

ETANOL DE BETERRABA

MARTINS, Rhodiney Vaz¹

Resumo

O etanol é conhecido há muito tempo, sendo, talvez, o mais antigo produto obtido pela biotecnologia tradicional. Em suas aplicações incluem-se o álcool potável, químico e combustível. De fato, carros abastecidos com etanol foram planejados a décadas, entretanto, no século 20, os combustíveis derivados de petróleo, chamados "combustíveis fósseis", apareceram e rapidamente dominaram o mercado. O etanol atualmente tem sido considerado como um combustível viável, antigamente ele não era considerado viável pelo baixo preço da gasolina. Com o passar dos anos e principalmente com a crise do petróleo de 1970, o etanol começou a ganhar espaço no cenário mundial, como um combustível alternativo a gasolina. O presente artigo traça a trajetória deste importante produto, destacando a importância da beterraba, para a produção desta, pois esta contém uma quantidade considerável de carboidratos – açúcares, para a produção de álcool, também possui um volume de produção, rendimento e custo significativos, o que gera um produto viável para a produção do etanol.

Palavras chave: Etanol – Beterraba – Biomassa – Biocombustíveis.

Abstract

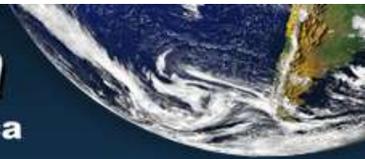
Ethanol is known for a long time, and perhaps the oldest product obtained by traditional biotechnology. In their applications include potable alcohol, chemicals and fuel. Indeed, cars fueled with ethanol were designed decades, however, in the 20th century, petroleum-based fuels, called "fossil fuels", appeared and quickly dominated the market. Ethanol has currently been considered as a viable fuel, formerly it was not considered feasible by the low price of gasoline. Over the years, particularly with the 1970 oil crisis, ethanol began to gain ground on the world stage as an alternative fuel to gasoline. This article traces the history of this important product, highlighting the importance of beet for the production of this, as it contains a considerable amount of carbohydrates - sugars for the production of alcohol, also has a volume of production, income and significant cost, which causes a viable product for the production of ethanol.

Keywords: Ethanol - Beet - Biomass - Biofuels.

INTRODUÇÃO: O FIM DA ERA DO PETRÓLEO FÁCIL

O petróleo trouxe evolução a humanidade, desde a antiguidade, e atualmente a principal fonte energia usado no planeta. Na matriz energética mundial o petróleo e seus derivados respondem por 85% da energia consumida mundialmente, o que causa uma grande dependência ao petróleo. O petróleo se apresenta ao cenário mundial como um item econômico e estratégico.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC. E-mail: rvmvaz@hotmail.com

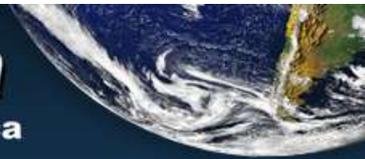


Econômico como matéria prima indispensável ao setor industrial, gerando assim recursos ao mercado de capitais, cujo principal objetivo é o lucro. No setor estratégico o petróleo é um recurso não renovável, tem em poucas partes do planeta, sendo considerado um item de segurança nacional de todos os Estados. A valorização do petróleo traz implicações no cenário geopolítico internacional, que podem causar conflitos interestatais, para ter acesso direto às reservas de petróleo (FUSER,2013)

As várias teorias do pico da produção do petróleo, a que ficou mais famosa foi a de Hubbert, 1974. O declínio da produção nos poços que são explorados atualmente e com a queda nos ritmos das descobertas, que tem sido confirmados nos relatórios da Agencia Internacional de Energia e demais pesquisas, nos alertam para o pico do petróleo. O mundo hoje conta com 116 campos gigantes de petróleo, cada um deles produz mais de 100 mil barris por dia, na sua maioria apresentam sinais de declínio de produção. Temos também Fatih Birol em entrevista ao jornal The Independent, diz: “O mundo terá de encontrar seis novas Arábias Sauditas para dar conta da demanda esperada até 2030, ou quatro, apenas para atender a demanda atual”. Na sociedade atual temos um consenso que se mantendo o ritmo atual de consumo, que tem hoje um consumo de 90 milhões de barris por dia, e com previsão de 99 milhões de barris ao dia em 2030, o petróleo poderá chegar ao seu fim em torno de 50 anos, como afirma Soetaert e Vandamme, 2007.

Esses relatos com relação ao temido pico do petróleo, e principalmente com relação às crises do petróleo, liderada pela OPEP, onde demonstrou a grande dependência mundial com relação ao petróleo, mostra que a obtenção desse energético esta cada vez mais difícil, seja pelo seu acesso político (guerras) ou pelo acesso físico, como exemplo o petróleo extraído a km de profundidade no mar. Estamos vivendo o fim da era do petróleo fácil, as áreas de fácil acesso, ou seja, onde os custos de produção de petróleo são baixos, praticamente já estão todas mapeadas, restando nos dias atuais a exploração muito mais arriscadas, a exploração em alto mar, locais perigosos, e ambientalmente sensíveis, como por exemplo as explorações no Ártico, no Alaska (FUSER, 2013).Temos que lembrar que o petróleo não precisa ser totalmente esgotado, mas simplesmente começar a decair a sua produção, para que se tenha uma crise mundial tanto energética como econômica mundial sem precedente.

Portanto, temos que encontrar fontes alternativas ao petróleo, uma fonte primaria de energia que possa fazer frente ao petróleo. Essa nova busca por alternativas marcaram as mudanças na matriz energética mundial, onde podemos destacar a energia nuclear, hidrelétrica, lenha e carvão vegetal, derivados de cana-de-açúcar e biocombustíveis. As energias alternativas se pode dizer que a sua maioria são renováveis, mas temos que tomar cuidado com a ideia de renovável, que não



significa totalmente limpa, todos os tipos de energia tem seu impacto considerado, afetando seu entorno social e natural.

