

ETANOL PODE CONTRIBUIR COM AS METAS ENERGÉTICAS E AMBIENTAIS¹

Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals

Claudinei Andreoli²

Resumo: O setor de transporte é o maior consumidor de petróleo e o maior emissor de gases que causam o efeito estufa. O etanol ainda representa 99% de todo combustível renovável veicular. Para estudar o potencial do uso crescente de combustíveis renováveis, sete análises de etanol de milho foram comparadas com os estudos de etanol de cana-de-açúcar e de celulose, para verificar se o etanol pode contribuir com as metas energéticas e ambientais. Os estudos com tecnologias de etanol de milho indicaram que elas são muito menos petróleo-intensivas do que a gasolina, mas emitem gases de efeito estufa semelhantes àqueles da gasolina. O etanol de cana e o de celulose contribuem substancialmente para a matriz energética e as metas ambientais. Entretanto, para que a energia de biomassa seja sustentável, a solução será aprimorar as tecnologias de produção do etanol celulósico ou desenvolver outras alternativas de energia renovável.

Palavras-chave: Balanço de energia, milho, cana, celulose e etanol.

Abstract: The transport sector relies almost exclusively on liquid hydrocarbons leading to emission of massive amounts of CO₂ with the associated greenhouse effect. Ethanol represents 99% of the total renewable auto fuels. To study the potential effects of increased biofuel use, we evaluated seven representative analyses of corn-ethanol fuel compared with sugarcane and cellulose to verify whether ethanol can contribute to energy and environmental goals. All studies indicated that current corn ethanol technologies are much less petroleum-intensive than gasoline but greenhouse gas emissions are similar to those of gasoline. Ethanol from sugarcane and cellulose can contribute positively to energy and environmental goals, reducing fossil fuels and CO₂ emissions. Nonetheless, biomass energy sustainability will only be possible provided cellulose ethanol production technologies are improved or other renewable energy alternatives are developed.

Keywords: Energy balance, corn, sugarcane, cellulose, ethanol.

1 INTRODUÇÃO

As questões de segurança energética e mudanças climáticas estão na agenda das esferas governamentais para discussão e exigem a substituição em larga escala dos combustíveis

à base de petróleo. Apesar de existirem várias alternativas de biomassa, o etanol ainda representa 99% de todo biocombustível nos Estados Unidos e no Brasil. Os 16,8 bilhões de litros de etanol misturados à gasolina nos Estados Unidos, em 2006, representam apenas 2% de

¹ Recebido para publicação em 27.7.2007 e aceito em 17.8.2007.

² Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Soja, Caixa Postal 231, Londrina-PR 86.001-970, <andreoli@cnpso.embrapa.br>.

toda gasolina vendida, e dos 17,6 bilhões de litros produzidos no Brasil, cerca de 12,5 bilhões de litros de etanol foram consumidos como combustível. Para a safra 2007, estima-se uma produção de 20,0 bilhões de litros de etanol no Brasil e de 25,4 bilhões de litros, nos Estados Unidos.

A demanda por etanol deve aumentar devido à política americana de produzir 28,5 bilhões de etanol até 2012 (*Energy Policy Act*, 2005), e, no Brasil, pelo aumento na venda de carros flex. O setor de transporte utiliza exclusivamente hidrocarbonetos líquidos como fonte de energia, porque eles têm alta densidade energética e uso conveniente. Entretanto, a combustão dos combustíveis líquidos emite uma enorme quantidade de CO₂, que está associado ao efeito estufa. Só nos Estados Unidos, a emissão de CO₂ chega a 0,53 Gt/ano pela queima de 13,8 milhões de barril de petróleo por dia (AGRAWAL et al., 2007).

Assim, as implicações energéticas e ambientais da produção do etanol são, mais do que nunca, pertinentes. A maioria dos debates se concentra nas análises e discussões públicas sobre a energia líquida do etanol: se para produzir etanol gasta-se mais ou menos energia não-renovável do que a energia resultante do combustível (PIMENTEL e PATZEK, 2005; HILL et al., 2006; SHAPOURI et al., 2006; ANDREOLI e SOUZA, 2007). A grande dificuldade em comparar os diferentes trabalhos de análise de ciclo de vida está nos parâmetros utilizados como insumos e no valor energético dos co-produtos. As taxas de balanço energético são extremamente sensíveis às especificações e premissas e podem resultar em valores interpretáveis. Por exemplo, as maiores diferenças entre o menor e o maior valor na emissão de GEE são devido às aplicações de calcários e à energia incorporada na construção de máquinas (FARREL et al., 2006).

