

O CULTIVO DE LIGNOCELULOSE E A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL CARBURANTE A PARTIR DESTA MATÉRIA-PRIMA

Marcos Fernandes Sinício¹
Sérgio Valdir Bajay¹

INTRODUÇÃO

Hoje em dia a produção de etanol como combustível carburante é feita, em termos quantitativos, primeiramente a partir da cana-de-açúcar, em segundo lugar a partir do milho e em terceiro a partir do açúcar de beterraba, sobra localizada de grãos, sorgo sacarino, etc. Desde que a graduação alcoólica do etanol produzido seja similar, independentemente da matéria-prima utilizada, ter-se-á o mesmo tipo de combustível, desde que pequenas impurezas sejam dele retiradas ao longo do processo de produção, o que é a situação normal da produção de álcool carburante. Desta forma, pode-se afirmar que, enquanto a tecnologia gerada com vistas à utilização de etanol em veículos automotores leves é similar, variando um pouco se utilizada a mistura álcool/gasolina ou o álcool hidratado, a tecnologia gerada com vistas ao processo de produção do etanol varia mais em função de matérias-primas bem distintas.

Este trabalho analisa a produção de etanol a partir de lignocelulose, notadamente a partir de plantações florestais e de gramíneas nos Estados Unidos. Note-se que tecnicamente é possível se produzir etanol no Brasil a partir da lignocelulose presente no bagaço de cana-de-açúcar. Neste artigo é feita, também, uma análise da situação atual da produção de etanol nos EUA e dos motivos pelos quais aquele país deverá vir a produzir etanol a partir de biomassa.

¹ Os autores pertencem ao Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético- NIPE/UNICAMP. Caixa Postal 1170. CEP 13083-970. Campinas. SP.

Aqui se consideram, também, melhores formas de cultivo de lignocelulose nos EUA em escala comercial. É feita, ainda, breve análise da produção de etanol no Brasil, a partir do bagaço da cana-de-açúcar, considerando-se um possível emprego de tecnologia americana para tanto.

PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA LIGNOCELULOSE

Toda biomassa é constituída, numa base seca, quase totalmente de lignocelulose, material que, por vários processos, pode ser parcialmente transformado em combustíveis líquidos, mais especialmente o etanol e o metanol. Tais processos apresentam rendimentos diferentes entre si, bem como diferentes custos de produção.

Existem basicamente duas formas de transformar lignocelulose, ou biomassa, em etanol: os processos termoquímicos e os bioquímicos ou enzimáticos. Na antiga União Soviética, o processo utilizado era o de Schoeller, termoquímico, que consiste basicamente no tratamento dos materiais lignocelulósicos com soluções diluídas de ácido sulfúrico, em condições pré-estabelecidas de temperatura e tempo. Este processo tem rendimento baixo e seria proibitivo economicamente a não ser em uma economia fortemente controlada pelo governo, como ocorria na União Soviética.

Nos Estados Unidos o uso de biomassa par afins energéticos, que no momento lá representa cerca de 4 por cento do consumo da energia primária, deverá aumentar para cerca de 15 por cento no primeiro quarto do século XXI e, provavelmente, ainda mais até o seu final. A produção de etanol a partir da lignocelulose presente na biomassa deverá apresentar rápido desenvolvimento comercial já a partir do começo do próximo século nos EUA, por razões ambientais, estratégicas, sociais e, talvez, até mesmo econômicas, uma vez que o custo de produção de etanol a partir da biomassa tem diminuído bastante. A grande diferença tecnológica entre o que tem sido feito nos Estados Unidos e na grande maioria dos outros países é que lá a

produção de etanol a partir da biomassa tem apresentado resultados promissores, através do emprego de um processo enzimático.