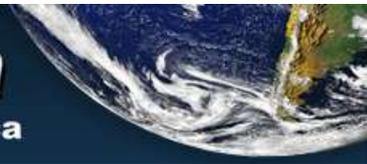
1. ETANOL UMA ALTERNATIVA VIÁVEL

A busca por alternativas ao petróleo tem como estudo a aplicação do etanol, estudo esse que começou com Samuel Morey em 1826, quando ele fez o protótipo do motor de combustão interna nos Estados Unidos, seguido por Henry Ford em 1925, que utilizou o etanol como combustível automotriz (MINTEER, 2006). Na Europa, mais precisamente na Alemanha, o etanol era utilizado para mover locomotivas e os motores de combustão interna alimentados por este eram bastante apreciados, devido ao menor desgaste, menor poluição e por serem mais silenciosos, assim o etanol passou a funcionar como anti-detonante, graças ao nível de octano médio de 99 face aos 88 da gasolina (GNANSOUNOU, 2009), substituindo assim o tóxico tetraetilo de chumbo.

No Brasil o etanol passou ser testado em 1933 no setor de transporte, principalmente após a fundação do Instituto do Açúcar e do Alcool, durante a ditadura militar de Getúlio Vargas (BODDEY *et al.*, 2008). Durante a crise petrolífera em 1973, foi criado um programa nacional para a produção de bioetanol, chamado de Proálcool, com o intuito de alimentar veículos movidos exclusivamente a etanol e ajudar a diminuir a dependência do país de petróleo externo, que nessa época contabilizava 72 % do consumo interno de petróleo (BODDEY *et al.*, 2008). A produção de bioetanol passou de 500.000 l/ano para 3,4x10¹² l/ano, entre 1975 e 1980 (BODDEY *et al.*, 2008), tendo assim um aumento considerável na produção de cana-de-açúcar.

Essa busca tornou o etanol o biocombustível líquido mais produzido atualmente, dado no Brasil e nos E.U.A, tendo vastos programas de subsídios para a produção de etanol, como substituto ou aditivo a gasolina para veículos, assim E.U.A e Brasil produzem 75% do bioetanol no mundo (IEA, 2010). Também temos como destaque a Índia, sendo o segundo maior produtor mundial de cana de açúcar, vem crescendo como produtor de bioetanol. No ano de 2009 chegaram a ser produzidos 1112Kb/d de biocombustíveis, dentre os quais 75% foi de etanol (IEA, 2010). Na tabela abaixo mostra a produção de etanol e biodiesel no mundo.

TABELA 1. Produção de biocombustíveis em 2009 por país (IEA, 2010)

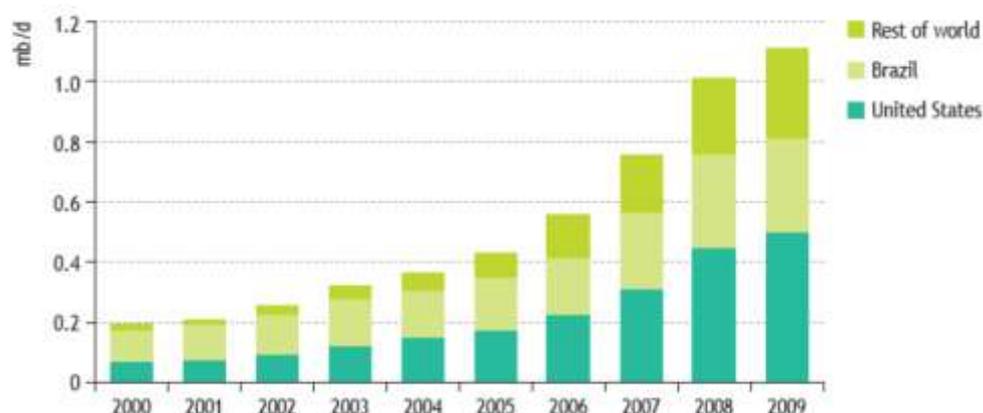


	Ethanol		Biodiesel		Total	
	Mtoe	kb/d	Mtoe	kb/d	Mtoe	kb/d
United States	21.5	470	1.6	33	23.1	503
Brazil	12.8	287	1.2	25	14.1	312
European Union	1.7	38	7.0	140	8.7	178
China	1.1	24	0.3	6	1.4	30
Canada	0.6	13	-	-	0.6	13
India	0.1	3	0.1	2	0.2	5
Other	0.9	20	2.7	51	3.6	72
World	38.7	855	12.9	257	51.6	1 112

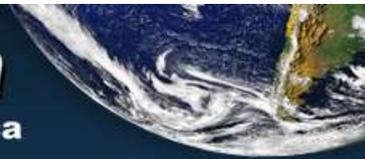
Atualmente, aproximadamente 95% da produção mundial de etanol vêm da cana-de-açúcar e do milho (WALTER e ENSINAS, 2010). Como podemos ver na tabela os Estados Unidos é o maior produtor mundial de etanol com aproximadamente 50 bilhões de litros produzidos na safra 2010/2011 (NASTARI, 2012) basicamente derivado de milho, enquanto o Brasil é o maior produtor no mundo de etanol de cana-de-açúcar com aproximadamente 27 bilhões de litros produzidos na safra 2010/2011, (MDIC, 2012).

