol no Brasil a partir da cana-de-açúcar?”. Justificando, a escolha do trabalho se deu a partir de fatores relacionados com os processos da produção de etanol, onde a matéria-prima mais utilizada é a cana-de-açúcar e para a fabricação do mesmo na obtenção de biocombustíveis e que vem contribuindo para a melhoria do cenário industrial e social. Tendo em vista que o etanol vem tendo uma perspectiva positiva nos dias atuais, e também para os anos futuros, com grande crescimento no consumo e nas exportações. A metodologia usada para a elaboração do presente trabalho foram por meio de pesquisas bibliográficas. Para entender como surgiu o etanol e porque a cana-de-açúcar é tão importante para o Brasil, este trabalho demonstra a história da cana no país, do início do etanol. É demonstrado o processo de obtenção do etanol de cana-de-açúcar, começando pela primeira geração, que utiliza a sacarose, e a promissora segunda geração, por meio do bagaço da cana. O trabalho visa, além de apresentar as possibilidades de produção do etanol de cana-de-açúcar, quais seriam os próximos passos para tornar o etanol a um preço competitivo. É apresentado o mercado atual de biocombustíveis do Brasil e no mundo e suas perspectivas para um futuro próximo, buscando entender a atual situação da demanda para o etanol e como ela poderá ser suprida.

2 . FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRIA DA CANA-DE-ÁÇÚCAR NO BRASIL

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

A conexão entre o Brasil e a cana-de-álcool vem desde o início da chegada dos portugueses. Martin Afonso, inseriu a cana-de-álcool no país em 1525. A cana era utilizada como ração para animais, logo depois passou a ser usada na produção de alimentos como o açúcar. Sete anos depois foi criado o primeiro engenho em São Vicente, no estado de São Paulo, e o primeiro engenho nordestino no estado de Pernambuco, na cidade de Olinda em 1535 (TÁVORA,2011).

A cana-de-álcool se expandiu no século XVII, nas regiões com solos propícios, principalmente massapêe constitui-se em grande atividade econômica do país. Com isso, o produto se firmou como grande produto de exportação, sem concorrente à altura. Ainda assim, o açúcar de cana se manteve com posição de destaque internacional, com uma participação superior a 90% da produção mundial (TÁVORA,2011).

A quebra da bolsa de Nova York de 1929, causou grandes impactos em toda a economia e agricultura brasileira, afetando a produção de açúcar no país. Com a crise internacional, novas aplicações para a cana-de-álcool deveriam ser encontradas. A partir deste acontecimento, o desenvolvimento de combustível a partir da cana-de-álcool começou a ser incentivado (TÁVORA, 2011).

2.2 . INICIO DO ETANOL NO BRASIL

A Petrobrás foi criada em 1953, reservando para o Governo Federal o privilégio da perfuração e refino de petróleo e mantendo a distribuição na esfera privada. O governo estimulou a produção de açúcar ao mesmo tempo. Nos anos entre 1956 até 1975, a adição de álcool à gasolina era feita de forma desordenada, dependendo do que a indústria agro-açucareira desejava. Como consequência dessa variação desordenada no teor do álcool nos combustíveis, os motores apresentavam problemas de rendimento e geravam insatisfação na indústria automobilística (CORREIA, 2007).

2.3 . PLANTAÇÃO

Existem no Brasil mais de 500 variedades comerciais de cana-de-álcool. Ela é uma cultura semiperene, pois após seu plantio é cortada várias vezes antes de ser

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

replantada. Seu ciclo produtivo é, em média de cinco cortes, em seis anos (LEITE, 2009).

Em termos regionais, o Brasil apresenta dois períodos distintos de safra: de setembro a março no Norte-Nordeste, e de abril a novembro no Centro-Sul. Assim, o país produz etanol durante praticamente o ano todo.

A fase do plantio é constituída das seguintes operações: eliminação da soqueira (ou limpeza do terreno, se for o caso de uma área nova), sub solagem, calagem, gradagem ou aração, terraceamento, sulcação, distribuição de torta de filtro e adubo, distribuição de mudas, cobertura de mudas, pulverização de herbicida e quebra de sulco (LEITE, 2009).

