

# DOSSIÊ TÉCNICO

Etanol

Eduardo Henrique da Silva Figueiredo Matos

CDT/UnB

Dezembro de 2007

## Sumário

1. Etanol .....	2
2. Objetivo.....	2
3. O que é e para que serve ? .....	2
3.1 Impactos e problemas .....	4
3.2 Etanol como combustível .....	5
3.3 Produção brasileira de cana-de-açúcar .....	6
4. Vantagens e Aplicações .....	6
4.1 O que compõe o etanol e como ele é fabricado .....	6
4.2 Produção de Bebida .....	8
4.2.1 Toxicocinética .....	10
4.2.2 Efeitos .....	10
5. Matéria-prima utilizada .....	11
5.1 Processo de obtenção com a cana-de-açúcar .....	11
Conclusões e recomendações .....	13
Referências.....	14
Anexos.....	14
1 Sites .....	15
2. Leitura complementar .....	15

**Título**

Etanol

**Assunto**

Fabricação de álcool

**Resumo**

Informações sobre Etanol (O que é? Para que serve? Vantagens), processo de obtenção e aplicações, matéria-prima utilizada.

**Palavras chave**

Etanol; bioetanol; álcool; álcool etílico; combustível; álcool combustível; cana-de-açúcar; fermentação; destilação;

**Conteúdo****1. Etanol**

O etanol (álcool etílico) é uma molécula orgânica relativamente simples ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) e de fácil obtenção, que se mistura facilmente com outros líquidos (água e gasolina) e se encontra em ampla aplicação.

O etanol é usado como solvente industrial, anti-séptico, conservante, componente de diversas bebidas, em desinfetantes domésticos e hospitalares, solvente de fármacos importantes e na forma de combustível.

A cultura da cana-de-açúcar parece ter tido origem na Nova Guiné, onde através de migrações antigas, expandiu-se para as Ilhas Solomon, Novas Hébridas e Nova Caledônia, Indonésia, Filipinas e Norte da Índia. Mais tarde, Alexandre, o Grande, levou-a para a Europa e depois transportada para o continente Americano. Primeiramente o álcool etílico foi utilizado para a fabricação de bebidas alcoólicas.

O álcool etílico é utilizado como combustível desde o nascimento dos automóveis, na tentativa de adaptar os motores recém inventados para a utilização do etanol. Desde então e até nos dias de hoje, o uso do etanol em veículos automotores tem sido um considerável avanço.

**2. Objetivo**

Informar sobre etanol (O que é? Para que serve? Vantagens), processo de obtenção e aplicações, matéria-prima utilizada.

**3. O que é e para que serve ?**

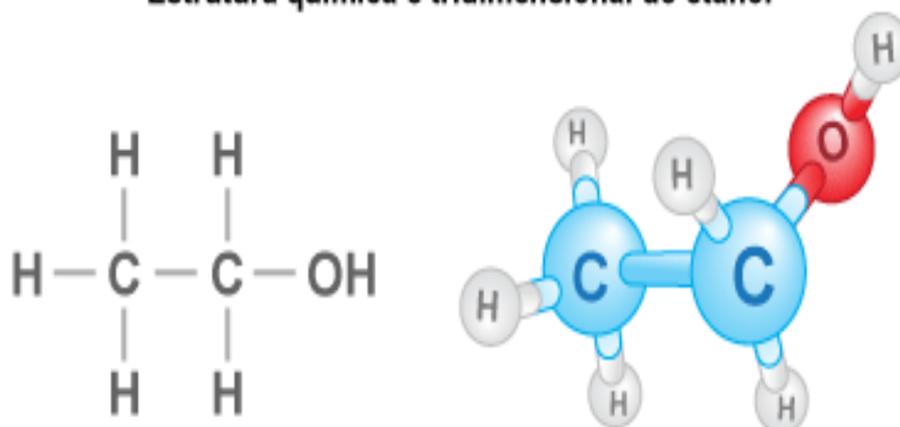
É o mais comum dos alcoóis e caracteriza-se por ser um composto orgânico ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), obtido por meio da fermentação de amido e outros açúcares, como a sacarose existente na cana-de-açúcar, nos açúcares da uva e cevada e também mediante processos sintéticos. É um líquido incolor, volátil, inflamável, solúvel em água, com cheiro e sabor característicos.

A presença do oxigênio, elemento eletronegativo, em sua estrutura molecular, atrai elétrons de ligação, tornando-o um solvente fortemente polar. Segundo algumas pesquisas, podem ser produzidas através de **biomassa** (resíduos agrícolas e florestais).

Através da fotossíntese, as plantas capturam energia do sol e transformam em energia química. Esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor. As fontes orgânicas que são usadas para produzir energias usando este processo são chamadas de biomassa.

Os combustíveis mais comuns da biomassa são os resíduos agrícolas, madeira e plantas como a cana-de-açúcar, que são colhidos com o objetivo de produzir energia. O lixo municipal pode ser convertido em combustível para o transporte, indústrias e mesmo residências.

### Estrutura química e tridimensional do etanol



© 2007 HowStuffWorks

FIG. 1 – Estrutura Química do Etanol

### Propriedades físico-químicas do etanol

Fórmula Química	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Peso Molecular	46,07
Aparência	Líquido Incolor
Ponto de Fusão	-114°C
Ponto de Ebulição	78,4°C
Pressão de Vapor	58,7 hPa
Densidade	0,789 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidade	1,19 cP ( 20°C )
Solubilidade	em água, acetona, éter, gasolina

© 2007 HowStuffWorks

FIG. 2 – Propriedades do Etanol

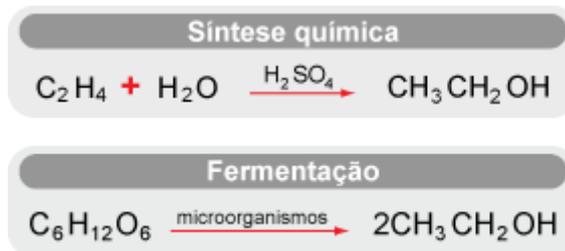


FIG. 3 – Etanol

Existem diversas utilizações para o álcool etílico como na forma de combustível veicular e na produção de energia elétrica.