A produção tende a crescer nos próximos anos devido ao grande interesse que muitos países passaram a ter pelos biocombustíveis, especialmente por três fatores principais: preocupações ambientais (redução de emissões de gases de efeito estufa e da poluição das grandes cidades), segurança energética (diversificação da matriz energética e redução da dependência em relação aos combustíveis fósseis) e incentivo à agricultura (LEITE, et al. 2009). No gráfico abaixo podemos observar a evolução da produção mundial de biocombustíveis na última década, com destaque para o Brasil e E.U.A.

Gráfico 1. Evolução na produção mundial de biocombustíveis na última década (IEA,2010)



Nos motores a combustão com etanol, motivou a grande expansão do bioetanol produzido a partir da cana de açúcar no Brasil. Nos anos 90, cerca de 4,5 milhões de veículos movidos a 93 %



etanol (7 % gasolina) circulavam no Brasil (DAVIS, 2006). Também na Suécia e Estados Unidos se desenvolveu este tipo de veículos, permitindo ao etanol competir diretamente com a gasolina (GNANSOUNOU, 2009). Outra grande vantagem do etanol é poder ser misturado à gasolina em até 25%, sem que o motor precise sofrer alterações.

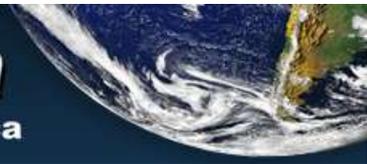
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ETANOL

O homem aprendeu a controlar o processo de fermentação de hidratos de carbono simples, principalmente o açúcar presente na fruta, para produzir bebidas espirituosas. Temos provas de que o álcool é tão antigo como os encontrados na aldeia de Jiahu, na província de Henan na China, mostram assim que o etanol já era obtido, com a fermentação de uma mistura de arroz, fruta e mel (OLAH *et al.*, 2010), há cerca de 9000 anos atrás. A sua composição química é C_2H_5OH , onde é utilizado em produtos de limpeza, bebidas alcoólicas, perfumes, entre outros produtos do nosso dia-a-dia. Entre as principais características destacam-se ser incolor, ponto de fusão aos $-114,3\text{ }^{\circ}C$ e o ponto de ebulição aos $78,4\text{ }^{\circ}C$, a massa volumétrica é de 790 kg/m^3 (mais leve do que a água) e é higroscópico, o que limita a sua exposição a água. É menos tóxico que o metanol (MINTEER, 2006), o que possibilita a sua utilização numa miríade de produtos que entram em contato direto com seres vivos e representa menor perigo em caso de derrame acidental no ambiente.

O álcool tem concentração em misturas combustíveis varia entre 5 % (E5) e 100 % (E100), sendo as mais comuns a E10 (Estados Unidos, Canadá, Austrália, China, entre outros) e a E85 (Canadá, Suécia); no Brasil são comuns a mistura de 24 % etanol e 76 % gasolina e o E100 (GUPTA e DEMIRBAS,2010). Com Concentrações superiores a 10 % implicam alterações no motor Otto, motor utilizado nos carros atualmente, caso contrário anteveem-se perdas de performance e menor rendimento. Podemos obter o etanol em diferentes culturas energéticas, sendo o milho nos E.U.A, e a cana-de-açúcar no Brasil. Em 2003, mais de 60 % do etanol produzido mundialmente teve origem em culturas de açucareiras, maioritariamente cana e beterraba sacarina, e o restante produzido a partir de cereais, com o milho a encabeçar a lista (EL BASSAM,2010).

Na fermentação de açúcares, temos três passos: primeiro: A extração do açúcar sob a forma de solução líquida; Segundo : A fermentação do açúcar por parte das leveduras; e por fim a Destilação do etanol visando a sua purificação, geralmente a 95,5 % (etanol hidratado, com 4,5 % de água) ou 99,6 % (etanol desidratado ou puro, com 0,4 % de água) (DERMIRBAS,2007). Assim



nem todos os autores se referem a estas misturas de etanol com água e impurezas nestas mesmas proporções, assim neste texto aparecerem valores entre 95 % ou 96 % para o etanol hidratado e valores entre 99 % e 100 % para o etanol desidratado. No caso da atividade das leveduras resultam etanol e dióxido de carbono, Figura 1. No segundo pode ser considerado desperdício ou então ser capturado e vendido para gasificação de bebidas ou processos industriais, sendo um co-produto que poderá aumentar a rentabilidade do processo industrial (por exemplo, no processo de soldadura serve de atmosfera protetora para não ocorrer oxidação do metal fundido).

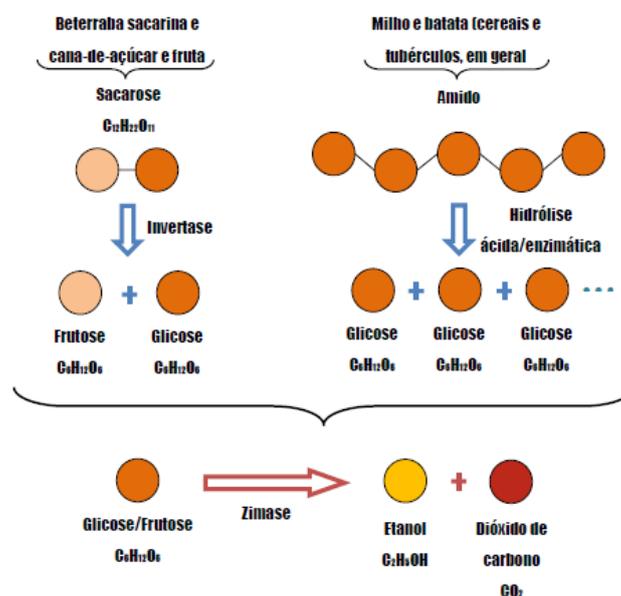
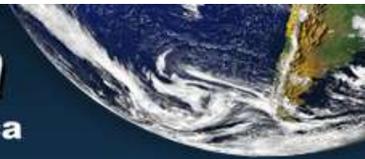