2.4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DA CANA-DE-ÁÇÚCAR

O processo industrial para a produção do etanol de cana-de-áçúcar contempla as seguintes etapas (NOVA CANA, 2017).

•**Lavagem:** A cana de açúcar, chegando às usinas em sua forma pura, é colocada em uma esteira rolante. Lá, ela é submetida a uma lavagem que retira sua poeira, areia, terra e outros tipos de impurezas. Na sequência, a cana é picada e passa por um eletroímã, que retira materiais metálicos do produto.

•**Moagem:** Nesse processo, a cana é moída por rolos trituradores, produzindo um líquido chamado melado. Cerca de 70% do produto original viram esse caldo, enquanto os 30% da parte sólida se transforma em bagaço. Do melado, continua-se o processo de fabricação do etanol, enquanto o bagaço pode ser utilizado a geração de energia na usina.

•**Eliminação de impurezas:** Para eliminar os resíduos presentes no melado (restos de bagaço, areia, etc.), o líquido passa por uma peneira. Em seguida, ele segue a um tanque para repousar, fazendo com que as impurezas se depositem ao fundo, processo chamado decantação. Depois de decantar, o melado puro é extraído e

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

recebe o nome de caldo clarificado. O último processo de extração de impurezas é a esterilização, em que o caldo é aquecido para eliminar os micro-organismos presentes.

•**Fermentação:** Após estar completamente puro, o caldo é levado a dornas (tanques) no qual é misturado formando um fermento com leveduras. Esses microrganismos se alimentam do açúcar presente no caldo. Nesse processo, as leveduras quebram as moléculas de glicose, produzindo etanol e gás carbônico. O processo de fermentação dura diversas horas, e como resultado produz o vinho, chamado também de vinho fermentado, que possui leveduras, açúcar não fermentado e cerca de 10% de etanol.

•**Destilação:** Estando o etanol misturado ao vinho fermentado, o próximo passo é separá-lo da mistura. Nesse processo, o líquido é colocado em colunas de destilação, nas quais ele é aquecido até se evaporar. Na evaporação, seguida da condensação (transformação em líquido), é separado o vinho do etanol. Com isso, fica pronto o álcool hidratado, usado como etanol combustível, com grau alcoólico em cerca de 96%.

•**Desidratação:** Com o álcool hidratado preparado, basta retirar o restante de água contido nele para se fazer o álcool anidro. Essa é a etapa da desidratação, no qual podem ser utilizadas diversas técnicas. Uma delas é a desidratação, em que um solvente colocado ao álcool hidratado mistura-se apenas com a água, com os dois sendo evaporados juntos. Outros sistemas, chamados peneiração molecular e pé vaporização, utilizam tipos especiais de peneiras que retêm apenas as moléculas da água. Após ser desidratado, surge o álcool anidro, com graduação alcoólica em cerca de 99,5%, utilizado misturado a gasolina como combustível.

•**Armazenamento:** Nesta etapa, o etanol anidro e hidratado é armazenado em enormes tanques, até serem levados por caminhões que transportam até as distribuidoras.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

2.5 PRODUÇÃO DO ETANOL DE 2º GERAÇÃO

Para aumentar as possibilidades de obtenção do etanol, começou-se a explorar novas alternativas. A solução encontrada foi a produção de etanol pela hidrólise e fermentação de materiais lignocelulósicos, a qual utiliza-se resíduos de biomassa de atividades agrícolas e industriais para a produção de biocombustível, sendo conhecido como etanol de segunda geração. Segundo Nogueira et al. (2008), o etanol vem sendo produzido pela hidrólise e fermentação de materiais lignocelulósicos desde o fim do século XIX, mas somente nos últimos 20 anos essa tecnologia tem sido proposta para atender o mercado de combustíveis. As tecnologias para a obtenção de etanol com base em materiais lignocelulósicos envolvem a hidrólise dos polissacarídeos da biomassa em açúcares fermentescíveis e sua posterior fermentação para a produção do etanol métodos eficientes de conversão de materiais lignocelulósicos em etanol, esse combustível têm se tornado uma prioridade mundial na busca de uma produção de energia renovável e menos poluente, com um custo acessível ao setor de transportes (GÍRIO, 2010). No Brasil, a principal fonte dessa geração de produção de etanol é o bagaço de cana-de-açúcar. Resíduo da produção de açúcar e etanol de primeira geração, o bagaço, que é queimado nas usinas sucroalcooleiras para geração de energia elétrica, agora pode ser utilizado para fazer mais etanol sem gasto com matéria prima.