2 OBJETIVO

Para entender melhor as implicações energéticas e ambientais do etanol, foram

comparados os estudos com etanol de milho e celulose, nos Estados Unidos, com o etanol de cana, no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados neste trabalho foram os dados de sete estudos de milho, descritos por Farrel et al. (2006) e Hill et al. (2006), e de cana, publicado por Andreoli e Souza (2007). Utilizou-se a metodologia descrita em Farrel et al. (2006). Comparou-se também o estudo de caso *Ethanol Today*, no qual se aplicaram os valores atuais para a indústria americana de etanol, com o etanol celulósico. Para melhor interpretação dos dados, a energia líquida, a emissão de gases (GEE) e as entradas de energia primária foram transformadas em sistema métrico (MJ).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois estudos americanos reportaram balanço de energia negativo para o etanol de milho, o que implica alta emissão de gases de efeito estufa (GEE) e uso de petróleo (PATZEK, 2004; PIMENTEL e PATZEK, 2005). Os outros trabalhos renderam uma energia líquida positiva de 4 a 9 MJ/L (Figura 1).

Os resultados publicados e ajustados indicam que, com os métodos atuais de produção de etanol de milho, a substituição de energia fóssil é somente de 5 a 26% da energia renovável. O resto é primordialmente gás natural e carvão.

Os dados evidenciaram que as maiores contribuições das práticas agrícolas ao ciclo de vida de emissão de GEE (34 a 44%) e consumo de petróleo (45 a 80%) ao etanol de milho indicam que as políticas agrícolas ajudariam reduzir os impactos ambientais no setor agrícola. Por exemplo, o plantio direto reduz o consumo de petróleo e a emissão de GEE, bem como a erosão do solo e a infiltração de pesticidas. Para os três casos, *Ethanol Today*, cana e celulose, produzir 1 MJ de etanol exige menos petróleo do que

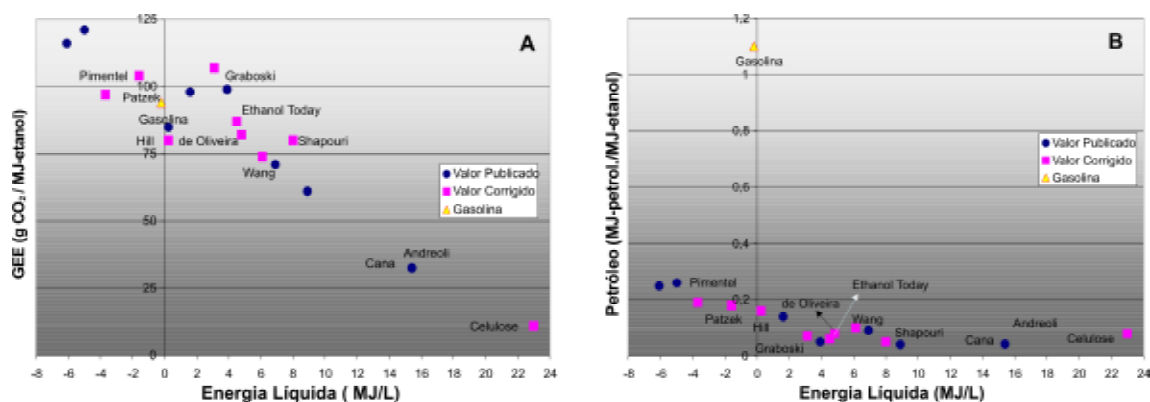


Figura 1 – (A) Energia líquida e emissão de GEE para gasolina, seis estudos de milho e cana. (B) Energia líquida e uso de petróleo para os mesmos. A emissão de GEE de etanol de milho é relativamente menor ou maior do que a de gasolina por unidade de energia, mas o etanol requer menos combustível fóssil. O etanol produzido de cana ou celulose reduz substancialmente a emissão de gases e o consumo de petróleo.