Mais recentemente, o etanol vem sendo considerado um gerador em potencial de biodiesel, apesar de outras matérias-primas originarem outros tipos de biodiesel. O etanol pode ser obtido pela via bioquímica de fermentações de açúcares ou pela via química de síntese, a partir da hidratação do etileno.

Como combustível para automóveis, o álcool tem a vantagem de ser uma fonte de energia renovável e menos poluidora que os derivados do petróleo, o que possibilitou o desenvolvimento de uma tecnologia 100% nacional, o PROÁLCOOL.

O Proálcool é um programa nacional de substituição de petróleo por energia renovável. O álcool é também menos inflamável, menos tóxico que a gasolina e o diesel.

### 3.1 Impactos e Problemas

Existem problemas que precisam ser resolvidos para que o álcool torne-se realmente uma alternativa sócio e ambientalmente sustentável. Problemas esses, gerados pela monocultura da cana-de-açúcar, pela condição social e trabalhista da mão de obra empregada, pelo primitivo processo de colheita que obriga a queima da cana, entre outros.

- A queima da palha do canavial visa facilitar e baratear o corte manual, fazendo com que a produtividade do trabalho do cortador aumente de 2 para 5 toneladas por dia. Os custos do carregamento e transporte também são reduzidos e aumenta a eficiência das moendas que não precisam interromper seu funcionamento para limpeza da palha. Por outro lado, essa prática, empregada em aproximadamente 3,5 milhões de hectares, tem conseqüências desastrosas para o ambiente.
- Vários estudos afirmam que a queima libera gás carbônico, ozônio, gases de nitrogênio e de enxofre (responsáveis pelas chuvas ácidas), liberam também a indesejada fuligem da palha queimada (que contém substâncias cancerígenas) e provocam perdas significativas de nutrientes para as plantas e facilitam o aparecimento de ervas daninhas e a erosão, devido à redução da proteção do solo.
- As internações por problemas respiratórios, intoxicações e asfixias aumentam consideravelmente durante a "safra" da fuligem.
- 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 (morte 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

### 3.2 Etanol como combustível

O álcool é menos inflamável e menos tóxico que a gasolina e o diesel. No Brasil, ele é gerado principalmente da cana-de-açúcar. Nos Estados Unidos, o milho é o mais usado.

O uso de álcool combustível teve seu primeiro ápice no país a partir da década de 70, com a crise de petróleo no mundo e o nascimento do Proálcool (Programa Nacional do Álcool) em 14 de novembro de 1975, que incentivava o cultivo da cana-de-açúcar e previa recursos para construção de usinas, e tinha como apelo o fato de ser uma fonte de energia renovável e menos poluidora que os derivados do petróleo, o que possibilitou o desenvolvimento de uma tecnologia 100% nacional.

A utilização do álcool como combustível em carros de fabricantes nacionais atingiu seu pico em 1986 junto com o popular Fiat 147, mas os produtores acabaram preferindo vender sua matéria-prima para produção de açúcar em vez de álcool por causa dos preços, o que, junto com a queda do preço do petróleo, ajudou a levar o programa ao fracasso.

Vale lembrar, no entanto, que, desde o começo do programa Proálcool, o Brasil economizou mais de US\$ 180 bilhões com as importações de petróleo e juros pagos aos credores.

Hoje o Proálcool não existe mais, tendo-se encerrado oficialmente no início do governo Collor de Mello (1990) quando o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) foi extinto e, no lugar, foram criadas a Secretaria de Desenvolvimento Regional da Presidência da República e o Departamento de Assuntos Sucroalcooleiros.

O BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) assumiu o papel de financiador de usinas. Pouco antes, em 1998, durante o plano econômico chamado Plano Verão, o governo havia acabado com paridade de preço de 64% entre o álcool e a gasolina, primeiro passo da desregulamentação do álcool no Brasil.

Atualmente no Brasil, 43% dos automóveis são movidos a álcool, incluindo os de motores flex. Nos Estados Unidos, a mistura etanol-gasolina (E85), a única ainda comercializada no país, corresponde a 8% do mercado de combustível.

De acordo com o American Petroleum Institute, os Estados Unidos consomem quase 25 vezes mais gasolina que o Brasil, o que faz com que a troca de um combustível pelo outro seja quase impossível a curto prazo, principalmente se considerarmos a vontade de políticos americanos de não depender da produção externa de milho ou cana-de-açúcar para a produção de etanol.

A diferença entre a produção de etanol no Brasil e nos EUA é que lá ele é produzido do milho, muitas vezes, transgênico, por ser mais resistente a pragas e a pesticidas. No Brasil, o etanol é 100% de cana-de-açúcar, e na Europa ele vem da fermentação de beterraba. E a cana é disparada a mais barata.

O valor atual para produção de álcool é de US\$ 0,22 por litro quando a matéria-prima é cana-de-açúcar, US\$ 0,30/l, quando é milho, e US\$ 0,53/l quando se usa beterraba. Baseado nesses valores, dá para afirmar que o álcool produzido no Brasil é o mais apropriado para o consumidor.