2.6 SUBPRODUTOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE ETANOL

O setor sucroalcooleiro tem vantagens que outros setores não têm, pois, os subprodutos, bagaço, torta de filtro, levedura seca e vinhaça são ricos em micronutrientes que agregam um valor significativo na cultura da cana.

[...] a produção de cana-de-açúcar no Brasil é objetivada para atender as necessidades e metas ligadas à produção de etanol do mercado interno e externo. Entretanto, o aumento da produção e a busca pela melhoria da qualidade do produto final, agregados a tecnologia e o crescimento das plantações de cana-de-açúcar, causam uma enorme geração de resíduos, sendo os principais o bagaço e o vinhoto. Estes resíduos podem ser denominados como subprodutos, desde que sejam aproveitados de maneira

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

eficiente. (EIT, 2006 apud BONASSA, 2015).

2.6.1 VINHAÇA

Dentro do processo de produção do etanol a vinhaça é considerada um dos principais resíduos, por conter um valor significativo de micronutrientes, devido o grande volume de líquido gerado na destilação. A Usina tem esse privilégio em abundância usado na fertirrigação com baixo custo para o setor.

2.6.2 TORTA DE FILTRO

Esse subproduto é extraído no setor de tratamento de caldo onde retiram suas impurezas, após, esse caldo que sai do filtro rotativo é raspado e encaminhado para um pátio de torta que em seguida é conduzido ao cultivo da cana. A torta de filtro é um subproduto do processamento industrial da cana-de-áçúcar, proveniente da filtração do caldo extraído no filtro rotativo (através de moenda). Sua composição varia, conforme a variedade da cana, tipo de solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo e outros (ALMEIDA, 1944).

2.6.3 BAGAÇO

O bagaço é um tipo de matéria fibrosa sólida, gerada na saída da moenda, na etapa de extração do caldo da cana-de-áçúcar, para produção de etanol, sendo a parte fibrosa da cana-de-áçúcar que corresponde a 25% de sua estrutura, o bagaço corresponde a vários segmentos dentro do processo de queima para fabricação do vapor.

O bagaço de cana, assim como outras fontes de biomassa, é constituído por celulose, hemicelulose e lignina, compondo em média, 28% do peso da cana de açúcar. Sua estrutura química é composta de 44,6% de carbono, 5,8% de hidrogênio, 44,5% de oxigênio, 0,6% de nitrogênio, 0,1% de enxofre e 4,4% de outros elementos (SIMÕES, 2005). A hemicelulose e a celulose apresentam-se como uma das principais frações estruturais do bagaço de cana, representando uma fonte potencial de

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

açúcares como a xilose (hemicelulose) e a glicose (celulose). Para a obtenção desses açúcares, é necessário a aplicação de técnicas que permitam a sua extração seletiva. No caso da extração de xilose, são utilizadas diferentes metodologias de solubilização e hidrólise, dentre as quais o pré-tratamento ácido é normalmente empregado (BETANCUR & PEREIRA JR, 2010; FUJITA et.al., 2004).

Celulose

A celulose, $(C_6H_{10O_5})_n$, é o principal componente da parede celular da fibra vegetal. Sua principal função é conferir rigidez para a parede celular. É classificada como homopolissacarídeo, um polímero de cadeia longa composto de um só monômero, a glicose. É a matéria orgânica mais abundante sobre a Terra, consistindo aproximadamente em 50% de toda a biomassa e uma produção anual de cerca de 100 bilhões de toneladas (YANG et al., 2007). O comprimento da sua cadeia polimérica pode variar de 1.000 a 15.000 unidades de glicose, dependendo da origem e do possível grau de degradação durante o processo de isolamento (FENGEL & WEGENER, 1991).

