

Otimização dos métodos tradicionais e busca de novas alternativas de obtenção de etanol visando a sua viabilidade

Jordan C. A. Filho*
Francisco S. A. Pessanha**

Resumo

Um assunto que vem sendo muito discutido nos últimos anos é a questão dos impactos ambientais que os combustíveis fósseis vêm causando atualmente, principalmente devido ao crescente aumento de seu consumo. Um meio alternativo de obtenção de energia ecologicamente correta e renovável e que será abordada neste estudo, é a questão do etanol como uma nova matriz energética em substituição ao petróleo, uma energia não renovável, que está se tornando escassa e relacionada às questões ambientais (aquecimento global) e políticas (guerra entre países).

Palavras-chave: Etanol. Energia Renovável. Combustíveis.

Histórico

O etanol (álcool etílico), $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, é um líquido incolor, inflamável, com um odor característico. É um álcool, um grupo de compostos químicos cujas moléculas contêm um grupo hidroxila (OH), ligado a um carbono. A palavra álcool deriva do árabe al-kuhul, que refere-se a um fino pó de antimônio, produzido pela destilação do antimônio, e usado como maquiagem para os olhos. Os alquimistas medievais ampliaram o uso do termo para referir-se a todos os produtos da destilação e isto levou ao atual significado da palavra. O ponto de fusão do etanol sólido é de -114.1°C , e de ebulição e de 78.5°C . É menos denso que a água: 0,789 g/mL a 20°C . É utilizado como fluido em termômetros, principalmente para temperaturas baixas, uma vez que o mercúrio congela a -40°C (ATON, 2009).

Introdução

O tema biocombustível tornou-se mais relevante no século 21 e, se considerarmos um contexto de desenvolvimento sustentável, ele está relacionado com a produção de combustíveis que não causam danos ao meio ambiente, à geração de postos de trabalho e ao desenvolvimento tecnológico (FIGUEIREDO, 2009).

O etanol (nome técnico do álcool etílico combustível) pode ser produzido a partir da sacarose da cana-de-açúcar no Brasil, da sacarina da beterraba, do amido de milho nos Estados Unidos, do trigo, da mandioca. O etanol é uma fonte de energia natural, limpa, renovável, sustentável e no Brasil é produzido o etanol hidratado com 5% de

água, que abastece os automóveis flex e o etanol anidro (0,5% de água), misturado na gasolina numa proporção de 20% a 25% (FIGUEIREDO, 2009).

De acordo com Marcos Jank (2008), o setor sucroalcooleiro vem crescendo e entre os benefícios da ascensão do setor estão a geração de 1 milhão de empregos, investimentos de US\$ 30 bilhões até 2012, perspectivas de cogerar o equivalente à capacidade de uma usina Itaipu e meia em bioeletricidade a partir do bagaço e da palha disponíveis, e movimentação de uma grande indústria nacional de máquinas e equipamentos (FIGUEIREDO, 2009).

No período de 1976 a 2005, a utilização de álcool combustível permitiu ao Brasil economizar US\$ 69,1 bilhões em divisas com a importação de petróleo (ETH, 2008). A agroindústria da cana-de-açúcar fatura cerca de US\$ 8 bilhões anuais e na safra 2007/2008 houve um crescimento de 11,2% sobre a safra anterior, representando cerca de 528 milhões de toneladas. Desse montante, mais de 50% será destinado à produção de álcool, o que representa um aumento de 14% em relação à safra anterior (UNICA, 2007).

Atualmente, no processo de produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, a indústria brasileira aproveita apenas o açúcar. Assim, dois terços da biomassa, na forma de bagaço e palha, são desprezados no processo (ZOLNERKIVIC, 2009).

Já existem métodos para obter o etanol da principal substância do bagaço, a celulose. Mas eles ainda são ineficientes ou caros. A celulose precisa ser quebrada em moléculas menores para que os microrganismos do fermento consigam digeri-la e transformá-la em etanol.