Figura 1. Esquema fermentação (GUPTA e DEMIRBAS, 2010)

A destilação do etanol é um passo comum a todos os processos tecnológicos de conversão de culturas energéticas ou biomassa celulósica em etanol e é também energeticamente voraz (GUPTA e DEMIRBAS,2010). A mistura de etanol e água é destilada até se obter etanol hidratado com 5 % de água, sendo necessárias cerca de 3 destilações para passar da concentração de 10 % (v/v) de etanol para 95 % (v/v) (PIMENTEL e PATZEK,2005). A fatia energética do processamento tecnológico das matérias-primas varia entre 46 % e 85 %, dos quais entre 29 % e 55 % são consumidos na destilação, comprometendo o retorno energético que seria possível obter não fora o baixo rendimento das soluções tecnológicas implementadas na maioria das refinarias de etanol.

2.2 Beterraba



A beterraba, hortalica pertencente a família *chenopodiaceae*, é nativa da Europa, norte da África e Oeste da Ásia. Tem seu maior cultivo em países de clima temperado, sendo que no Brasil seu cultivo concentra-se em São Paulo, Minas Gerais e nos Estados do Sul. A cultura da beterraba é mais adaptada ao clima ameno com temperatura média entre 15°C a 18°C, tolerando variações de 4°C a 24°C (Embrapa, 2010). Em temperaturas altas as raízes apresentam, em secção transversal, anéis de cor clara alternadas com anéis de coloração violeta escuro, o que é considerado como demérito da qualidade.

As raízes da beterraba são de grande importância econômica devido ao seu alto valor nutritivo e industrial, tendo também um destaque para a produção de etanol na Europa, sendo uma planta de fácil cultivo. A propagação se faz diretamente pela semente, podendo-se transplantar (EMBRAPA, 2010). Os melhores solos para o cultivo da beterraba são os profundos, bem drenados soltos e com alto teor de matéria orgânica. É uma hortalica sensível a acidez, devendo o solo apresentar pH de 6 a 7.

Na Europa o cultivo da beterraba é uma fonte importante de açúcar, contribuindo para 30% da produção mundial. No ano 2008, a União Europeia (EU) contabilizou a produção de mais 101.777.949 t de beterraba, de acordo com dados da FAO (2010). A sua produção avultada na Europa deve-se ao fato de esta cultura se desenvolver em climas temperados, sendo o seu principal produtor a França com 29 t, seguida de perto pela Alemanha com 25 t, os Estados Unidos também com 25 t e a Rússia com 22 t, sendo os restantes 10 maiores produtores a nível mundial do ano 2005 todos Europeus (EL BASSAM,2010). Na figura 2, temos a foto de uma beterraba.

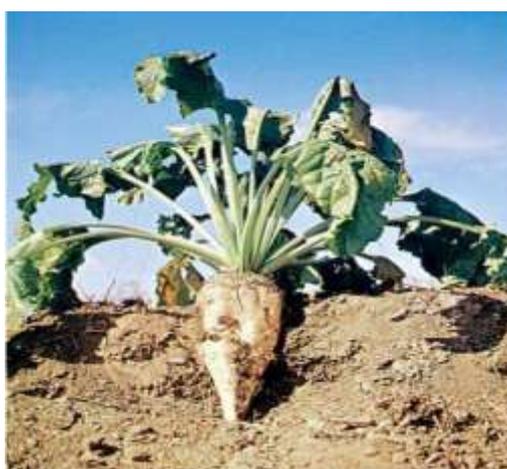
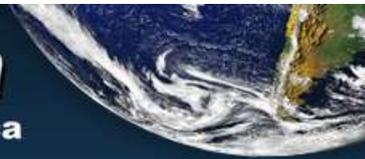


Figura 2. Beterraba sacarina (SALEM NEWS, 2010)



Na figura 3, podemos notar a maior concentração de produtores de beterraba no hemisfério norte, sobretudo na Europa, onde o clima é mais propício para a cultura da beterraba, onde a extração de sacarose é destinada a indústria açucareira e para a produção de etanol.

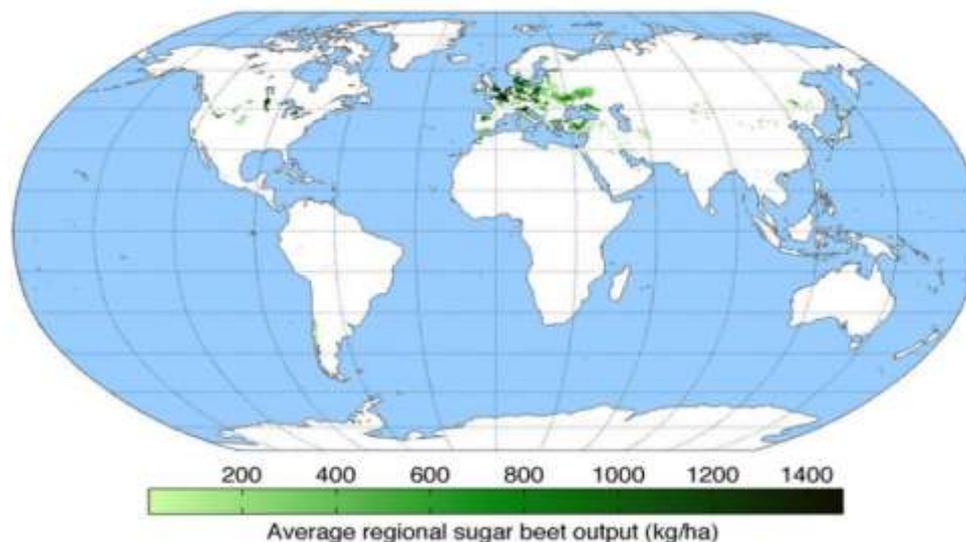


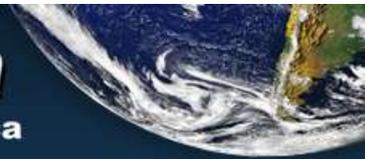
Figura 3. Distribuição mundial da produção de beterraba sacarina. (SALEM NEWS, 2010)

O trabalho tem como objetivo mostrar o processo de etanol a partir da beterraba, sua viabilidade econômica como ambiental, demonstrando assim que a beterraba é mais uma alternativa de energia renovável aos combustíveis fósseis.

3. A PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA BETERRABA

Para a produção de etanol de Beterraba temos toda uma preparação no solo, e ter um clima próprio para seu cultivo. No caso do solo, este deve ser pouco compacto, nem ser pedregoso e não ser alcalino, nem conter grande quantidade de água. As necessidades nutritivas da beterraba são avultadas, pelo que é aconselhável proceder a uma análise prévia das características do solo, para que não sejam gastos fertilizantes em quantias desnecessárias ou insuficientes; no caso de não ser feita esta análise, as quantidades aconselháveis dos três principais nutrientes como fósforo, potássio e azoto (EL BASSAM,2010).

Tanto no seu cultivo, como na sua colheita, existem gastos energéticos atreitos à maquinaria necessária para limpar o terreno, arar a terra, plantar semente, colocar fertilizantes, pulverizar pesticidas e herbicidas e colher a beterraba. Destas operações, uma das que mais contribui para o consumo energético é a colheita. Esta é feita recorrendo a colhedoras mecânicas que cortam a coroa



de folhas, retiram a raiz do solo e agitam-na para retirar a maior parte da terra agarrada. A função de cortar a coroa de folhas não é executada por colhedeiças mais antigas, pelo que é necessário fazer uma passagem prévia com um cortador, implicando maior gasto energético. Após esta operação, a colhedeira coloca a beterraba no solo para ser apanhada por um caminhão ou envia diretamente a beterraba para o caminhão, através de um tapete transportador na lateral da colhedeira, sendo depois transportada para a fábrica de etanol. Devido ao grande peso e volume das raízes, as distâncias percorridas pelos veículos transportadores são minimizadas, pelo que as fábricas são erguidas nas imediações da plantação e esta, por sua vez, de grandes centros urbanos, que fornecem a mão-de-obra necessária. O transporte da beterraba existe ainda o fato de a beterraba ser uma cultura rotacional, o que implica que a área ocupada seja superior à utilizada na monocultura e as distâncias envolvidas sejam superiores (EL BASSAM, 2010).

Na figura 4 abaixo podemos observar uma colheitadeira e um caminhão na colheita da beterraba.



Figura 4. Colheitadeira de beterraba acompanhada de um caminhão que recolhe a beterraba (Coloradoguy.com, 2008)

Depois do carregamento ser depositado e pesado na entrada da fábrica, as beterrabas são lavadas para retirar a terra remanescente. Concluída a lavagem, são cortadas em palitos para desta forma aumentar a superfície de extração da sacarose (EL BASSAM, 2010). Em seguida, os palitos são enviados para um difusor, ou seja, um tanque onde beterraba e água quente circulam em



contracorrente, aumentando o tempo de contato e, conseqüentemente, a concentração de açúcar na solução aquosa resultante. À saída do difusor a beterraba contém um teor de umidade da ordem dos 95 %, pelo que é depois prensada até atingir 75 % de umidade, o que permite extrair parte do açúcar ainda residente nos palitos. O líquido extraído é adicionado à restante solução açucarada e os palitos são utilizados para formar peletes, que servem de forragem para gado e constituem uma fonte de rendimento complementar no processo de conversão de beterraba em etanol.

O sumo de beterraba que sai do difusor é então submetido ao processo de evaporação para aumentar a sua concentração em açúcar, formando um xarope espesso. Este xarope é fermentado e origina dois produtos após centrifugação: o caldo fermentado, que constitui a fase líquida e onde se encontra o etanol, e as leveduras responsáveis pela fermentação, que são novamente introduzidas no tanque de fermentação, reciclando material e diminuindo o consumo energético do processo. Na figura 5, abaixo, mostra o fluxograma do processo de conversão da beterraba em etanol.

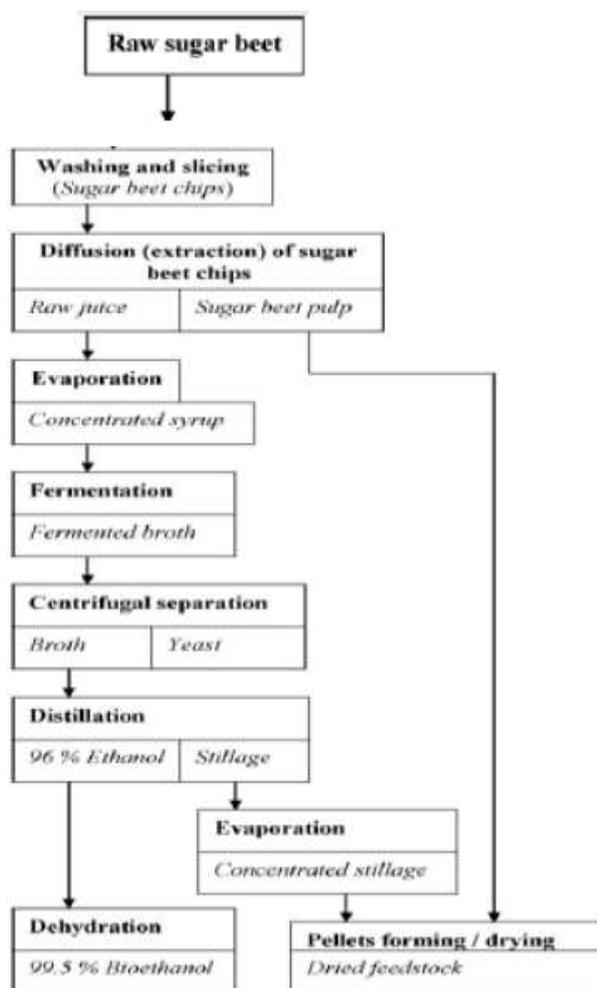
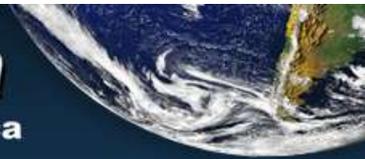


Figura 5 . Esquema do processo de conversão da beterraba em etanol (SANTEK *et al.*,2010)



Os principais passos consumidores de energia no processamento da beterraba em etanol são: extração de açúcar dos palitos de beterraba (difusão), concentração por evaporação do sumo de beterraba, destilação do etanol e secagem da polpa de beterraba para formação de peletes (SANTEK *et al.*, 2010). O processo de destilação de etanol obtido a partir de beterraba sacarina consome aproximadamente 21 % a 24 % do total de entradas energéticas no percurso total de produção e representa aproximadamente 29 % da energia gasta no processamento industrial da beterraba. O processamento tecnológico representa entre 72 % e 83 % da energia gasta no percurso desde a beterraba até ao etanol.

Apesar do apetite energético característico desta cultura, a beterraba apresenta, porém, grandes vantagens face a outras culturas. Um dos atrativos da beterraba sacarina é a generosa produção de etanol por hectare de terreno agrícola, cerca de 70 t/ha, com isso verifica-se que a beterraba apresenta o maior rendimento de etanol por hectare, dentre as principais fontes de bioetanol: milho, cana-de-açúcar e beterraba, como podemos notar na figura 6.

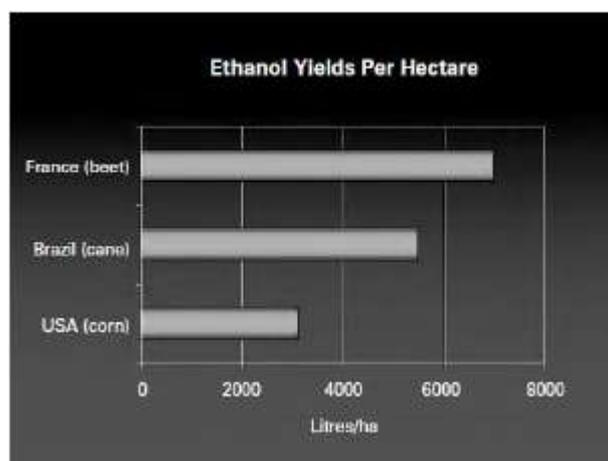
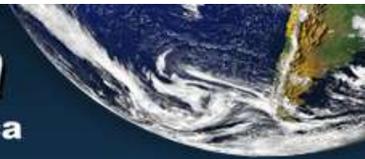


Figura 6. Produção de etanol por hectare de terreno agrícola (El Bassam,2010)

A grande vantagem da beterraba é o aproveitamento dos produtos secundários obtidos durante o seu processamento. Um dos produtos é a polpa de beterraba prensada em peletes e enriquecida com melão, como já foi mencionado. As peletes de beterraba são principalmente utilizadas como forragem para gado bovino, suíno e equino, devido ao seu conteúdo proteico, cerca de 7 % (ingredients101.com), por conter fibra de fácil digestão e pelo elevado conteúdo energético. Os produtos secundários obtidos no processamento da beterraba são os que apresentam maior conteúdo energético, 18,1 MJ/l de etanol. Segundo El Bassam, a densidade energética é de 10,84 MJ/kg peletes (2010). O melão também pode ser vendido e utilizado como base para a fabricação de bebidas alcoólicas ou como substrato de produção de fermento de pão.



3.1 O potencial energético da beterraba

Atualmente no Brasil, o etanol combustível é utilizado de duas maneiras: o álcool anidro e o álcool hidratado. O anidro possui menos água em sua composição, sendo mais adequado para a mistura carburante com a gasolina. A adição do álcool carburante à gasolina eleva em 2% o volume métrico consumido. Assim, para cada 100 L de gasolina misturada existirá uma proporção de 81,6 L de gasolina e 20,4 L de álcool anidro. Assim, 20,4 L de álcool anidro podem poupar 18,4 L de gasolina.

O álcool hidratado é adequado para os veículos movidos exclusivamente à álcool ou aos bicombustíveis. Por sofrer um menor número de operações produtivas, o álcool hidratado é, em média, 4,5% mais barato do que o álcool anidro. O rendimento motor do álcool hidratado é de 20% a 27% menor do que a gasolina. Isso significa que para cada quilômetro rodado com gasolina requer se um consumo volumétrico de álcool com essa proporção. Para compensar esse diferencial, atualmente o preço do álcool é 21,4 % menor do que a gasolina. As principais propriedades da gasolina e do álcool estão indicadas na Tabela 2.

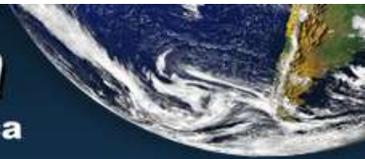
TABELA 2. Propriedades e características dos combustíveis (Goldemberg e Macedo, 1994)

	Gasolina	Etanol
Calor específico (kJ/kg)	34.900	26.700
Número de octano (RON/MON) ⁽¹⁾	91/80	109/98
Calor latente de vaporização (kJ/kg)	376 - 502	903
Temperatura de ignição (°C)	220	420
Razão estequiométrica Ar/Combustível	14,5	9

A beterraba pode ser considerada uma boa fonte de etanol, tendo uma alta concentração de açúcares em torno de 15%, fazendo com que uma tonelada de beterraba possa render cerca de 100L de álcool.

3.2 Análise do custo benefício da beterraba

A beterraba contém uma quantidade considerável de carboidratos – açúcares, para a produção de álcool, também possui um volume de produção, rendimento e custo significativos, o que gera um produto viável para a produção de álcool. A beterraba possui dissacarídeos que são fermentados após uma hidrólise ocorrida pela ação de uma enzima invertase, produzida pelo agente de fermentação.



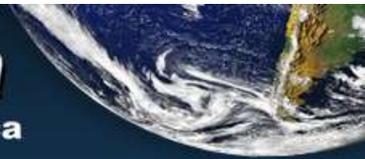
Os substratos que contêm sacarose ou glicose como no caso da beterraba, têm um número de etapas menor para a produção de etanol, sendo necessário apenas terem uma etapa de extração da glicose, feita normalmente pela prensagem, seguida pela filtração e ter seu pH ajustados na fermentação, em casos especiais pode-se adicionar fosfatos e sais de amônio. O melaço retirado da beterraba tem composição variável, sendo um subproduto da beterraba, contendo de 50% a 55% de açúcares fermentescíveis, tendo assim um bom rendimento por tonelada, para a produção de álcool.

Na Europa uma decisão em aumentar o uso de energia renovável, um dos produtos que tem sido muito estimulado é o etanol. A França, líder da União Europeia na tentativa de incrementar o uso do etanol, produziu mais de 750 milhões de litros do etanol de beterraba e de trigo. Para fazer uma tonelada de açúcar refinado de beterraba, os franceses têm um custo equivalente a R\$ 1.100. Já o mesmo tipo de açúcar, saindo de uma usina de cana do Brasil, custa aproximadamente a metade desse valor. Além de ser mais barato, o açúcar brasileiro é produzido em quantidades muito maiores. Os países da União Europeia cultivam juntos 1,4 milhão hectares de beterraba, contam com 106 usinas em atividade e produzem 14 milhões toneladas de açúcar por ano. Já o Brasil, sozinho, tem oito milhões de hectares de cana, 440 usinas em operação e fabrica anualmente 38 milhões toneladas de açúcar.

Enquanto a beterraba precisa ser replantada todos os anos por sementes, os canaviais só precisam ser renovados a cada seis anos, uma vantagem em termos de custos. A safra da beterraba, na Europa, dura menos de um trimestre. A de cana, no Brasil, se espalha por nove meses, o que garante o funcionamento das usinas por mais tempo. Outra diferença central vem de um subproduto da cana, o bagaço, usado para gerar eletricidade. Todas as usinas do Brasil têm termoelétricas próprias, são autossuficientes em energia e, muitas, vendem a eletricidade que sobra, uma energia barata e renovável. Já as usinas de beterraba normalmente geram eletricidade queimando carvão mineral, gás ou óleo diesel, fontes mais sujas, não renováveis, e que encarecem o custo do açúcar ou etanol.

3.3 Os impactos ambientais na produção de etanol beterraba

Os cientistas têm consenso em dizer que o desenvolvimento econômico com base no consumo intensivo de combustíveis fósseis, está colocando o planeta terra em perigo, ameaçando a própria sobrevivência da humanidade. A produção e o consumo atingiram um patamar além da capacidade de reposição de nosso planeta. O relatório do IPCC, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, afirma que as ações humanas já aumentaram a temperatura da terra em 0,8°C, para que essa não temperatura não chegue aos 2°C, será necessária uma redução das emissões de CO₂ da ordem de 50% a 80%, o que não vem acontecendo, pelo contrário, vem aumentando.



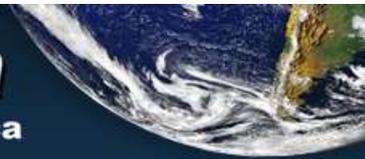
A sociedade humana sobrevive principalmente baseada da energia retirada do petróleo e seus derivados. O petróleo é a energia mais consumida no mundo, o que representa em torno de 85% da energia advinda dos derivados de petróleo, representando também uma fonte para a produção de matérias-primas para a indústria petroquímica e agricultura. Em seu relatório sobre o mercado mundial de petróleo, a Agência Internacional de Energia divulgou que em 2013 o consumo mundial de petróleo chegou a 91,2 milhões de barris diários (mbd), e com previsão de 92,4 milhões de barris diários em 2014, para que esse consumo de milhões de barris diários seja resposto é necessário que esse tipo de energia tenha um extenso processo de evolução e descobertas ao longo do tempo. Quando comparamos o etanol com a gasolina, a grande vantagem é ser renovável, e totalmente sustentável com menor emissão de poluentes, como o CO₂, que antes de ser eliminado pela queima do combustível, foi capturado antes pela planta, assim não contribuindo para o aquecimento global.

As vantagens do álcool são reconhecidas, seja para a produção do álcool hidratado ou anidro, nos dois casos tem a função de diminuir a emissão de monóxido de carbono e conseqüentemente o fim do uso do chumbo tetraetila como aditivo, um elemento altamente tóxico, gerando uma energia limpa. Na extração do açúcar da beterraba, temos produtos residuais, que são ricos em minerais, com fácil digestão, assim podem ser usados na alimentação animal em complementação a ração. A polpa da beterraba tem grande valor nutricional para a produção de carne e leite, sendo assim destinado as indústrias de alimentação animal.

4. CONCLUSÃO

O petróleo tende a acabar, tornando-se um item escasso. Isso terá um impacto enorme em nossa sociedade. Para amenizar esse impacto tanto social como ambiental, temos que buscar uma fonte alternativa ao petróleo, temos uma variedade de combustíveis, como no caso desse trabalho temos o etanol a partir da beterraba. O etanol a partir da beterraba tem tido sucesso na Europa, principalmente na França, onde já se mistura o etanol a gasolina e se tem carro flex em sua frota. A França lidera a produção de etanol a partir da beterraba.

Quando comparamos a produção de etanol a partir da beterraba e da cana-de-açúcar, alguns pontos podem ser decisivos, que contribuem para um preço menor. No caso da beterraba além de precisar ser cultivada em ambientes de clima moderado, a beterraba precisa ser replantada todos os anos por sementes, já no caso da cana só precisam ser renovados a cada seis anos, fazendo com que a cana leve uma vantagem considerável sobre o etanol de beterraba. A cana possui um subproduto,



o bagaço, usado para gerar a eletricidade das próprias usinas produtoras de etanol, ou seja, são autossuficientes em energia, sendo assim uma energia barata e renovável. Diferentemente nas usinas de etanol de beterraba geralmente se usa combustíveis fósseis, fontes sujas e não renováveis, encarecendo assim a produção, e prejudicando o meio ambiente. Outra questão a ser discutida, e quanto a safra da beterraba, na Europa, dura menos de um trimestre, já a cana no Brasil pode chegar a nove meses, o que garante assim o funcionamento das usinas por um período maior do que se usasse a beterraba.

Esse trabalho mostrou que a produção de etanol a partir da beterraba é viável, talvez não seja viável ao Brasil, já que a produção de beterraba depende de vários fatores, principalmente ligado ao clima. No Brasil não se tem a cultura da beterraba para a produção de etanol, mas devemos dominar essa tecnologia, para quem sabe um dia a beterraba possa ser usada na entressafra da cana, o que ajudaria de certa forma a controlar o preço do etanol no Brasil, fazendo com que se tenha um uso contínuo do etanol, contribuindo também ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BODDEY, R. M.; Soares L. H. de B. Alves, B. J. R. e Urquiaga S., Bio-Ethanol Production in Brazil, em: D. Pimentel, ed. 2008, Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems – Benefits and Risks, Springer, Cap. 13.

BNDES. Documento de base para discussão sobre um programa de ampliação da produção de álcool no Brasil com vistas à exportação. 2003. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/alcool_discussao.pdf>. Acesso em: 05/08/14.

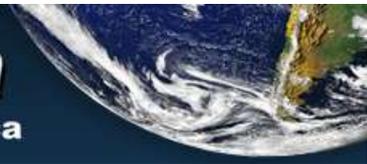
CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technology, Essex, v. 83, n. 1, p. 1-11, 2002.

DEMIRBAS, A., 2007, Producing and Using Bioethanol as an Automotive Fuel, Energy Sources, Part B, 2, pp 391-401.

El BASSAM, N., 2010, Handbook of Bioenergy Crops – A Complete Reference to Species, Development and Applications, Reino Unido: Earthscan

FUSER, IGOR. Energia e Relações Internacionais, São Paulo : Saraiva, 2013

Gnansounou, E. Fuel Ethanol – Current Status and Outlook, em: Pandey, A., 2009, *Handbook of Plant-Based Biofuels*, Estados Unidos da América: Taylor & Francis Group, Cap. 5.



- GOLDEMBERG, J. E MACEDO, I. Brazilian Alcohol Program: na overview. Energy for Sustainable Development,[S.l.] n. 1, p. 17-22, 1994. IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso: 15 out.2006
- GUPTA, R. B. e Demirbas, A., 2010, Gasoline, Diesel and Ethanol Biofuels from Grasses and Plants, Nova Iorque: Cambridge University Press.
- IEA, 2010, *World Energy Outlook 2010*
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Physicochemical characterization of some starchy tubers. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, SP, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002. SUN, Y.;
- LEITE, R.C.C. (Coord.). “Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil”, Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009.
- MDIC, Ministério Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, “Álcool combustível”. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=999>. Acessado em 1 agosto de 2014.
- MINTEER, S., Alcoholic Fuels: An Overview, em Minteer, S., 2006, Alcoholic Fuels, Estados Unidos da América: Taylor & Francis Group, Cap. 1.
- NASTARI, P.M., “Biocombustíveis: Produção Sustentável”, *Revista Agro Analysis*, Disponível em http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=1088. Acessado em 05 julho de 2014.
- PIMENTEL, D. e Patzek, T. W., 2005, Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower, *Natural Resources Research*, 14: 1, pp 65-76.
- SANTEK, B. et al., 2010, Evaluation of energy demand and the sustainability of different bioethanol production processes from sugar beet, Elsevier, *Resources, Conservation and Recycling*, 54, pp 872–877.
- SALEM NEWS, 2010, Sugar beet [fotografia], disponível em: <http://www.salem-news.com/stimg/march062010/sugarbeet.jpg>, acedido a 05/8/2014.
- WALTER, A.; ENSINAS, A.V. “Combined production of second – generation biofuels and electricity from sugar-cane residues”. *Energy*, n. 35, p. 874-879, 2010.