Hemicelulose

As hemiceluloses são polissacarídeos formados por diferentes unidades de açúcares pertencentes aos grupos das pentoses, hexoses, ácidos hexourônicos e desoxiexoses. Ela representa, em geral, cerca de 15% à 35% de biomassa vegetal (GÍRIO, 2010). Ela está intimamente ligada à celulose, definindo propriedades à parede celular e desempenhando funções de regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas (FENGEL & WEGENER, 1991; LIMA & RODRIGUES, 2007). A hemicelulose consiste em cadeias poliméricas ramificadas com grau de polimerização de 100 a 200 unidades de açúcares, mas diferentemente da celulose, as hemiceluloses são constituídas por vários tipos de unidades de açúcares.

Lignina

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

A lignina, assim como a celulose, é uma das substâncias orgânicas macromoleculares naturais mais abundantes da Terra, ocupando cerca de 30% dos carbonos da biosfera (FENGEL & WEGENER, 1991). Sua estrutura é bastante heterogênea e consiste em uma rede de anéis aromáticos unidos, formando um arranjo amorfo com grandes quantidades de ligações cruzadas entre os anéis aromáticos (ARGYROPOULOS & MENACHEM, 1997). Durante o desenvolvimento das células, a lignina é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e, assim conferindo rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos. Estas ligações são, em parte responsáveis pela forte e rígida natureza da molécula da celulose na estrutura da fibra vegetal (FENGEL & WEGENER, 1991; MESHITSUKA & LSOGAI, 1996). A lignina, por ser altamente energética, pode ser utilizada para produzir calor e eletricidade necessários ao processo de produção de etanol. Além disso, pode ser utilizada para formação de diversos produtos, incluindo compostos fenólicos, aromáticos, ácidos dibásicos e metil, formado pela reação da fração fenólica com álcoois (WYMAN, 1994).

2.7 PRODUÇÃO DO ETANOL A PARTIR DE BIOMASSA

De modo geral, as tecnologias para a obtenção de etanol a partir de matérias lignocelulósicas envolvem a hidrólise dos polissacarídeos da biomassa em açúcares fermentescíveis, com sua posterior fermentação para a produção do etanol. O processo é composto por etapas complexas, baseadas no uso de rotas ácidas e enzimáticas para a formação dos açúcares e remoção da lignina (SEABRA, 2008).

A primeira etapa do processo consiste no pré-tratamento mecânico da matéria-prima, seguida pela remoção da hemicelulose e/ou lignina, também conhecida por pré-tratamento. Uma vez exposta, a celulose é hidrolisada e os açúcares são fermentados. Em cada uma dessas etapas existem diferentes opções tecnológicas em diversos estágios de desenvolvimento.

2.7.1 PRÉ-TRATAMENTO

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

Para tornar os polissacarídeos mais acessíveis ao processo de hidrólise, é realizado um pré-tratamento para alterar a estrutura da biomassa celulósica. Seu objetivo é quebrar a proteção de lignina e romper a estrutura cristalina da celulose.

Inicialmente, a biomassa é lavada e submetida a um tratamento mecânico para adequar o tamanho das partículas aos processos bioquímicos posteriores. No caso do bagaço de cana-de-açúcar, esta etapa está associada à própria moagem da cana, não sendo necessário realizar este tipo de tratamento (WOOLEY et al., 1999).

Após a adequação do tamanho da partícula, a lignina e a hemicelulose são solubilizadas, adicionando-se água ou vapor para hidrolisar os polímeros livres da hemicelulose. Os principais açúcares produzidos são xilose, manose, arabinose e galactose, e uma pequena porção da celulose, que pode ser convertida em glicose.

Os pré-tratamentos têm efeitos diferentes sobre os componentes majoritários da biomassa; os tratamentos ácidos, por exemplo, hidrolisam a hemicelulose e deixam a celulose e a lignina intactas nos resíduos sólidos, enquanto os alcalinos tendem a ter mais efeito sobre a lignina. Os pré-tratamentos ácidos podem resultar em altas concentrações de furfural na fase líquida, ao passo que os alcalinos podem resultar em altas concentrações de ferulato e acetato no hidrolisado. Estes compostos estarão presentes no fluxo de açúcares e podem ter efeitos negativos sobre os microrganismos da fermentação (GRAY et al., 2006).