O objetivo é apresentar processos de produção de etanol a partir do caldo e do bagaço da cana-de-açúcar, visando o levantamento do consumo de energia destes processos. Foram consideradas melhorias no processo convencional de produção de etanol a partir do caldo, tais como a realização de eficientes tratamento e esterilização do caldo, a condução da fermentação a temperaturas mais baixas (28°C) do que as utilizadas atualmente. O processo de produção de etanol a partir do bagaço

* Técnico de Química pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

** Técnico de Química pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

da cana-de-açúcar é baseado em um processo de hidrólise da celulose. Considerando-se a utilização de 70% do bagaço gerado nas moendas como matéria-prima do processo de hidrólise estudado, seria possível aumentar a produção de etanol em cerca de 17%, considerando somente a fermentação obtidas a partir da celulose do bagaço. A realização do processo de hidrólise leva a um aumento do consumo de energia do processo, que pode ser compensado pela otimização do processo convencional de produção de etanol a partir do caldo da cana-de-açúcar, do aproveitamento da palha e de subprodutos do processo de hidrólise, e da integração térmica do processo integrado, que utiliza caldo e bagaço como matéria-prima para produção de etanol. O equacionamento do consumo energético da produção integrada de etanol a partir da cana-de-açúcar e do bagaço de cana-de-açúcar constitui um obstáculo à viabilização técnica e econômica do processo de hidrólise (ASSIS, 2008).

Métodos

Método a partir da cana-de-açúcar

Corte da cana

Através do controle e planejamento dos canaviais, é montado um programa de corte baseado na maturação da cana. Dessa forma, tem-se áreas com cana plantada que vão estar próprias para o corte em momentos diferentes, o que permite seu manejo. O corte feito manualmente representa 50% da cana colhida (safra 2000).

Transporte

O transporte da lavoura até a unidade industrial é feito por caminhões. Cada carga transportada, pesa aproximadamente 16 toneladas. Hoje há caminhões com capacidade de até três ou quatro carrocerias em conjunto, aumentando muito a capacidade do transporte. Depois de cortada e transportada para a Usina, a cana-de-açúcar é enviada para a moagem, onde se inicia o processo de fabricação do açúcar e do álcool.

Moagem

A cana que chega à unidade industrial é processada o mais rápido possível. Este sincronismo entre o corte, transporte e moagem é muito importante, pois a cana é uma matéria-prima sujeita a contaminações e conseqüentemente de fácil deterioração. A moagem diária é de 9.000 toneladas.

Antes da moagem, a cana é lavada nas mesas alimentadoras para retirar a terra proveniente da lavoura. Após a lavagem, a cana passa por picadores que trituram os colmos, preparando-a para a moagem. Neste processo, as células da cana são abertas sem perda do caldo. Após o preparo, a cana desfibrada é enviada à moenda para ser moída e extrair o caldo. Na moenda, a cana desfibrada é exposta entre rolos submetidos a uma pressão de aproximadamente 250 kg/cm², expulsando o caldo do interior das células. Este processo é repetido por seis vezes continuamente. Adiciona-se água numa proporção de 30%. A isto se chama embebição composta, cuja função é embeber o interior das células da cana diluindo o açúcar ali existente e com isso aumentando a eficiência da extração, conseguindo-se assim extrair cerca de 96% do açúcar contido na cana. O caldo extraído vai para o processo de tratamento do caldo e o bagaço para as caldeiras.

Geração de vapor

O bagaço que sai da moenda com muito pouco açúcar e com umidade de 50%, é transportado para as caldeiras, onde é queimado para gerar vapor, que se destina a todas as necessidades que envolvem o acionamento das máquinas pesadas, geração de energia elétrica e o processo de fabricação de açúcar e álcool. A sobra de bagaço é vendida para outras indústrias. O bagaço é muito importante na unidade industrial, porque é o combustível para todo o processo produtivo. Um bom sistema térmico é fundamental. Usamos processo vapor direto, vapor de escape e vapor vegetal.

Geração de energia elétrica

Parte do vapor gerado é enviado aos turbogeradores que produzirão energia elétrica suficiente para movimentar todos os acionamentos elétricos e a iluminação. O consumo é de 4.500 kW.