Figure 1 – (A) Net energy and net greenhouse gases for gasoline, seven studies, sugarcane and cellulose. (B) Net energy and petroleum inputs for the same. GHG emissions from corn ethanol can be slightly more or slightly less than gasoline per unit of energy, but ethanol requires much less petroleum inputs. Ethanol produced from sugarcane and cellulose reduces both GHGs and fossil fuel inputs substantially

para produzir 1 MJ de gasolina (Figura 1). Constatou-se, também, que a emissão de GEE para o etanol de cana e celulose foi inferior à do *Ethanol Today* (83, comparado com 11 e 32,5). O ciclo de vida de emissão de GEE da gasolina é de 94 g CO₂/MJ.

A cana-de-açúcar é, de longe, a planta mais eficiente na conversão de energia solar e fóssil em energia renovável (etanol), tanto no aspecto energético quanto ambiental (ANDREOLI e SOUZA, 2007). A cana, além de produzir de 6 a 7,5 mil litros de etanol por hectare, fornece 12 toneladas de bagaço (220 GJ), que, parcialmente queimados, suprem de energia e vapor a usina para produção de álcool e açúcar.

Estudo recente do ciclo de vida do etanol de cana mostra que a energia líquida é de 15,4 MJ/L, o que resulta em um balanço energético de 1:3,34 e reduz a emissão de gases em 66% (ANDREOLI e SOUZA, 2007). Além disso, a cana produz três vezes mais energia por hectare do que o milho. O etanol da cana contribui com 49% do consumo de combustível em motor

ciclo otto, no Brasil, enquanto o etanol de milho, com apenas 2%, nos Estados Unidos.

Entretanto, progresso futuro para atender a essas metas exigirá novas tecnologias e práticas, como agricultura sustentável e produção de etanol celulósico. Na Revista Science, de 14 de março de 2007, Agrawal et al. (2007) propuseram um novo processo de combustível líquido sustentável, chamado de *hybrid hydrogen-carbon* (H₂CAR), em que a área necessária de biomassa seria 40% menos e, praticamente, não haveria emissão de CO₂. Essas tecnologias poderão resultar em uma indústria de biocombustível mais robusta e, em conjunto com veículos mais eficientes, poderão contribuir para as metas nacionais de energia e preservação ambiental.

4 CONCLUSÃO

O etanol de cana-de-açúcar contribui significativamente para a matriz energética nacional e para as metas ambientais globais. Nos

Estados Unidos, para que a energia de biomassa seja sustentável, a solução será, a curto e médio prazo, aprimorar as tecnologias para produção de etanol celulósico ou desenvolver outras alternativas de energia renovável – *hybrid hydrogen-carbon* (H_2CAR), ou aumentar a eficiência dos veículos.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, R. et al. Sustainable fuel for the transportation sector. **PNAS**, v. 104, p. 4828-4933, 2007.
- ANDREOLI, C.; SOUZA, S. P. Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão de energia solar e fóssil em etanol. **Revista Economia & Energia**, v. 59, p. 27-33, 2007.
- DIAS DE OLIVEIRA, M. E.; VAUGHAN, B. E.; RYKIEL, E. J. J. Ethanol as fuel: Energy, carbon dioxide balances and ecological footprint. **BioScience**, v. 55, p. 593-602, 2005.
- FARREL, A. E. et al. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. **Science**, v. 311, p. 506-508, 2006.
- HILL, J. et al. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **PNAS**, v. 103, p. 11206-11210, 2006.
- PATZEK, P. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 23, p. 519, 2004.
- PIMENTEL, D.; PATZEK, P. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; Biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**, v. 14, n. 1, p. 65-76, 2005.
- SHAPOURI, H.; DUFFIELD, J. A.; WANG, M. The energy balance of corn ethanol: an update: USDA, Office of Energy and New Uses, Agricultural Economics. Report n. 813. 2002. 14 p.
- SHAPOURI, H.; SALASSI, M.; FAIRBANKS, J. N. The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States. **Report of the USDA**, 2006. p. 62.