Um pré tratamento efetivo é caracterizado por diversos critérios, como evitar a necessidade de redução do tamanho das partículas da biomassa, preservar a fração das pentoses, limitar a formação de produtos de degradação que inibam o crescimento dos microrganismos da fermentação, minimizar a demanda de energia e limitar os custos. Estas propriedades, somadas ao baixo custo dos catalisadores (ou de seu reciclo) e a geração de co-produtos da lignina de alto valor, formam uma base de comparação para as várias opções de pré-tratamento (MOSIER et al., 2005).

2.7.2 EXPLOSÃO A VAPOR

Explosão a vapor é descrito como um processo termomecânico em que quebra

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

os componentes estruturais auxiliados por calor em forma de vapor. É o processo mais utilizado para o tratamento da biomassa lignocelulósica. (SUN e CHENG, 2002) Neste processo, a biomassa triturada é tratada com vapor (saturado, 160-260°C, 10-1 minutos) seguido de uma rápida descompressão. Os fatores que afetam o pré-tratamento são o tempo de residência, a temperatura, o tamanho da partícula e a umidade.

2.7.3 TERMO-HIDRÓLISE

Conhecido também com auto hidrólise, este processo utiliza água quente a alta pressão (pressão acima do ponto de saturação). A temperatura de operação varia entre 150°C e 230°C e o tempo de reação pode durar de alguns segundos a horas, dependendo da temperatura (GÍRIO, 2010). A recuperação de xilose é alta, variando entre 88-98% e gerando pouca quantidade de inibidores como subprodutos. Por não haver necessidade de adição de ácido ou catalisadores químicos, o processo é visto como economicamente interessante e ambientalmente atrativo (HAMELINCK et al., 2005).

2.7.4 HIDRÓLISE ÁCIDA

É realizada através do uso de ácidos sulfúrico, clorídrico, ou nítrico, concentrados ou diluídos. De todos os pré-tratamentos químicos, a hidrólise com ácido sulfúrico diluído (0,5 a 1,5%, temperatura acima de 160°C) tem sido historicamente o processo preferido para aplicações industriais, devido o alto rendimento de açúcares a partir da hemicelulose. Neste pré- tratamento, é necessário a correção do pH antes do processo de hidrólise e fermentação e o custo é maior que o sistema de explosão a vapor (HAMELINCK et al., 2005).

2.7.5 HIDRÓLISE ALCALINA

Através do uso de bases, como hidróxidos de sódio ou cálcio. Toda a lignina e

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

parte da hemicelulose são removidas, e a reatividade da celulose para a hidrólise posterior é aumentada. Os custos dos reatores são menores do que para as tecnologias baseadas em ácidos, mas o uso desses produtos em altas concentrações gera preocupações ambientais e pode ter custos proibitivos de reciclo, tratamento de efluentes e manejo de resíduos. Os métodos baseados em álcalis são geralmente mais eficazes na solubilização de uma maior fração da lignina, enquanto deixam para trás muito da hemicelulose na forma polimérica insolúvel (HAMELINCK et al., 2005).

2.7.6 ORGANOSOLV

Neste processo, uma mistura de um solvente orgânico (metanol, etanol, acetona, por exemplo) com um catalisador ácido é usada para quebrar as ligações internas da lignina e hemicelulose. A altas temperaturas acima de 185°C, a adição de catalisadores se mostrou desnecessária para uma delignificação satisfatória, mas um alto rendimento de xilose pode ser obtido com a adição de ácido. Os solventes devem ser retirados do sistema, para evitar o efeito inibitório sobre o crescimento de microrganismos. (SUN e CHENG, 2002).

2.7.7 PROCESSOS BIOLÓGICOS

Este processo utiliza enzimas que causam uma parcial deslignificação da biomassa, removendo uma quantidade considerável de lignina. Em meados dos anos 80 foram mencionados como uma possibilidade para o futuro, apesar de ser um processo caro aquela época, com baixos rendimentos após longos tempos de reação, além de provocar o envenenamento dos microrganismos pelos derivados da lignina.