Fabricação de álcool

A fabricação de álcool se dá geralmente em uma Usina, numa unidade anexa, portanto o processo de moagem de cana é o mesmo já descrito.

Tratamento do caldo

Parte do caldo é desviado para tratamento específico para fabricação do álcool. Este tratamento consiste em aquecer o caldo a 105°C sem adição de produtos químicos, e após isto,

decantá-lo. Após decantação, o caldo clarificado irá para a pré-*evaporação* e o lodo para novo tratamento.

Pré-*evaporação*

Na pré-*evaporação* o caldo é aquecido a 115°C, *evapora* a água e é concentrado a 20°Brix. Este aquecimento favorece a fermentação, por fazer uma “esterilização” das bactérias e leveduras selvagens que concorreriam com a levedura do processo de fermentação.

Preparo do mosto

Mosto é o material fermentescível previamente preparado. O mosto é composto de caldo clarificado, melaço e água. O caldo quente que vem do pré-*evaporador* é resfriado a 30°C em trocadores de calor tipo placas, e enviado às dornas de fermentação. No preparo do mosto, definem-se as condições gerais de trabalho para a condução da fermentação como, regulação da vazão, teor de açúcares e temperatura. Densímetros, medidores de vazão e controlador de Brix automático monitoram este processo.

Fermentação

A fermentação é contínua e agitada, consistindo de 4 estágios em série, composto de três dornas no primeiro estágio, duas dornas no segundo, uma dorna no terceiro e uma dorna no quarto estágio. Com exceção do primeiro, o restante tem agitador mecânico. As dornas tem geralmente capacidade volumétrica de 400.000 litros cada, todas fechadas com recuperação de álcool do gás carbônico.

É na fermentação que ocorre a transformação dos açúcares em etanol ou seja, do açúcar em álcool. Utiliza-se uma levedura especial para fermentação alcoólica, a *Saccharomyces uvarum*. No processo de transformação dos açúcares em etanol, há desprendimento de gás carbônico e calor, portanto, é necessário que as dornas sejam fechadas para recuperar o álcool arrastado pelo gás carbônico e o uso de trocadores de calor para manter a temperatura nas condições ideais para as leveduras. A fermentação é regulada para 28 a 30°C. O mosto fermentado é chamado de vinho. Esse vinho contém cerca de 9,5% de álcool. O tempo de fermentação é de 6 a 8 horas.

Centrifugação do vinho

Após a fermentação a levedura é recuperada do processo por centrifugação, em separadores que separam o fermento do vinho. O vinho *delevedurado* irá para os aparelhos de destilação onde o álcool é separado, concentrado e purificado. O fermento,

com uma concentração de aproximadamente 60%, é enviado às cubas de tratamento.

Tratamento do fermento

A levedura após passar pelo processo de fermentação se “desgasta”, por ficar exposta a teores alcoólicos elevados. Após a separação do fermento do vinho, o fermento a 60% é diluído a 25% com adição de água. Regula-se o pH em torno de 2,8 a 3,0 adicionando-se ácido sulfúrico que também tem efeito desfloculante e bacteriostático. O tratamento é contínuo e tem um tempo de retenção de aproximadamente uma hora. O fermento tratado volta ao primeiro estágio para começar um novo ciclo fermentativo; eventualmente é usado bactericida para controle da população contaminante. Nenhum nutriente é usado em condições normais.

Destilação

O vinho com 9,5% em álcool é enviado aos aparelhos de destilação. Na destilação do vinho, resulta um subproduto importante, a vinhaça. A vinhaça, rica em água, matéria orgânica, nitrogênio, potássio e fósforo, é utilizada na lavoura para irrigação da cana, na chamada fertirrigação.