O álcool no Brasil é usado também como aditivo à gasolina na porcentagem de 20% a 25%, por força de lei. Nesse caso é o álcool anidro (sem água), de especificação mínima 99,3° INPM (por peso), enquanto o álcool fornecido nos postos é o hidratado, de 92,6° a 93,8° INPM. Dos 25 bilhões de litros de gasolina consumidos anualmente, cerca de 6 bilhões de litros são de álcool anidro. Nos Estados Unidos tal mistura, mas a 10%, é disponível em alguns estados e se chama gasohol.

### 3.3 Produção brasileira de cana-de-açúcar

O etanol é produzido no Brasil essencialmente nas regiões sudoeste e nordeste do Brasil. O Brasil tem uma área total de 851 milhões de hectares, sendo que, somente em 6 milhões de hectares, está concentrado o cultivo de cana-de-açúcar. A plantação de milho e soja ocupa atualmente 34 milhões de hectares e pecuária, outros 220 milhões. Os planos governamentais para os próximos cinco anos são de aumentar em 50% a área de plantio, substituindo os pastos por cana.

Em termos de renda, a atividade poderia envolver a quantia de US\$ 30 bilhões anuais e a geração de 5 milhões de empregos. A Amazônia Legal tem começado a ampliar seu cultivo com cerca de 300 mil hectares cultivados em 2007.

Pesquisadores do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Universidade de Campinas (Unicamp) estimam que o Brasil deveria aumentar em doze vezes sua produção para substituir 10% do consumo mundial atual de gasolina. Em 2006, foi estimado que, no plantio de cana-de-açúcar, estão envolvidos cerca de 70 mil produtores ligados a mais de 370 mil destilarias. Outro 1 milhão de pessoas estão envolvidas no processo de produção de etanol.

Assim, é necessário casar produção com consumo cuja previsão é de aumento explosivo. Segundo projeção divulgada pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), até 2013, o número de veículos movidos a álcool e gasolina (os chamados flex) em circulação crescerá em 500%. A frota atual, segundo a Anfavea, alcança 6,5 milhões de unidades que circulam com as mais diferentes misturas de gasolina e etanol.

Nos últimos dez anos, a produção canavieira no Brasil cresceu significativamente, passando de 90 milhões de toneladas em 1975 para mais de 400 milhões em 2006. Com relação ao etanol, passou-se de 500 milhões de litros para mais de 17 bilhões de litros. Também a produtividade de álcool melhorou. Saiu-se de 3 mil por hectare para 7 mil litros por hectare e o processo de fermentação gira hoje em torno de 15 horas, dependendo exclusivamente da linhagem de levedura utilizada.

### 4. Vantagens e aplicações

A necessidade de mudanças na indústria de energia não é mais discutida. Além do perigo da completa dependência do petróleo importado, quando a política global passa pelo seu período mais volátil durante décadas e com a queima de milhões de litros de combustíveis fósseis (gases do efeito estufa) o impacto ambiental tem sido mais rápido do que se pensa, e isso pesa no consciente coletivo. Qual seria a solução?

Alguns afirmam que poderia ser o hidrogênio, uma alternativa brilhante, mas que, nos últimos tempos, suscita questões complexas sobre segurança. Outros apontam como soluções potenciais os recursos naturais, como a luz do sol e o vento. Mas, de longe, o ápice do momento em energia renovável é o etanol e os EUA parece estar se beneficiando bastante.

Como discordar do argumento que é possível abastecer os carros com bastante milho? Aparentemente, é possível discordar sim e é o que muitas pessoas têm feito.

#### 4.1 O que compõe o etanol e como ele é fabricado.

No Brasil, o etanol é feito principalmente da cana-de-açúcar, mas também pode ser produzido a partir de grãos - como trigo, cevada e milho (caso dos EUA). Até mesmo batatas podem servir de matéria-prima. Na categoria de combustível há algumas maneiras de fazer o etanol por meio do **método de moagem seca**, que funciona mais ou menos assim:

1. O milho (ou outro grão) passa por uma moagem e sai em forma de pó;
2. Uma mistura feita com o pó desse grão, água e enzima entra em um forno de

aquecimento alto, onde ela é liquefeita. A enzima ajuda a quebrar o composto do grão para ajudar no processo de liquefação;

3. A mistura liquefeita é resfriada e recebe outra enzima. Esta enzima converte o amido em açúcares que podem ser fermentados para fabricar álcool;

4. A levedura é acrescentada à mistura de açúcar para iniciar o processo de fermentação. Os açúcares são quebrados em etanol e em dióxido de carbono;

5. A mistura fermentada é destilada. O etanol é separado dos sólidos;

6. Um processo de desidratação remove a água do etanol separado;

7. Uma pequena quantidade de gasolina é adicionada ao etanol para que ele não possa ser ingerido. Todo etanol usado como combustível não deve ser ingerido.

Os subprodutos desse processo, incluindo o grão do destilador e o dióxido de carbono, são úteis na indústria de agricultura e de criação de animais, e podem ser vendidos pela fábrica que produz o etanol para diversas finalidades.

Atualmente, como um aditivo de combustível de baixa porcentagem, as vantagens do etanol são muitas. Adicionado em pequenas quantidades (geralmente uma parte de etanol para nove partes de gasolina) à gasolina que abastece os carros, o etanol reduz as emissões do efeito estufa, como monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio. Como o etanol contém muito oxigênio na sua estrutura química, ele queima de forma bastante limpa.

O acréscimo de etanol à mistura do combustível também diminui a quantidade de gasolina que consome-se ao dirigir. Todo carro funciona com essa mistura de etanol 10 para 90 (chamada E10). A mistura de etanol 85 para 15 (chamada E85), que abastece somente "veículos com combustível flexível" (FFVs - flexible fuel vehicles) especiais, queima de maneira ainda mais limpa, reduz a liberação de gases prejudiciais na atmosfera que podem causar poluição do ar, da água, além do aquecimento global e da névoa seca. Mas apenas uma quantidade relativa de veículos funcionam com essa mistura e, em geral, ela não está disponível nos postos de gasolina.

O site [ethanol.org](http://ethanol.org) relata que as estatísticas do Argonne National Laboratory mostram uma diminuição de cerca de 7 toneladas nas emissões de gases do efeito estufa, resultante do uso do combustível etanol, somente em 2004. Mas, de acordo com muitos especialistas em agricultura, fazer com que o etanol seja o principal produto da indústria de combustível.

O problema relacionado ao uso do etanol como combustível em larga escala acarreta duas questões relacionadas:

- não há tanta energia no etanol quanto há na gasolina;
- para criar quantidades significativas de energia a partir de grãos, o espaço de terra disponível para o cultivo de alimentos comestíveis se esgotaria.

Embora a maioria dos especialistas concorde com essas duas questões, em termos de intensidade eles tendem a discordar. David Pimental, professor de agricultura da Cornell University, estima alguns panoramas bastante perturbadores.

De acordo com David Pimental, é necessário mais energia para produzir uma determinada quantidade de etanol do que a energia disponível que há nele. Segundo seus cálculos, produzir milho e processá-lo em 3,78 litros de etanol requer 131 mil BTUs de energia, mas 3,78 litros de etanol contém apenas 77 mil BTUs. Portanto, produzir etanol realmente cria uma perda de energia líquida.

Para plantar os fazendeiros acabam usando equipamentos abastecidos por combustível fóssil, colher o milho e se manter utilizando um maquinário a base deste mesmo combustível para processar o milho em etanol e, em seguida, transportar esse etanol para pontos de coleta (o etanol não pode ser transportado em tubulações subterrâneas porque ele capta impurezas que podem ser prejudiciais), na verdade, a indústria do etanol está queimando grandes quantidades de gasolina para produzi-lo e o etanol contém muito menos energia do que consome a gasolina.

Mas nem todos os cientistas concordam com a análise de Pimental sobre a eficiência da energia. O Dr. Michael Wang, do Argonne National Laboratory, acha que são necessários 0,74 milhões de BTUs de combustíveis fósseis para que sejam obtidos 1 milhão de BTUs de etanol para ser comercializado. Isso significaria um ganho líquido em energia e não uma perda.

Além da eficiência da energia, as pessoas que trabalham na área de Pimental, não consideram o milho como uma fonte de energia realmente renovável. Pimental estima que abastecer um carro durante um ano usando etanol exigiria 0,045 km<sup>2</sup> de milho. Como as plantações de milho nos Estados Unidos demoram um certo período para aflorarem devido a erosão do solo e à problemas de irrigação, essa extensão não serviria para a plantação de milho e nem de outros grãos durante um tempo, não garantindo a fabricação de etanol.

Para sustentar uma indústria de combustível a base de etanol, cada vez mais as terras teriam de ser destinadas somente para o milho.

O resultado final poderia ser uma diminuição nos alimentos cultivados domesticamente e preços mais elevados nos supermercados de todos os tipos de produtos.

Uma possível resposta para algumas pessoas, em relação a natureza inviável do etanol a base de grãos como combustível principal, é algo chamado **etanol celulósico**.

O etanol celulósico é feito a partir de produtos não comestíveis, como espigas de milho, lascas de madeira e grama. Se essa pequena parcela da indústria do etanol se desenvolver em um produtor grande o bastante, o etanol celulósico poderia se mostrar um meio-termo viável e de baixo custo na disputa entre o etanol e a gasolina.

Há dois principais processos para produzi-lo. Em uma deles a celulose é submetida ao processo de hidrólise enzimática, utilizando várias enzimas, como a celulase, a celobiase e a  $\beta$ -glicosidase. O outro processo, que é utilizado com menos frequência, é composto pela execução sucessiva das três seguintes fases: gasificação, fermentação e destilação.

Uma hidrólise enzimática consiste em uma reação química catalizada por uma enzima (uma hidrolase) que utiliza água (H<sub>2</sub>O) para quebrar uma molécula em duas outras moléculas. Um dos produtos da reação catalizada receberá um grupo OH<sup>-</sup> e, o outro produto, um próton de hidrogênio que serão incorporados à suas estruturas químicas.

## 4.2 Produção de Bebida

Bebida alcoólica é toda a bebida que contenha álcool etílico ou etanol.

Todas as civilizações conhecem a produção de álcool. No entanto, existe uma grande diversidade de atitudes diante das bebidas alcoólicas. Se para algumas as bebidas alcoólicas fazem parte do dia a dia (para o bem e para o mal) e das principais comemorações (além de constituírem importante fonte de renda), em outras, notadamente as civilizações que seguem a religião islâmica, as bebidas alcoólicas são estritamente proibidas.

A palavra álcool deriva do arábico 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.

Existem basicamente 3 processos utilizados para a fabricação do etanol: a fermentação de carboidratos, a hidratação do etileno, e a redução do acetaldeído (normalmente preparado pela hidratação do acetileno). Antes de 1930, o etanol era preparado somente por fermentação, mas, hoje, estima-se que cerca de 80% do etanol produzido nos EUA seja através da hidratação do etileno.

O etanol é produzido desde a antiguidade pela fermentação de açúcares. Todas as bebidas

alcoólicas e mais da metade do etanol industrial ainda é feito por este processo. Uma enzima, a zimase, é responsável pela conversão dos açúcares em álcool e gás carbônico.

Na produção de bebidas, tal como whiskey e vodka, as impurezas é que dão o sabor diferencial. Substratos de batatas, milho, trigo e outras plantas podem ser usados na produção do etanol por fermentação. Uma enzima, a diastase (ou maltase), converte o amido em açúcares e, então, a zimase converte-os em álcool.

O etanol produzido por fermentação chega no máximo a 14% na solução: acima desta concentração, o etanol destrói a enzima zimase e a fermentação pára. O etanol pode ser concentrado por destilação, mas ocorre a formação de um azeótomo (mistura de ponto de ebulição constante) a 96% de etanol em água. Portanto, o etanol puro não pode ser obtido por destilação. A indústria utiliza agentes desidratantes ou prepara o etanol sinteticamente, a partir de acetaldeído, que é feito através do acetileno.

Quando uma bebida alcoólica é ingerida, o etanol é absorvido no intestino delgado e distribuído pelo corpo - sendo que mais etanol é encontrado no sangue e no cérebro do que nos músculos e tecidos adiposos.

O etanol é uma substância tóxica, e o organismo inicia o processo de excreção desta substância tão logo ela é consumida. Cerca de 90% é processado no fígado - a enzima álcool desidrogenase converte etanol em acetaldeído, que também é uma substância tóxica (responsável pela enxaqueca!). O aldeído é convertido a acetato, pela enzima aldeído desidrogenase.

A fermentação é um processo de obtenção de energia utilizado por algumas bactérias e outros organismos. Ele ocorre com a quebra da glicose em piruvato, que depois é transformado em algum outro produto, como o álcool etílico e lactato, definindo fermentação alcoólica e láctica. Este tipo de obtenção de energia não necessita do oxigênio como acceptor final de elétrons, por isso é chamado de respiração anaeróbica. Porém, ele é 12 vezes menos eficiente em termos de energia, gerando apenas 2ATPs por molécula de glicose.

Organismos superiores, como os humanos, são capazes de realizar fermentação láctea em condições anaeróbicas locais (falta de oxigênio nos músculos por exemplo) para manter o metabolismo por curtos períodos. Antigamente usava-se bactérias para a fermentação de bebidas. Hoje existem fermentos artificiais. O fermento incha a massa porque a reação da quebra libera CO<sub>2</sub>.

Na fermentação alcoólica, o ácido pirúvico (3C) é descarboxilado e, assim, liberta CO<sub>2</sub> e origina uma molécula de etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Essa redução deve-se à transferência de um H do NADH, formado durante a glicólise, que passa à sua forma oxidada (NAD<sup>+</sup>), podendo ser novamente reduzido. O rendimento energético final é de 2 ATP, formados durante a glicólise, ficando grande parte da energia da glicose armazenada no etanol.

A levedura e outros microorganismos fermentam a glicose em etanol e CO<sub>2</sub>. A glicose é convertida em piruvato pela glicólise e o piruvato é convertido em etanol e CO<sub>2</sub> em um processo de dois passos:

No primeiro passo, o piruvato sofre a descarboxilação em uma reação irreversível catalisada pela piruvato descarboxilase. Esta reação é uma descarboxilação simples e não envolve a oxidação do piruvato. A piruvato descarboxilase requer Mg<sup>2+</sup> e tem uma coenzima firmemente ligada, a tiamina pirofosfato.

No segundo passo, através da ação da álcool desidrogenase, o acetaldeído é reduzido a etanol, com a NADH, derivado da atividade da gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, fornecendo o poder redutor. A equação geral da fermentação alcoólica é:



A piruvato descarboxilase está caracteristicamente presente nas leveduras de cervejaria e padaria e em todos os outros organismos que promovem a fermentação alcoólica, incluindo algumas plantas. O CO<sub>2</sub> produzido na descarboxilação do piruvato pelas leveduras de cervejaria é o responsável pela carbonatação característica do champagne.

A álcool desidrogenase está presente em muitos organismos que metabolizam o álcool, incluindo o homem. No fígado humano ela cataliza a oxidação do etanol, quer ele seja ingerido quer ele seja produzido por microorganismos intestinais, com a concomitante redução do NAD<sup>+</sup> para NADH.

A reação da piruvato descarboxilase na fermentação alcoólica é dependente de tiamina pirofosfato (TPP), uma coenzima derivada da vitamina B1. A ausência desta vitamina na dieta humana leva a uma condição conhecida como beribéri, caracterizada por acúmulo de fluidos corporais (inchaço), dores, paralisias e, em última instância, morte. A tiamina pirofosfato desempenha um importante papel na clivagem de ligações adjacentes a um grupo carbonila (como ocorre na descarboxilação dos acetácidos) e nos rearranjos químicos envolvendo a transferência de um grupo aldeído ativado de um átomo de carbono para outro.

A parte funcional da tiamina pirofosfato é o anel tiazol. O próton em C-2 do anel é relativamente ácido e a perda deste próton ácido produz um carbânion que é a espécie ativa nas reações dependentes de TPP. Este carbânion facilmente adiciona-se a grupos carbonila e o anel tiazol é assim posicionado para agir como um *escoadouro de elétrons*, que facilita fortemente as reações, como esta, de descarboxilação catalizada pelo piruvato descarboxilase.

No processo de fermentação do pão geram-se álcool etílico e ácido piruvico.

#### 4.2.1. Toxicocinética

Quatro aspectos essenciais devem ser considerados no estudo da toxicocinética do álcool: absorção, distribuição, metabolismo e eliminação. O etanol é absorvido rapidamente a partir do estômago e intestino e é igualmente distribuído por todo o organismo por difusão simples do sangue nos tecidos.

O metabolismo ocorre essencialmente no fígado, por três enzimas: a álcool desidrogenase (ADH) que catalisa a oxidação a acetaldeído; a CYP2E1, principal componente do sistema microsomal hepático de oxidação do etanol (MEOS); e a catalase, localizada nos peroxissomas dos hepatócitos, responsável por apenas cerca de 10% do metabolismo do álcool. Existe ainda outra via de metabolização do etanol – via não oxidativa- que envolve a esterificação do etanol com ácidos gordos (ácidos graxos) o que conduz à formação de ésteres etílicos de ácidos gordos (FAEE).

A produção de acetaldeído é a principal consequência metabólica via ADH, uma vez que este e outros aldeídos são capazes de formar aductos estáveis com proteínas e podem ainda conduzir a respostas pró-inflamatórias e pró-fibrogénicas, que parecem contribuir para a progressão da lesão hepática. Quanto à eliminação, o etanol é um composto cuja eliminação segue uma cinética de ordem zero.

#### 4.2.2. Efeitos

O abuso deste composto é a principal causa de morbidade e mortalidade da humanidade. Afeta muitos sistemas de órgãos, causando tanto efeitos agudos como crónicos.

Sendo um depressor do SNC (ação direta), o etanol diminui a sua atividade: facilita a ação do maior neurotransmissor depressor no cérebro (GABA) e inibe a ação do maior neurotransmissor excitatório do cérebro (glutamato). Atuando especificamente sobre estes receptores, o etanol abrandando o funcionamento do sistema nervoso.

De todos os sistemas do corpo, o sistema cardiovascular é aquele em que o etanol pode ter simultaneamente efeitos positivos e negativos.

No fígado, o excesso de etanol conduz a três diferentes desordens patológicas: fígado gordo (esteatose hepática), hepatite alcoólica e cirrose.

O consumo excessivo de álcool é a principal causa da pancreatite crônica. Contudo, os mecanismos pelos quais o etanol a causa ou sensibiliza o pâncreas para ser alvo de dano por outros factores não são conhecidos.

O álcool etílico consegue ainda perturbar os numerosos processos regulatórios que permitem aos rins funcionarem de forma normal - altera a estrutura e a função renal, assim como anula a sua capacidade em manter a composição de fluidos e electrólitos no corpo.

O etanol pode, em parte, contribuir para a supressão da actividade reprodutora dos machos, por atrofia testicular, disfunção dos órgãos reprodutores acessórios, supressão da espermatogénese e infertilidade.

Curiosamente, estudos recentes demonstraram que uma baixa concentração de etanol parece ter efeito terapêutico no tratamento de carcinoma hepatocelular humano por indução à apoptose das células HepG2.

## **5. Matéria-prima utilizada.**

Qualquer produto que tenha açúcar ou outro carboidrato constitui-se em matéria-prima para obtenção de etanol. A transformação do açúcar em etanol e CO<sub>2</sub> envolve 12 reações ordenadas, cada qual com uma enzima específica. Essas enzimas, referidas como glicolíticas, sofrem ações de diversos fatores (nutrientes, minerais, vitaminas, inibidores, substâncias do próprio metabolismo, pH, temperaturas e outros), alguns que estimulam e outros que reprimem a ação enzimática, afetando o desempenho do processo fermentativo.

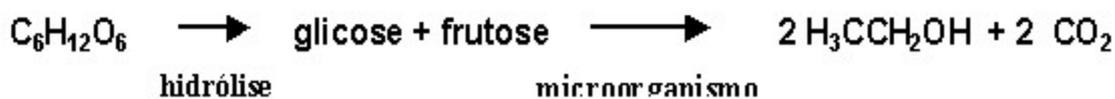
Bioetanol é o gênero que compreende todos os processos de obtenção de etanol cuja matéria-prima empregada seja a biomassa, como por exemplo a cana-de-açúcar, o milho e a celulose. É um tipo de biocombustível.

No Brasil ele é produzido em grande escala utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar, há também a produção em outros países como os EUA e a França que utilizam o milho e a beterraba respectivamente .

Entretanto o processo brasileiro é o mais avançado pois para cada unidade de energia utilizada no processo é gerado cerca de 8 unidades de energia na forma de etanol enquanto no processo americano essa relação é de cerca de 1 para 1,3 atualmente . O processo francês alcança a marca de 1 para 1,5 . Além disso no processo brasileiro começa a tornar-se cada vez mais comum a utilização do bagaço da cana , sobra do processo , para a geração de eletricidade elétrica.

### **5.1 Processo de obtenção com a cana-de-açúcar**

**a)** No Brasil, o processo mais utilizado para a produção do etanol é a partir da fermentação alcoólica de cana de açúcar. É um processo exotérmico de transformação química de açúcares (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) em etanol (H<sub>3</sub>CCH<sub>2</sub>OH) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo realizada por microorganismos (levedura vulgarmente conhecida como fermento de pão).



Cana-de-açúcar (1 tonelada) → Etanol (70 litros)

Na tabela 4, apresenta-se as etapas da fermentação :

Fases	Descrição
Inicial	Momento de contato da levedura com a glicose
Intermediária	As leveduras começam a se alimentar da glicose e a eliminar etanol e CO <sub>2</sub> , ocasionando sua multiplicação
Tumultuosa	Em decorrência da intensa liberação de CO <sub>2</sub> , tem-se a impressão que a mistura está fervendo
Final	Quando a quantidade de álcool atinge 15% do volume total, a levedura morre intoxicada com o álcool e, conseqüentemente, cessa a produção de etanol

Tabela 4 – Fases do processo de fermentação

Para separação do etanol, recorre-se a um procedimento simples procedendo a destilação, que pode ser simples e fracionada.

Questão da concentração do etanol nas bebidas :

A concentração de etanol nas bebidas é determinada através da densidade da solução e que é expressa normalmente pela escala centesimal Gay Lussac (°GL) , a qual indica a percentagem em volume de etanol presente em uma solução

Na tabela 5, pode-se observar propriedades das bebidas alcoolicas

		Teor alcoólico % volume	Matéria-prima	Observações
<b>Bebidas não destiladas</b>	Cerveja	4	Cevada	Sabor e aroma devem-se as folhas de lípulo
	vinho	11	Uva	As variedades dos vinhos devem-se aos diferentes tipos de uvas
<b>Bebidas destiladas</b>	Cachaça	38- 40	Cana de açúcar	Bebida popular amplamente conhecida
	uisque	43	cevada ou milho	A cor é devida ao envelhecimento em barris de carvalho

Tabela 5 - Propriedades das bebidas alcoolicas

**Funcionamento do bafômetro :**

O equipamento popularmente conhecido como bafômetro (do inglês "breath alcohol analyzer") permite determinar a quantidade de álcool no sangue, ingerido na forma de etanol em bebidas alcóolicas, através do ar expirado por uma pessoa. Esta determinação baseia-se no princípio de que o álcool contido no sangue está em equilíbrio com o álcool contido no

ar dos pulmões.

Este dispositivo contém uma solução aquosa de dicromato de potássio em meio ácido, que apresenta uma coloração alaranjada. Esta coloração ao entrar em contato com o álcool presente no ar expirado pelo motorista embriagado torna-se verde azulada. Isto deve-se a redução do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}$ ) a cromo (III) ou a cromo (II) e a oxidação do etanol ao ácido acético.

## b) Obtenção do etanol – Destilação fracionada

Etanol é obtido a partir da cana-de-açúcar, por fermentação anaeróbica (ausência de oxigênio) da sacarose, contida no caldo-de-cana. A primeira fase desse processo envolve a hidrólise da sacarose.

Sacarose + água glicose + frutose

A segunda fase é a fermentação. O produto dessa fermentação (mosto fermentado), além do álcool, contém água e muitas outras substâncias. O álcool é separado dos demais componentes por **destilação fracionada**, processo que se baseia nas diferenças de volatilidade dos líquidos (diferenças de temperaturas de ebulição).

Esse álcool, porém, contém 4% de água, que não pode ser separada por destilação. Isso porque a mistura água e álcool, chamada azeotrópica, possui temperatura de ebulição característica. Para obter álcool anidro, a mistura é tratada com cal virgem ( $\text{CaO}$ ), que reage com a água, formando hidróxido de cálcio, que apresenta baixa solubilidade tanto na água como no álcool.

Óxido de cálcio + água hidróxido de cálcio

A mistura heterogênea resultante, sendo destilada fornece o álcool anidro. O resíduo da destilação é a cal. Um outro exemplo de destilação fracionada é a que se faz com o petróleo, na separação de suas diferentes frações.

## Conclusões e recomendações

O etanol se tornou uma molécula estratégica para a economia brasileira visando uma importante alternativa energética. O Brasil tem tradição e conhecimento na produção deste biocombustível para a substituição gradativa do petróleo. Diversas abordagens e investimentos têm sido adotados para o barateamento de sua produção.

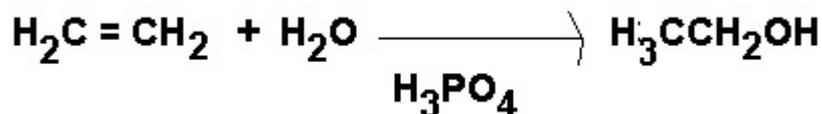
Para obter mais informações sobre o etanol e outras opções de energia renovável, confira os seguintes links:

- Como funciona a economia de hidrogênio  
<http://ambiente.hsw.uol.com.br/economia-de-hidrogenio.htm>
- Como funciona o biodiesel  
<http://ambiente.hsw.uol.com.br/biodiesel.htm>
- Como funciona a energia eólica –  
<http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-eolica.htm>
- Como funcionam as células solares  
<http://ambiente.hsw.uol.com.br/celulas-solares.htm>

O álcool adicionado a gasolina é o etanol. Algumas vezes, o metanol é ingerido por equívoco ou intencionalmente como um substituto do etanol. Sua presença no sangue e nos líquidos corporais pode causar alteração eletrolítica e alteração na osmolalidade, o que leva ao aparecimento de sintomas tóxicos (Sangramento excessivo, desmaio ou sensação de vertigem, hematomas, infecção, etc..) e ainda o mais preocupante é o fato de que o metanol se metaboliza em formaldeído, um composto químico altamente

tóxico, que pode lesionar o nervo ótico (causando cegueira), o fígado e os rins, o que representa risco potencial de morte.

De um modo geral, álcoois podem ser produzidos a partir do respectivo alqueno, através de uma reação de hidratação, utilizando ácido fosfórico como catalisador:



## Referências

HSW. Como funciona o programa de álcool no Brasil. Disponível em:

<<http://carros.hsw.uol.com.br/programa-alcool-brasil1.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2007

LAYTON, Julia. traduzido por HowStuffWorks Brasil. Como funciona o etanol

Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/etanol-ambiente.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2007

AMBIENTE BRASIL. Etanol. Disponível em:

<<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/etanol.html>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

Revista Eletronica do departamento de quimica da UFSC. Etanol. Disponível em:

<<http://gmc.ufsc.br/gmcweb/artigos/etanol.html>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

WIKIPEDIA. Etanol. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Etanol>>. Acesso em: 12 nov. 2007.

WIKIPEDIA. Bebida Alcoólica. Disponível em:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Bebida\\_alco%C3%B3lica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bebida_alco%C3%B3lica) . Acesso em: 12 nov. 2007.

WIKIPEDIA. Etanol Celulósico. Disponível em:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_Celul%C3%B3sico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Etanol_Celul%C3%B3sico) . Acesso em: 10 nov. 2007

WIKIPEDIA. Hidrólise enzimática. Disponível em:

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3lise\\_enzim%C3%A1tica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3lise_enzim%C3%A1tica)>. Acesso em: 10. nov. 2007

WIKIPEDIA. Bioetanol. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bioetanol>>. Acesso em: 12 nov. 2007.

UEPG. Disponível em:

<<http://www.tibagi.uepg.br/pex/conexasp/trabalhos/6948/relat%C3%B3rio%20conex.doc>>. Acesso em: 18 nov. 2007.

FURG. Embalagens. Disponível em:

<<http://www.furg.br/portaldeembalagens/quatro/bebidas.html>>. Acesso em: 18 nov. 2007

USP. Transformações químicas. Disponível em:

<[http://naeg.prg.usp.br/puni/modulos/quimica\\_modulo1.pdf](http://naeg.prg.usp.br/puni/modulos/quimica_modulo1.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2007

ETHANOL.ORG. Disponível em: <<http://www.ethanol.org/>>. Acesso em: 01 dez. 2007

NREL. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/>>. Acesso em: 01 dez. 2007

## Anexos

Anexo 1 - Complemento de Informações

<http://www.biotechbrasil.bio.br/2007/04/03/alcool-de-celulose/>  
<http://ethanolbrasil.blogspot.com/2007/03/ethanol-republicano-quer-debate-no.html>  
[www.chemkeys.com/bra/md/eddns\\_2/sdub\\_2/sdub\\_2.htm](http://www.chemkeys.com/bra/md/eddns_2/sdub_2/sdub_2.htm)  
<http://www.inovacao.unicamp.br/report/leituras/index.php?cod=44>  
<http://www.reporterbrasil.com.br/exibe.php?id=1116>  
<http://www.jornalcana.com.br/pdf/167/%5Cadmleg.pdf>  
<http://www.confagri.pt/NR/exeres/F4CDBD73-A50C-4B89-8601-713DD7522D57.htm>  
<http://www.brasildefato.com.br/v01/agencia/nacional/as-contradicoes-do-biocombustivel>

## Anexo 2 – Leitura Complementar

Porque é aplicada uma injeção de GLICOSE em pessoas embriagadas ?

O etanol ou álcool etílico, o principal componente das bebidas alcoólicas, é absorvido a partir do intestino delgado e transportado diretamente para o fígado, onde é metabolizado por reações de oxidação que interferem na síntese de glicose pela gliconeogênese (o ciclo metabólico de conversão para glicose no organismo, que a usa como fonte de energia).

A ingestão excessiva de etanol desvia os intermediários da gliconeogênese para rotas alternativas de reação, resultando em síntese diminuída de glicose. Isso acarreta hipoglicemia (queda da taxa de açúcar no sangue). A hipoglicemia pode produzir muitos dos comportamentos associados à intoxicação alcoólica – agitação, julgamento diminuído, etc...

Em um curto período (8 a 12 horas) após a ingestão de grande quantidade de álcool pode ocorrer a ressaca, que se caracteriza por dor de cabeça, náusea, tremores e vômitos. Isso ocorre porque o metabolismo do álcool etílico gera, em uma de suas etapas, o aldeído acético que quando se acumula no organismo, é o responsável por sensações de desconforto.

A concentração de álcool no sangue depende de fatores como o volume consumido em um determinado tempo, a massa corporal, o metabolismo de quem bebe e a quantidade de comida no estômago. Quando o álcool já está no sangue, não há comida ou bebida que interfira em seus efeitos. Os sintomas que se observam são mostrados a seguir e a quantidade ingerida é diferente na mulher por conta da absorção maior e da quantidade de gordura corporal, proporcionalmente maior que no homem, o que aumenta a biodisponibilidade do álcool:

Tabela 3 – Efeitos do álcool em um indivíduo, em função da concentração no sangue

<b>Concentração de álcool no sangue(g/l)</b>	<b>Efeito</b>
Até 0,16	Nenhum efeito aparente
0,200 a 0,30	Falsa estimativa de distância e de velocidade
0,30 a 0,50	Começo de risco de acidente
0,50 a 0,80	Euforia do condutor, risco de acidente
multiplicado	por quatro
1,50 a 3,00	Visão dupla, condução perigosíssima
3,00 a 5,00	Embriaguez profunda, condução impossível
Mais que 5,00	Coma, podendo levar a morte

Jornal Zero Hora, agosto 2000

Artigo assinado pela professora da UNISINOS Valquiria do Amaral(especialista em enfermagem médico- cirúrgica e enfermeira da Unidade de Tratamento Intensivo de Trauma do Hospital de Pronto Socorro de Porto Alegre, RS).

### Nome do técnico responsável

Eduardo Matos

### Nome da Instituição do SBRT responsável

CDT/UnB

## Data de finalização

14 dez. 2007.