2.7.8 EXPLOSÃO DE VAPOR CATALISADA

Adição de H₂SO₄ (ou SO₂) ou CO₂ na explosão de vapor pode aumentar a eficiência da hidrólise enzimática, diminuir a produção de compostos inibidores e promover uma remoção mais completa da hemicelulose (SUN e CHENG, 2002).

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

2.7.9 AFEX (AMÔNIA FIBER, FREEZER EXPLOSION)

Este processo é semelhante ao de explosão de vapor. O material lignocelulósico é exposto à amônia líquida a alta temperatura e pressão por um certo período de tempo e, então uma rápida descompressão é feita. Apesar de ser um processo que melhora a hidrólise da hemicelulose, seu efeito é ruim em biomassas com altos teores de lignina (SEABRA, 2008).

Analisar as vantagens e desvantagens destas variadas opções para o caso específico de cada biomassa é essencial para a viabilidade da produção do etanol. Para isso, avaliações econômicas são feitas não muito focalizadas na determinação do custo do etanol, mas sim objetivando a comparação entre as opções tecnológicas disponíveis (VON SIVERS e ZACCHI, 1995).

2.8 TIPOS DE ETANOL

O etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), também chamado álcool etílico na linguagem popular, simplesmente álcool é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução a acetaldeído, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria. No Brasil, tal substância é também muito utilizada como combustível de motores de explosão, constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável e para o estabelecimento de uma indústria de química de base sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável. (ÚNICA, 2008).

Na produção do etanol, no entanto, é necessário diferenciar o etanol anidro (álcool etílico anidro) do etanol hidratado (álcool etílico hidratado).

- **Anidro** – o álcool anidro é caracterizado pelo teor alcoólico mínimo de 99,3° (INPM) Instituto Nacional de Pesos e Medidas, composto apenas de etanol ou álcool etílico. É utilizado como combustível para veículos (gasolina C) e como matéria-prima na indústria de tintas, solventes e vernizes.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

• **Hidratado** – é uma mistura hidroalcoólica com teor alcoólico mínimo de 92,6º (INPM) composto por álcool etílico ou etanol. O álcool hidratado é usado na indústria farmacêutica, álcoolquímica e de bebidas, no combustível para veículos e em produtos para limpeza. O etanol é também usado como matéria-prima para a produção de vinagre e ácido acético e para a síntese de cloral e iodoformio. (NOVA CANA, 2017).

2.9 PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Em 2007, o Brasil contava com 370 unidades processadoras de cana-de-açúcar, sendo 294 instaladas na região Centro-Sul e outras 76 na região Norte-Nordeste. O estado de São Paulo produz em torno de 60% de toda a cana, etanol e açúcar do país (LEITE, 2009).

Em 2007, essas unidades processadoras de cana moeram em média, 1,5 milhão de toneladas de cana por safra na região Centro-Sul e pouco mais de um milhão como média nacional. As destilarias, autônomas ou anexas, produzem em média cerca de 400 mil litros de etanol por dia (LEITE, 2009). As melhores destilarias produzem aproximadamente 85 litros de etanol anidro por tonelada de cana. As usinas têm produção em torno de 42 litros de etanol para cada tonelada de cana processada. (LEITE, 2009).

2.10 VANTAGENS DO ETANOL

A produção de etanol apresenta inúmeras vantagens: ganhos ambientais, redução de custos, preservação do meio ambiente, sustentabilidade, substituição de combustíveis fósseis, grandes impactantes do meio em que vivemos por biocombustíveis que utilizam fontes limpas (renováveis) para obtenção de energia (BERMANN, 2008). Para Pacheco (2011) o etanol é uma alternativa para diminuir problemas ambientais e energéticos no mundo em razão da escassez e alta dos preços dos combustíveis fósseis e da poluição por eles causada. O Brasil encontra-se em uma posição destacada no que se refere à produção de etanol, por apresentar vantagens na tecnologia de produção, liderança na agricultura de energia e mercado de biocombustíveis.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