As florestas existentes podem, freqüentemente, oferecer biomassa adicional além da fornecida pelos resíduos da exploração comercial de florestas. Em muitas florestas de clima temperado, a quantidade de biomassa removida anualmente é muito menor do que o crescimento anual. Um estudo realizado pelo U.S. Office of Technology Assessment (OTA) estimou que nos anos setenta o crescimento líquido anual das florestas comerciais nos EUA esteve entre 400 e 800 milhões de toneladas de material seco, enquanto o corte de madeira para fins industriais totalizou somente 180 milhões de toneladas por ano (HALL et al., 1993).

No Brasil, a produção de etanol a partir de biomassa deveria, inicialmente, dar preferência a partir do bagaço de cana como matéria-prima. ZIONI (1995) afirma que na safra 1995/96 moeram-se 242 milhões de tonelada de cana-de-açúcar no Brasil. Por outro lado, a média histórica de 250 kg de bagaço, com 50 por cento de umidade, por tonelada de cana moída, sob o ponto de vista de presença de lignocelulose, equivale a uma taxa de produção de bagaço (com 25 por cento de umidade) de 156 kg/tonelada de cana moída. Considerando-se estes dados, obtém-se uma produção de bagaço com 25 por cento de umidade, equivalente portanto à madeira dura, de 37,75 milhões de toneladas na safra de 1995/96. Considerando-se o processo de hidrólise enzimática em escala piloto, desenvolvido nos EUA e analisado mais adiante neste texto, seria possível produzir, com um excedente de bagaço da ordem de 20 por cento (cerca de 6,3 milhões de toneladas) mais de 1,5 bilhão de litros de etanol, ao custo de cerca de US\$ 0,50 por litro. Este resultado pode ser obtido ao considerar que, em boa parte das usinas e destilarias de álcool brasileiras, o bagaço excedente apresenta custo que varia entre zero e cerca de US\$ 7,00 por tonelada.

A biomassa é freqüentemente uma fonte de energia sem o devido reconhecimento em muitos países por ser considerada como o "combustível da gente pobre", com pouco ou nenhum prestígio junto aos pesquisadores e empresários. Assim, qualquer nova forma de

energia provinda da biomassa requer o uso de uma tecnologia razoavelmente avançada, para que tenha oportunidade de sucesso, quanto a sua aceitação (HALL & ROSILLO-CALLE, 1991).

PRODUÇÃO DE ETANOL PROVENIENTE DA LIGNOCELULOSE NOS ESTADOS UNIDOS

Obviamente, para atender à demanda criada por etanol e por seus derivados, será preciso aumentar a produção de etanol nos Estados Unidos. Alguns objetivos do Departamento de Energia americano, no que se refere aos biocombustíveis, estão expressos no programa da Divisão de Sistemas de Biocombustíveis (**Biofuels Systems Division-BSD**), agência federal americana. Este programa será visto a seguir.

Os objetivos principais desse programa são baixar o custo do etanol produzido a partir da biomassa para US\$ 0,18 por litro e o do metanol de mesma origem para US\$ 0,14 por litro nas proximidades do ano 2000 (valores em dólares de 1990). Estes custos são competitivos com o projetado para a gasolina no mercado atacadista, sem que haja a necessidade de subsídios para os biocombustíveis (DOE, 1993).

O crescimento de uma indústria de biocombustíveis poderá vir a ser benéfica para a economia dos EUA. Eles são os únicos recursos renováveis que podem fornecer postos de trabalho, altamente necessitados, e desenvolvimento econômico para os fazendeiros americanos. Os benefícios regionais esperados desse crescimento são promissores. Ao preço de 20 dólares por barril (159 litros) de petróleo equivalente, a alternativa dos biocombustíveis evitaria que aproximadamente 11 bilhões de dólares americanos (dólares de 1990) por ano fossem gastos na importação de petróleo (DOE, 1993).

Aproximadamente 4 bilhões de litros de etanol são produzidos anualmente nos Estados Unidos, principalmente a partir do milho. O preço de venda está entre US\$ 0,29 e US\$ 0,41 por litro, e só é

competitivo devido a incentivos fiscais e a substanciais lucros obtidos com a venda de subprodutos (ração animal e aditivos alimentares). No seu nível atual, a produção de etanol a partir do milho não representa ameaça para o mercado de alimentos. Contudo, se a produção de etanol se elevar para uma faixa de 15 a 19 bilhões de litros por ano, poderiam ocorrer inaceitáveis aumentos nos preços dos grãos e uma oferta excessiva no mercado de subprodutos (DOE, 1993).