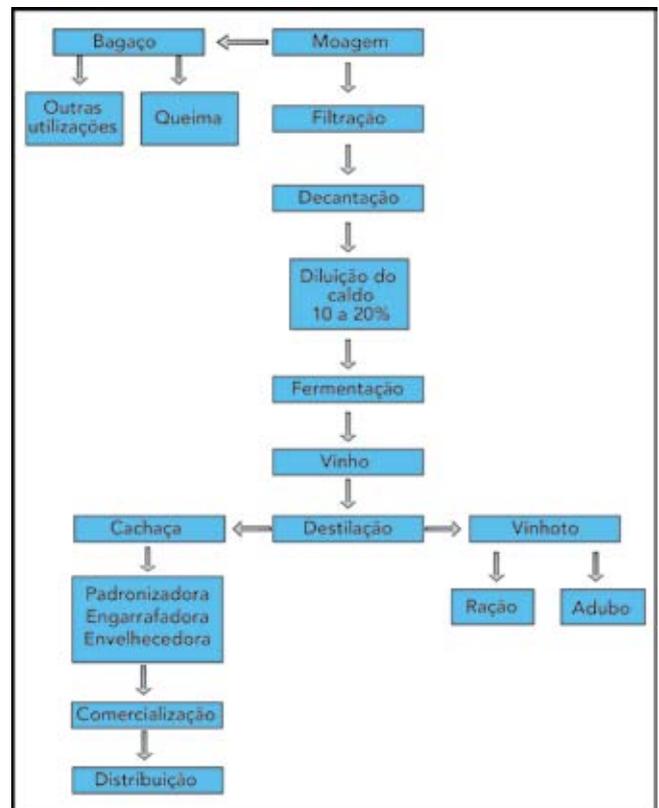


Figura 1 - Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar

Método a partir do bagaço da cana

A utilização do bagaço como matéria-prima é uma técnica nova, que ainda precisa passar por muitos aperfeiçoamentos e, portanto, se encontram poucos artigos sobre tal tecnologia na literatura. É um método que ainda não é viável economicamente, mas pode se tornar em alguns anos uma maneira eficaz de transformar o resíduo (bagaço) em etanol.

De maneira resumida, a produção de etanol se entende nos seguintes processos: o primeiro passo, neste método, é transformar o bagaço em hidrolisado (líquido). Depois, este líquido é neutralizado e tratado para eliminar as substâncias tóxicas. Por fim, adiciona-se a bactéria recombinante e, após cerca de 40 horas, faz-se a destilação. Está pronto o etanol.

Para se fabricar etanol a partir da lignocelulose, o bagaço da cana é prensado dentro de um reator e submetido a uma solução ácida que quebra a estrutura da fibra. No processo, a hemicelulose é decomposta em açúcares que ficam em um resíduo líquido. Este passa por uma etapa de fermentação, em que microrganismos usam os açúcares para produzir o bioetanol (BEZERRA, 2007).

Paralelamente, a lignina presente no resíduo sólido do pré-tratamento do bagaço é retirada e

o material, rico em celulose, recebe enzimas que quebram o composto em açúcares, que também seguem para fermentação. Para esse estudo, usam-se duas espécies de leveduras naturais: *Pichia stipitis* e *Sacharomyces cerevisiae*. A etapa final é a destilação, ou seja, a recuperação e purificação do etanol que conhecemos (BEZERRA, 2007).

Método a partir do milho

O processo da produção de etanol utilizando o milho como matéria-prima ocorre em várias etapas. Após ser devidamente colhido, o milho é triturado por inteiro e são adicionados água e enzimas que vão facilitar a conversão da pasta em dextrose, um açúcar simples (CAMEIRA, 2008).

A pasta resultante é fervida para reduzir o nível de bactérias (CAMEIRA, 2008).

Depois de arrefecida, dá-se início ao processo de fermentação em que o açúcar transforma-se em etanol e liberando o dióxido de carbono (CO₂). Esse CO₂ produzido durante o processo pode ser utilizado em bebidas gaseificadas (CAMEIRA, 2008).

Depois de totalmente fermentado, o vinho é encaminhado para o processo de destilação, no qual o etanol é separado dos demais compostos (CAMEIRA, 2008).

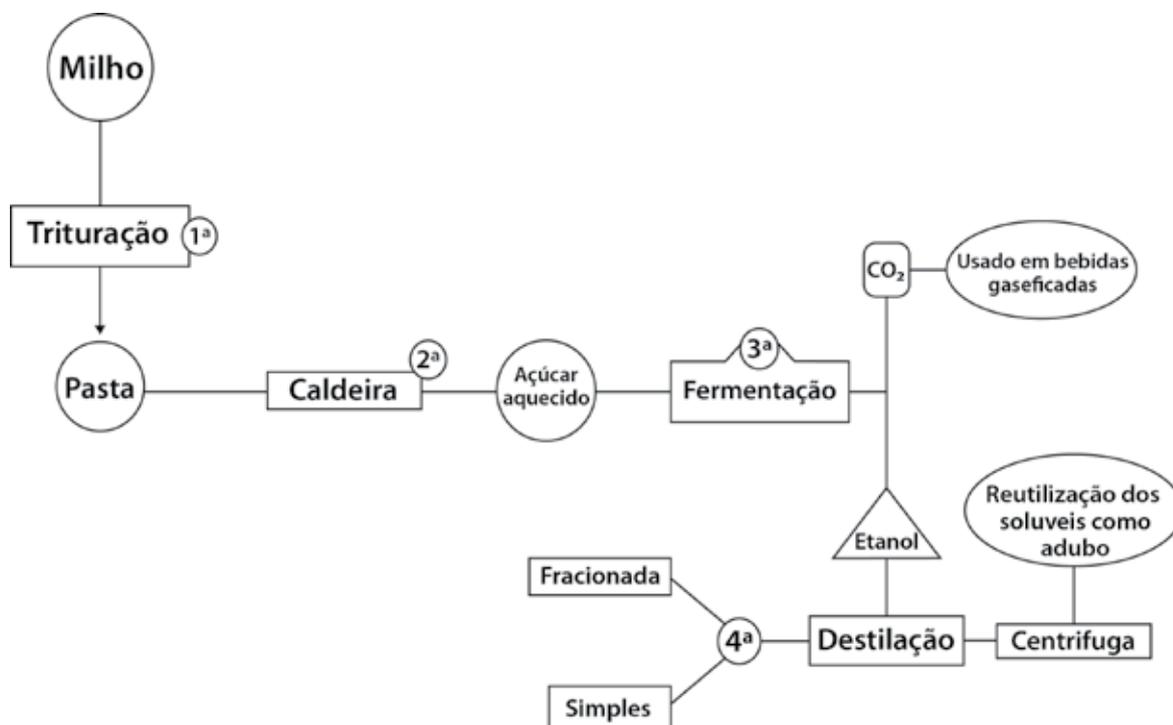


Figura 2 - Produção de etanol a partir do milho

Resultados

No Brasil o método mais utilizado e mais viável economicamente para a produção de etanol é a utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima. Por ser uma cultura bem adaptada ao clima brasileiro e por não ser necessário o seu replantio por um período médio de cinco anos; ao contrário da produção a partir de milho, cujo replantio é necessário após a colheita, gerando um aumento no custo do etanol. Além desse motivo, um outro fator a se levar em consideração é o de que a cana-de-açúcar possui maior capacidade de produção de etanol por tonelada que o milho, por apresentar maior nível de açúcares.

Considerando-se que a maneira mais viável de produção de etanol no Brasil é a partir da cana-de-açúcar e que em torno de 1/3 da cana é desprezado como resíduo em forma de bagaço, uma forma de otimizar a produção de etanol e de aproveitar a biomassa que é desprezada, se dá pela utilização do bagaço para produção de etanol. Esse processo proporcionaria uma suplementação à produção de álcool que pode chegar até 15% a mais do que já é produzido.

Discussão

O potencial para o uso do bagaço de cana para produzir o chamado etanol de segunda geração é enorme, especialmente por causa da grande disponibilidade desta matéria-prima. O volume desse subproduto representa cerca de um terço da produção de cana-de-açúcar no Brasil, que vem batendo recordes a cada ano.

A safra de 2009, anunciada este mês pelo Ministério da Agricultura, ultrapassa 600 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que representa em torno de 200 milhões de toneladas de bagaço.

Pesquisadores brasileiros e norte-americanos discutem processos de produção dos biocombustíveis e falam da necessidade de se diversificar a matéria-prima para a produção em escala comercial.

Para chegar a um processo de produção do etanol de segunda geração que seja economicamente viável, torna-se necessário também diversificar as matérias-primas a serem utilizadas. Esse foi um dos diagnósticos levantados pelos participantes do BIOEN Workshop on Process for Ethanol Production, realizado na sede da FAPESP.

O evento - que fez parte das atividades do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia - reuniu cientistas do Brasil e dos Estados Unidos para discutir o panorama das pesquisas no setor, além da produção global e sustentável de bioenergia, nova geração de biocombustíveis,

demandas tecnológicas e processos utilizados na produção do etanol.

Diversos aspectos foram levantados que vão da produção e comercialização do etanol à preocupação crescente com o meio ambiente e com a segurança.

Há um grande potencial de uso do bagaço, de folhas e de palhas. Já temos inclusive a produção de bioeletricidade disponível. Não importa o tipo de matéria-prima que se use, a diversidade aumenta a competitividade, o que é algo muito bom, disse Wilson Araújo (pesquisador da DuPont Biofuels LA que apresentou a atuação da empresa e o panorama das pesquisas feitas por ela sobre a biomassa a partir da cana-de-açúcar).

Parte dos estudos apresentados focou a ampliação das possibilidades de uso de matérias-primas para a produção do etanol - como o bagaço e a palha da cana, no caso brasileiro, ou o milho, em relação à produção de etanol nos Estados Unidos.

Mas o maior volume das discussões se concentrou nos processos de tratamento da matéria-prima utilizada, a fim de tornar a produção do biocombustível economicamente viável. As palestras abordaram tanto o pré-tratamento do bagaço de cana, passando pelo processo de fermentação, como o tratamento do caldo, e a necessidade de demandas tecnológicas e de monitoramento na produção em larga escala.

Justin van Rooyen, diretor de desenvolvimento de negócios da empresa Mascoma, apresentou as inovações incorporadas nos Estados Unidos na produção de etanol produzidos a partir do milho.

Segundo ele, há grande disponibilidade de matéria-prima barata, como aparas de madeira, bagaço de cana ou sabugo de milho, mas o problema é que, por serem formados por celulose, só podem se transformar em biocombustíveis quando submetidos a reações de hidrólise (processo químico de quebra de moléculas).

“Quando consideramos os custos de uma instalação química, os números de etapas do processo aumentam o valor final e encarecem o produto”, disse Van Rooyen. No caso da produção de biocombustíveis, as etapas envolvem a produção de enzimas, sacarificação, fermentação de pentoses (açúcares de cinco carbonos) e fermentações de hexoses (açúcares com seis carbonos).

Segundo Van Rooyen, o custo para o fornecimento de enzimas é o segundo principal fator que eleva o preço. “Nos níveis atuais de fornecimento de enzimas, há muito pouca chance de chegar a uma solução que possa competir com a gasolina derivada de petróleo”, apontou.

“O que tentamos solucionar é como pegar essa biomassa e quebrá-la em açúcares que possam ser usados para produzir combustíveis químicos”, disse ao falar do processo denominado de “bioprocessamento consolidado”. Na técnica, desenvolvida por seu grupo, as quatro transformações biológicas envolvidas na produção do bioetanol - produção de enzimas, sacarificação, fermentação de hexoses e fermentação de pentoses - ocorrem em uma única fase.

Microrganismos geneticamente modificados produzem enzimas com melhor atividade que as utilizadas pelos outros processos, segundo Van Rooyen. A Mascoma, que tem como cofundador Lee Rybeck Lynd, da Thayer School of Engineering, que também esteve no workshop na FAPESP, obteve a patente de micróbios capazes de produzir enzimas utilizadas na hidrólise.

“O uso do processo biológico com enzimas externas é muito caro e economicamente inviável. Estamos simplificando o processo, por duas razões: reduzir o custo e eliminar as enzimas” destacou.

Segundo ele, a técnica de bioprocessamento consolidado permite a conversão de biomassa de uma vez. “Com isso, conseguimos remover a necessidade de enzima externa e uma parte do capital necessária no processo”, disse.

As bactérias desenvolvidas conseguem romper e quebrar a biomassa do milho. “Mas precisamos programá-las para que parem de produzir os outros subprodutos e produzam só o etanol”, apontou.

Nos testes iniciais feitos com leveduras houve uma melhora de cerca de 3 mil vezes nos níveis de expressão da celulose. O problema é que elas produzem uma série de outros subprodutos. O grupo conseguiu resolver o problema do uso da biomassa, mas, segundo o pesquisador norte-americano, é preciso olhar para outras dimensões em relação ao uso da matéria-prima.

No Brasil, existe a oportunidade para o bagaço da cana, uma matéria-prima interessante. Outra provavelmente mais fácil de processar é o lodo de papel, derivado das usinas de celulose. Tem muita celulose que é perdida no processo de fabricação”

A utilização de matérias derivadas da celulose para fabricação de etanol ainda não é viável economicamente devido ao elevado custo das enzimas, mas do ponto de vista ambiental é uma maneira interessante de diminuir a utilização do petróleo como fonte de energia, substituindo uma fonte de energia renovável sem nenhum impacto ambiental.

Conclusão

- O etanol apresenta uma grande vantagem quando comparado aos combustíveis fósseis, por ser um combustível de fonte renovável e ecologicamente correto.
- No Brasil o método mais viável para produção de etanol é a partir da cana-de-açúcar.
- O etanol produzido a partir do milho apresenta um custo maior, se comparado com a cana-de-açúcar.
- Uma maneira de otimizar a produção de etanol é produzi-lo utilizando o bagaço originário da sobra da cana.

Referências

ASSIS, D.S. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. 2008. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/pos_graduacao/Teses/PDFs/Arq0279.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2011.

ATON. Álcool. 2009. Disponível em: <<http://escolarestudo.blogspot.com/>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

BEZERRA, F. Bagaço da cana também produz álcool. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/especiais/meio-ambiente-em-foco/bagaco-da-cana-tambem-produz-alcool>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

CAMEIRA, M. Biocombustíveis: como se produz etanol do milho. Disponível em: <<http://static.publico.pt/homepage/infografia/sociedade/etanol/>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

DAZZANI, Melissa; CORREIA, Paulo R.M.; OLIVEIRA, Pedro V.; MARCONDES, Maria Eunice R. Explorando a Química na Determinação do Teor de Álcool na Gasolina. Química Nova na Escola, n.17, p.42-45, maio 2003. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2010.

FIGUEIREDO, M.F. Etanol como uma nova matriz energética? 2009. Disponível em: <<http://agrors.espm.br/arquivos/etanol.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2010.

O PROCESSO de fabricação de Açúcar e Álcool na Usina Ester. Disponível em: <<http://www.usinaester.com.br/Produtos/produtos.html>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

PAULILLO, Luiz Fernando; VIAN, Carlos Eduardo de Freitas; SHIKIDA, Pery Francisco Assis; MELLO, Fabiana Tanoue de. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis?. RER, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 531-565, jul./set. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v45n3/a01v45n3>>.

pdf>. Acesso em: 8 jul. 2010.

PESQUISADORES brasileiros e norte-americanos discutem processos de produção dos biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anacomci.com.br/noticias.php?id=9>>. Acesso em: 20 maio 2011.

UNICA-União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 2 set. 2010.

ZOLNERKIVIC, I. Pesquisa pretende baratear álcool feito do bagaço da cana. 2009. Disponível em: <<http://www.unesp.br/noticia.php?artigo=3991>>. Acesso em: 1 nov. 2010.