3.0. REDUÇÃO DE POLUENTES E SUSTENTABILIDADE

O etanol possui inúmeras vantagens sobre outros combustíveis fósseis. Emite menos gás carbônico, diminui a poluição, combatendo o aquecimento global, é renovável, protege os solos, gera empregos e investimentos, entre outros benefícios em todo o ciclo do combustível o etanol lança menos CO₂ à atmosfera pelo fato dele ser extraído da cana-de-áçúcar. (MEDEIROS, 2008). A sustentabilidade é renovada a cada ciclo da cana-de-áçúcar, então vale ressaltar que traz também renovação também para meios socioeconômicos e socioambientais, a sustentabilidade é usar terras para o cultivo da cana sem comprometer o futuro das próximas gerações, preservando tanto para cultivo quanto para os seres humanos.

3.1. BIOCOMBUSTÍVEIS

Os biocombustíveis são biodegradáveis e renováveis e, por isso, provocam menor impacto no meio ambiente. Jank e Nappo (2008) afirmam que se considerados o ciclo de vida e a cadeia produtiva da produção até o consumo, o etanol brasileiro pode reduzir em até 90% as emissões de gases de efeito estufa quando comparado à gasolina.

3.2 PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Diante de tais benefícios, surge as perspectivas para o futuro, embora tenham críticas, dúvidas em relação a esse biocombustível, fica claro que há um alto crescimento do consumo e das exportações da cana-de-áçúcar e do etanol. Em 2023/2024, haverá a necessidade de o Brasil atingir uma área plantada de 10,5 milhões de hectares de cana-de-áçúcar. (OUTLOOK FIESP, 2017).

4. METODOLOGIA

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica foi utilizada para descrever com ênfase e precisão as informações sobre a cana-de-áçúcar, a produção do etanol e suas vantagens. Inicialmente, foi realizada uma revisão histórica sobre o etanol no país, com a chegada da cana-de-áçúcar no Brasil, o início da produção de etanol e o método da produção de etanol por meio da cana-de-áçúcar.

A bibliografia constitui uma fonte de informações com dados já organizados e analisados, como livros, periódicos, entre outros (SANTOS, 1999).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o etanol tem sido um tema bastante usado para tema de pesquisa, mas deve-se ressaltar que o etanol não deve ser visto e apresentado somente como combustível, pois o presente trabalho veio para romper com esse paradigma de que o etanol deve ser visto somente como fonte de abastecimento, porque vai muito além disso, sendo fonte de benefícios e contribuições, o etanol tem contribuição para o meio ambiente, para redução de gastos dentro do setor com seus subprodutos como vinhaça, torta de filtro e o bagaço e ainda alta produtividade, menos emissão de CO₂ e demais contribuições. A discussão sobre o etanol e suas consequências está longe de um ponto final, pois assim como citados anteriormente diversos estudos mostram seus benefícios, enquanto outros os aspectos negativos. Apesar de polêmica, a discussão parece sempre tender para o lado positivo quando analisamos o caso particular do Brasil, que produz etanol a partir da cana-de-áçúcar.

6. REFERÊNCIAS

ARGYROPOULOS D. S. & MENACHEM S. B. Lignin. *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*, v. 57, p. 127-158, 1997.

BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. 2008. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300010. Acesso em: 05/2021.

BETANCUR, G. J. V & Pereira, Jr. N. Sugarcane bagasse as feedstock for

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

secondgeneration ethanol production. Part I: diluted acid pre-treatment optimization. Electronic Journal of Biotechnology, 2010.

CORREIA, E. L. A Retomada do uso de Álcool Combustível no Brasil. Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestrado em Economia Aplicada, 2007.

FENGEL, D. & WEGENER, G. (1991) Wood and cellulosic chemistry. New York, p. 189- 200.

FUJITA, Y.; ITO, J.; UEDA, M.; FUKUDA, H.; KONDO, A. Synergistic Saccharification and direct fermentation to ethanol of amorphous cellulose by use of an engineered yeast strain codisplaying three types of cellulolytic enzyme. Appl. Environ. Microbiol., v. 70, n. 2, p. 1207-1212, 2004.

GÍRIO F.M. Hemicellulose for fuel ethanol: A review. Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa, Portugal, 2010.