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E ECONÔMICAS

O processo utilizado para conversão de biomassa em etanol pelos métodos bioquímicos depende da natureza da matéria-prima. A biomassa lignocelulósica (madeiras duras ou macias, plantas herbáceas como as gramíneas e outras) é constituída de três componentes principais: a celulose, a hemicelulose e a lignina. Predomina a celulose, de estrutura cristalina, com cerca de 46 por cento, em peso, em uma madeira dura típica. Ela consiste de longas cadeias de moléculas de glicose que, devido ao seu arranjo cristalino, são difíceis de hidrolizar (quebrá-las em açúcares), com enzimas ou ácido, em altas temperaturas. Contudo, uma vez produzidos os açúcares, são fáceis de fermentar. A segunda fração da biomassa é a hemicelulose (com cerca de 30 por cento em peso), que consiste de polímeros do açúcar xilose com cinco átomos de carbono, assim como de outros açúcares e de ácidos orgânicos. Como esta porção não é cristalina, é fácil de ser hidrolizada. Mas a xilose não pode ser fermentada para a produção de etanol por meio de fermentos convencionais, e os ácidos orgânicos não podem ser fermentados para produção de etanol. A lignina, terceira e última das grandes frações da biomassa, com cerca de 24 por cento em peso, é um polímero fenólico que também não pode ser fermentado para a produção de etanol (WRIGHT & FEINBERG, 1993).

É interessante notar que a porcentagem da celulose na matéria seca da biomassa e a sua participação, em termos porcentuais, no conteúdo energético da biomassa seca, são de 46 e 42 por cento,

respectivamente. No caso da hemicelulose esta queda porcentual também se verifica, pois, para as duas propriedades físico-químicas consideradas, a hemicelulose cai de 30 por cento na participação, em peso, para 26 por cento no conteúdo energético total. A lignina, justamente ela que não pode ser utilizada para a produção de etanol, embora participe com somente 24 por cento, em peso, da matéria seca da biomassa, fornece 32 por cento do conteúdo energético total.

WRIGHT & FEINBERG (1993) avaliaram técnica e economicamente quatro processos de conversão de biomassa em etanol, discriminados a seguir:

- 1) Hidrólise ácida e fermentação da glicose (comercial);
- 2) Hidrólise enzimática e fermentação da glicose (planta piloto);
- 3) Hidrólise da celulose com fermentação simultânea, mais fermentação da xilose (laboratório);
- 4) Hidrólise da celulose com fermentação simultânea, mais fermentação da xilose (caso conceitual ou avançado).

O primeiro caso estudado de hidrólise ácida e fermentação da glicose (comercial), refere-se a uma tecnologia disponível em que a hidrólise é realizada com ácido sulfúrico diluído, numa percolação, seguindo-se a fermentação da glicose. Esse processo foi inicialmente desenvolvido na Alemanha, ao final dos anos vinte, e melhoramentos foram feitos posteriormente nos EUA, na URSS, na Nova Zelândia e na Suíça. Mais de 30 instalações comerciais chegaram a operar ao mesmo tempo na União Soviética com esse processo. Ele caracteriza-se por ser do tipo semi-batelada, com alta temperatura (entre 150 e 180°C) e com o emprego de ácido sulfúrico diluído (0,5 por cento em peso) para quebrar a celulose e a hemicelulose, transformando-as em açúcares. Segue-se uma fermentação padrão, baseada no emprego do fermento *S. cerevisiae* para converter a glicose em etanol. Mas o processo não é muito eficiente, porque a celulose cristalina, é resistente ao ataque químico. Além disto, as severas condições necessárias para hidrolizar a celulose são também suficientemente

severas para destruir os açúcares produzidos. Como resultado, o rendimento é relativamente baixo, 63 por cento dos açúcares potencialmente fermentáveis do tipo carbono-seis são convertidos em glicose. Após esta etapa, o líquido hidrolizado é neutralizado e enviado para fermentação. Como muitos dos produtos da degradação do açúcar são tóxicos, a eficiência da fermentação é, também, relativamente baixa, 85 por cento. O mais importante, porém, é que a fração constituída pela xilose não pode ser transformada em etanol. A eficiência energética total da produção de etanol - conteúdo energético do etanol/contéudo energético da madeira - é de apenas 20 por cento.

O capital investido por unidade do produto é bastante elevado, pois devido à baixa eficiência a produção anual é pequena. O custo de produção é elevado, US\$ 33/GJ ou US\$ 0,70/litro, e é aproximadamente dividido ao meio entre o custo dos insumos e as cargas relacionadas ao capital investido (WRIGHT & FEINBERG, 1993).

O segundo caso estudado foi o de hidrólise enzimática e fermentação da glicose (planta piloto). Devido aos baixos rendimentos inerentes à hidrólise com ácido diluído, a maior parcela de pesquisa nesta área ao longo da década de oitenta teve em mira a hidrólise enzimática. A principal vantagem é que as enzimas transformam a celulose em glicose com pouca ocorrência de produtos de degradação. Portanto, os rendimentos podem ser bem elevados e sem a produção de subprodutos tóxicos. O processo, conhecido por Iogen, é um processo de hidrólise enzimática de primeira geração, e um dos poucos testados em escala piloto. Utiliza vapor a alta pressão para hidrolizar a hemicelulose e preparar a biomassa para a hidrólise enzimática. As enzimas são produzidas por um fungo (*T. reesei*), que sofreu muitas mutações. Infelizmente, o processo requer grandes quantidades de enzimas, porque os açúcares produzidos inibem sua atividade. A produção de um volume muito grande de enzimas seria muito cara, e, o processo de hidrólise acabaria tendo rendimento relativamente baixo. Por outro lado, altos rendimentos implicariam em processamento extremamente demorado ou utilização de quantidades imensas de enzimas a custo proibitivo. Após a hidrólise, a glicose é fermentada

com um rendimento de 95 por cento na sua transformação em etanol, com o emprego do fermento *S. cerevisiae*.

A eficiência deste processo é consideravelmente maior do que no caso anterior; apresenta rendimento energético de 30 por cento na transformação da biomassa em etanol. Contudo, o capital inicial investido é também bastante elevado, principalmente as parcelas relacionadas com os seguintes fatores: as enzimas, o longo tempo do processo de hidrólise, e a necessidade de um pré-tratamento. O capital inicial seria elevado numa planta que operasse com este processo, mas igualmente elevada seria a sua capacidade anual de produção. O custo final de produção do etanol seria reduzido ligeiramente para US\$ 29/GJ ou US\$ 0,62/litro (WRIGHT & FEINBERG, 1993).

O terceiro caso analisado por WRIGHT & FEINBERG (1993) foi o de hidrólise da celulose com fermentação simultânea, mais fermentação da xilose (laboratório). Este processo é conhecido pela sigla SSF, em função de seu nome em inglês: **Simultaneous Saccharification and Fermentation with Xylose Fermentation**. O processo SSF combina a hidrólise enzimática e a fermentação em uma única operação. Nele, o fermento converte os açúcares em etanol à medida em que estes vão sendo produzidos, impedindo o acúmulo de açúcares que inibem a atividade das enzimas e, desta forma, reduzindo a quantidade requerida de enzimas. O tempo de reação é um pouco maior do que no caso anterior, porque a introdução do fermento no processo de hidrólise requer que a reação ocorra a temperatura mais baixa. A segunda importante inovação é a adição de uma etapa de fermentação da xilose, que se utiliza de um fermento trabalhado pela Engenharia Genética, o *E. coli*, para transformar a xilose em etanol. Este processo estava sob desenvolvimento nos EUA no **National Renewable Energy Laboratory** (NREL), vinculado ao DOE. Todas as principais etapas do processo tinham sido demonstradas individualmente, mas informações referentes a sua operação integrada ainda não haviam sido divulgadas. WRIGHT & FEINBERG (1993) basearam sua análise deste processo em **Chem Systems** (1990) e em **Hinman et al.** (1991), para o caso de laboratório e para o caso conceitual, respectivamente.

O processo de fermentação SSF-xilose a nível de laboratório resultam e decréscimo no capital inicial investido, devido principalmente à redução das exigências com relação às enzimas. O investimento por unidade de capacidade de produção também é reduzido, devido ao aumento no rendimento trazido pela fermentação da xilose. Este processo converte biomassa em etanol com eficiência de 39 por cento. O custo resultante de produção é de US\$ 17,3/GJ ou US\$ 0,37/litro (WRIGHT & FEINBERG, 1993).

O quarto caso estudado foi o de hidrólise da celulose com fermentação simultânea, mais fermentação da xilose (caso conceitual ou avançado). O projeto do processo avançado de fermentação SSF-xilose é idêntico ao processo a nível de laboratório. Todavia, no caso avançado os rendimentos são maiores. O rendimento total dos açúcares baseados no tipo carbono-seis é aumentado de 72 para 90 por cento, e a eficiência na fermentação da xilose é aumentada de 90 para 95 por cento. Além disso, o tempo exigido é diminuído para menos da metade. Estes melhoramentos são representativos do que poderia ser alcançado com pesquisa adicional. O caso avançado de fermentação SSF-xilose tem a eficiência na transformação de biomassa em etanol de cerca de 53 por cento e um reduzido capital inicial de investimento. Esta eficiência se aproxima do limite teórico imposto pela composição da biomassa. O custo projetado de produção do etanol é de US\$ 12,5/GJ ou US\$ 0,26/litro (WRIGHT & FEINBERG, 1993).

Tendo selecionado e integrado um conjunto de tecnologias, os pesquisadores do NREL empregam uma série de técnicas para analisar o processo resultante na produção de um certo biocombustível. Nos diferentes estágios ao longo do processo, os pesquisadores analisam amostras para verificar sua concentração, qualidade, rendimento e para fechar os balanços de fluxo massa, energia, etc. Também estudam as condições de operação, para desenvolver estratégias de controle do processo, otimizar o desempenho e diminuir o custo. Além disso, fornecem dados a engenheiros de processos, para avaliações econômicas, de forma a identificar sinergias, elos fracos, subprodutos potencialmente valiosos, e, ao mesmo tempo, estimar o custo de produção (NREL, 1994c).

Como etapa intermediária entre a pesquisa em laboratório e o desenvolvimento da planta piloto, este procedimento de integração de tecnologias, na formação de um processo e na sua avaliação, gera resultados que ajudam a identificar conjuntos de tecnologias de maior potencial para produção comercial (NREL, 1994c).

Segundo NREL (1994b) o **National Renewable Energy Laboratory** é o principal laboratório dos Estados Unidos em pesquisa e desenvolvimento sobre produção de biocombustíveis. Localizado na cidade de Golden, Colorado, o laboratório é considerado a maior instituição científica no mundo voltada para o desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis. O Programa de Biocombustíveis do NREL, financiado pela **Biofuels Systems Division** do Departamento de Energia dos EUA, realiza pesquisas sobre a conversão de biomassa em etanol, metanol, aditivos para gasolina e biodiesel (NREL, 1994b).

PRODUÇÃO DE BIOMASSA NOS EUA PARA FINS ENERGÉTICOS

O Programa para o Desenvolvimento de Matérias-Primas para Biocombustíveis, **Biofuels Feedstock Development Program** (BFDP), tem conduzido a pesquisa sobre a produção de biomassa nos Estados Unidos para a **Biofuels System Division**, do Departamento de Energia, desde 1978. A missão do BFDP é desenvolver tecnologias relacionadas à produção de vários tipos de biomassa de forma que, a partir destas fontes, seja possível produzir até 15 por cento da energia primária nos Estados Unidos. As pesquisas financiadas por este programa são dirigidas à geração de sistemas de produção de biomassa para utilizações específicas (especialmente no campo energético), sistemas que sejam ao mesmo tempo ambientalmente limpos e economicamente viáveis (FERRELL, WRIGHT & CUSHMAN, 1993). Deve ser observado que os resultados obtidos nos experimentos são bastante bons, quando se levam em consideração as condições

climáticas daquele país, e foram similares a valores obtidos em ensaios brasileiros semelhantes.

No Brasil, mesmo sem um manejo apropriado, é possível obter boas médias de produtividade, especialmente em certas regiões, dadas as condições edafoclimáticas apropriadas. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (ANFPC, 1996), a produtividade média para *Pinus* no Brasil é cerca de 36 m³/ha/ano, 32 m³/ha/ano para o gênero *Acácia*, 46 m³/ha/ano para *Eucalyptus* (origem sementes). Plantios experimentais de eucalipto alcançam produtividades de até 80 m³/ha/ano. Estima-se que a produtividade de florestas comerciais no Brasil esteja por volta de 20 a 30 toneladas de biomassa na base seca/hectare/por ano. Esforços estão sendo realizados no sentido de até dobrar estes números no início da próxima década, com a utilização de plantios clonais.

Segundo NREL (1994a), com a tecnologia atualmente disponível nos Estados Unidos, é possível obter de 2 a 5 vezes mais biomassa por hectare a partir de florestas comerciais do que de florestais naturais. Admite-se também que até o ano 2010 a seleção de espécies e a engenharia genética deverão tornar possível aumento de 50 por cento na produtividade.

A área de terra a ser utilizada no futuro para plantações energéticas é impossível de prever. Tal área dependerá muito dos preços dos energéticos, da política agrícola, das oportunidades de exportação e dos resultados apresentados pelas pesquisas nas áreas das plantações para a produção de alimento e para a produção de energia. Nos Estados Unidos existe, no momento, tendência da substituição de culturas alimentícias por culturas energéticas, mas em baixa escala (FERRELL, WRIGHT & CUSHMAN, 1993).

Em 1993 a biomassa produzida nos Estados Unidos deveria ter custo de produção de US\$ 2,00/GJ para ser competitiva em relação ao petróleo. A única forma que um proprietário de terras teria de obter tal custo de produção, sem subsídios, seria pela utilização de culturas energéticas altamente produtivas em terras agrícolas de baixo valor econômico.

Nos Estados Unidos, estima-se que indústrias novas no setor de energia vinculado ao uso de biomassa criarão empregos locais e elevarão o padrão econômico de vida das comunidades rurais. Tais indústrias, trarão novos negócios e estimularão a economia de toda a região (NREL, 1994a).

A produção agrícola americana dobrou entre 1950 e 1980. Contribuíram para tanto o emprego de fertilizantes químicos, de sementes selecionadas, de melhor maquinaria agrícola, com a utilização de propriedades agrícolas maiores e melhor controle de pragas. Atualmente podem ser alimentados cerca de quatro vezes mais seres humanos pelos fazendeiros americanos do que há 40 anos (NREL, 1994a). Segundo NREL (1994a) é provável que esta tendência continue no próximo século, com os fazendeiros americanos continuando a produzir quantidades abundantes de alimentos e de matéria-prima para ração animal.

LYND *et al.* (1991) afirmam que o Secretário de Agricultura dos Estados Unidos estimava que cerca de 150 milhões de acres (60.7 milhões de hectares) deveriam vir a ser utilizados nos próximos 25 anos para culturas não-alimentícias. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos estima que a quantidade de terra agricultável que deverá ser utilizada para lavouras energéticas nos Estados Unidos no século XXI é de cerca de 100 milhões de acres (40,5 milhões de hectares).

CONCLUSÕES

A possibilidade de produção de etanol a partir da biomassa é uma realidade. Os custos estimados dessa produção, nos Estados Unidos, são próximos aos do Brasil, quando não se consideram os impostos cobrados sobre o álcool vendido ao governo.

Considerando-se as demais alternativas, pesa a favor da produção de etanol a partir da biomassa a argumentação ambiental, especialmente no médio prazo e nas grandes áreas metropolitanas.

dada a sua participação positiva no combate ao chamado **efeito estufa** e na diminuição da poluição urbana.

O mais provável é que no futuro haverá uma mistura de combustíveis, que substituirão o petróleo em suas várias aplicações, tendo em vista as características próprias de cada local do globo.

RESUMO

Este artigo trata da produção de etanol nos Estados Unidos da América a partir de material lignocelulósico como matéria-prima. Enquanto nos EUA é possível a produção de etanol a partir de madeiras ou gramíneas cultivadas especialmente com esta finalidade, no Brasil a produção de etanol a partir da lignocelulose pode ocorrer principalmente com o emprego do bagaço de cana-de-açúcar. Neste artigo são feitas várias considerações sobre a produção de etanol a partir da lignocelulose, sendo que é considerado, em especial, as duas principais etapas deste processo neste artigo, ou seja, a etapa da produção da matéria-prima, a lignocelulose, e a etapa da produção de etanol.

Palavras-chave: Lignocelulose, cana-de-açúcar, etanol, energia, plantações florestais.

SUMMARY

PRODUCTION OF ETHANOL FROM BIOMASS

This paper is about the production of ethanol from biomass in the USA and Brazil. While in the USA it is possible to produce ethanol from wood or grass plantations, in Brazil the sugar cane bagass is more indicated as a raw material to produce ethanol. In this paper many observations are made about such subjects, they are related specially to the production of biomass and the subsequent production of ethanol having biomass as its main raw material.

Key words: Biomass, sugar cane, ethanol, energy, plantation.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANFPC, 1995. **Relatório Estatístico Anual**. Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. S. Paulo, 38p.
- DOE, 1993. **Biofuels Program Plan: FY 1992-FY 1996**. Colorado Springs, National Renewable Energy Laboratory-NREL, U.S. Department of Energy. (Boletim).
- FERRELL, J.E.; L.L. WRIGHT & J.H. CUSHMAN, 1993. U.S. Department of Energy's Biomass Production Program. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUELS, 10. **Anais**. V.2, p.741-747.
- HALL, D.O. et al., 1993. Biomass for Energy: Supply Prospects. In: RENEWABLE ENERGY: SOURCES FOR FUELS AND ELECTRICITY. Washington, Island Press. p.593-651.
- HALL, D.O. & F. ROSILLO-CALLE, 1991. Why Biomass Matters: Energy and the Environment. **Network News**, 5(4): 4-15.
- LYND, L.R. et al., 1991. Fuel Ethanol from Cellulosic Biomass. **Science**, 251: 1318-1323.
- NREL, 1994a. **The American Farm: Harnessing the Sun to Fuel the World**. Colorado Springs, U.S. Department of Energy. 21p. (Boletim).
- NREL, 1994b. **Biofuels for Transportation: The Road from Research to the Marketplace**. Colorado Springs, U.S. Department of Energy. 5p. (Boletim).
- NREL, 1994c. **NREL Putting It All Together for Biofuels**. Colorado Springs, U.S. Department of Energy. 4p. (Boletim).
- RILEY, C.J. & K.S. TYSON, 1993. Total Fuel Cycle Emissions Analysis of Biomass-Ethanol Transportation Fuel. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUELS, 10. **Proceedings**. p.235-243. (Addendum).
- WRIGHT, J.D. & D.A. FEINBERG, 1993. Comparison of the Production of Methanol and Ethanol from Biomass. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUELS, 10. **Proceedings**. v.2, p.797-808.