GRAY, K.A.; ZHAO, L.; EMPTAGE, M. Bioethanol. Current Opinion in Chemical Biology, v.10, p. 1-6, 2006.

HAMELINCK, C.N.; VAN HOOIJDONK, G.; FAAIJ, A.P.C. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short, middle and long-term. Biomass and Bioenergy, v. 28, p. 384-410, 2005.

JANK, M. S.; NAPPO, M. Etanol de cana-de-açúcar: uma solução energética global sob ataque. São Paulo: Senac, 2008.

LEITE, R. C. C. Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, p. 536, 2009. Disponível em: <http://www.cgEE.org.br>. Acessado em 05/2021.

LIMA, A. O. S. & RODRIGUES, A. L. Sacarificação de resíduos celulósicos com bactérias recombinantes como estratégia para redução do efeito estufa, Revista de ciências ambientais, v. 1, n. 2, p. 5-18, 2007.

MEDEIROS, S. H. L. O Etanol. 2008. Disponível em: http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/maio2008/materias/o_brasil.html. Acesso em: 04 2021.

MESHITSUKA, G. & ISOGAI, A. (1996) Chemical structures of cellulose, hemicellulose, and lignin, In: HON, D. N. S., SHIRAISHI, N., (Ed.). Chemical modification of lignocellulosic materials. New York: M. Dekker, p. 11-34.

MOSIER, N.; WYMAN, C; DALE, B.; ELANDER, R LEE, Y.Y; HOLTZAPPLE, M; LASDISCH, M. features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. Bioresource Technology, v. 96, pp. 673-686, 2005.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

NOGUEIRA, L. A. H. Bioetanol de Cana de Açúcar: Energia para o desenvolvimento Sustentável. Organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

NOVA CANA. Processos da fabricação do etanol. Disponível em: <https://www.novacana.com/etanol/fabricacao/>. Acesso em: 04/2021.

NOVACANA – www.novacana.com.br. Acessado em 05/2021.

OUTLOOK FIESP. 2017. Projeções para o agronegócio Brasileiro. Disponível em: https://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo_Fiesp_MBagro.pdf. Acesso em: 04/2021.

PACHECO, Thályta Fraga. Produção de Etanol: primeira ou segunda geração? Disponível em: . Acesso em 05/2021.

SANTOS, A. R. dos. Metodologia científica: a construção do conhecimento. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SEABRA, J. E. A. Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008. Tese (doutorado).

SEBRAE. O que é etanol? 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-etanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> . Acesso em: 04/2021.

SILVA, J. P. N., SILVA, M. R. N. Noções da cultura da cana-de-açúcar. 2012. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoos_cultura_cana_acucar.pdf. Acesso em: 05/2021.

SIMÕES, M. S.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Indicadores de crescimento e produtividade da cana-de-açúcar. Scientia agricola, v. 62, n.1, p. 23-30, 2005.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technology, v. 83, pp. 1-11, 2002.

TÁVORA, F. L. História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil. Centro de Estudos da Consultoria do Senado Federal, p.78, 2011. Disponível em: <http://www12.senado.gov.br>. Acessado em: 04/2021.

TOWNSEND, C. R. Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia. Embrapa. Rondônia, nº21, nov./2000.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER

UNICA. Etanol uma atitude inteligente. 2008. Disponível em: [file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/56801f3ecac4c41ab7a8c54305635fbe%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/56801f3ecac4c41ab7a8c54305635fbe%20(5).pdf). Acesso em: 05/2021.

VON SIVERS, M.; ZACCHI, G. A techno-economical comparison of three processes for the production of ethanol from pine. *Bioresource Technology*, v. 51, pp. 43-52, 1995.

WOOLEY, R.; RUTH, M.; SHEEHAN, J.; IBSEN, K.; MAJDESKI, H.; GALVEZ, A. Lignocellulosic biomass to Ethanol. Process prehydrolysis and enzymatic hydrolysis. Current and futuristic scenarios. Report TP-580-26157, NREL, Golden, Colorado, USA, 1999.

WYMAN, C.E. Ethanol from lignocelulosic biomass: technology, economics and opportunities. *Bioresource Technology*, v. 50, p. 3-16, 1994.

¹Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso. 05/ 2021.

²Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER