

# Panorama da cadeia produtiva do etanol no Brasil: gargalos e proposições para seu desenvolvimento

Paulo Nunes Sousa (FEI-SP/Brasil) - sousapaulo@terra.com.br  
• Av. Humberto Alencar Castelo Branco, 3972, São Bernardo do Campo-SP  
Gabriela Scur (FEI-SP/Brasil) - gabriela@fei.edu.br  
Roberta de Castro Souza (USP-SP/Brasil) - robertacsouza@usp.br

**RESUMO** O Brasil é líder mundial na produção de etanol e apresenta algumas vantagens competitivas em relação ao principal concorrente, os Estados Unidos. Dentre as principais vantagens, pode-se ressaltar a alta produtividade da matéria-prima usada no Brasil, a cana-de-açúcar, comparada com o milho usado nos Estados Unidos e a grande quantidade de terra disponível para produção da matéria-prima. As perspectivas futuras do mercado do etanol são promissoras. No entanto, apesar das vantagens já conquistadas, é importante verificar quais os gargalos para o desenvolvimento desta cadeia produtiva. Diante disso, o objetivo deste artigo é descrever a origem da produção de etanol no Brasil, caracterizar o processo produtivo e reconhecer os principais gargalos para seu desenvolvimento. Como aporte teórico, foi utilizado o enfoque de cadeias produtivas e, na parte empírica, empregou-se uma análise descritiva e qualitativa a partir do levantamento de informações em bases de dados secundárias, como revisão bibliográfica dos estudos já realizados e notícias de jornais e revistas técnicas. A partir de uma investigação sobre a história e desenvolvimento do etanol no Brasil, do seu processo produtivo e da discussão da questão logística, puderam-se constatar alguns gargalos para o desenvolvimento da atividade no país dentre os quais inovação tecnológica em matérias-primas e processos, investimentos em logística, padronização do produto e adequação às normas e regulamentações.

**Palavras-chave** Etanol; Cadeia de Produção; Gargalos; Biocombustível.

**ABSTRACT** *Brazil is the world leader in ethanol production. The country has some competitive advantages compared to the main competitor, the United States. However, the ethanol produced in the United States is made from corn, which is less productive than sugar cane, the main Brazilian raw material. In addition, Brazil has a supply of land and favorable climate conditions for production of raw materials. Despite the favorable conditions for the production of ethanol in Brazil it is important to investigate the bottlenecks. Having this in mind the aim of this paper is to describe the origin of Brazilian ethanol production to characterize the production process and to point out the main bottlenecks for this activity in Brazil. As theoretical background the production chain literature is used. In the empirical part, a descriptive and qualitative analysis is proposed and is being made viable by means of secondary data. From a study about the history and development of ethanol chain in Brazil and its productive and logistics processes it was possible to find the main bottlenecks for this chain such as is technological innovation in raw materials and processes, investments in logistics, product standardization and regulatory compliance.*

**Keywords** *Ethanol; Production Chain; Bottlenecks; Biofuel.*

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes debates mundiais é a questão do uso de combustíveis fósseis e seus danos ao meio ambiente. Uma das principais formas de diminuir a emissão de gases tóxicos é a utilização de biocombustíveis como substitutos aos combustíveis fósseis, sendo os principais o etanol e o biodiesel.

Em 2008, foram produzidos no mundo aproximadamente 12,0 bilhões de litros de biodiesel, sendo a União Europeia responsável por 66% do total produzido (PIRES; SCHECHTMAN, 2010). No que se refere ao etanol, o Brasil tem papel de destaque. Em 2009, a produção brasileira de etanol foi de 27,5 bilhões de litros (ÚNICA, 2011a), sendo que o mercado interno de etanol no período foi de 24,2 bilhões de litros. Durante a primeira década do século XXI, os principais importadores do etanol brasileiro foram Países Baixos, Jamaica, Índia, Coreia do Sul, Japão e Estados Unidos (SECEX, 2011).

Uma das principais vantagens competitivas do Brasil frente ao seu maior concorrente está relacionada à matéria-prima. Enquanto os Estados Unidos usam o milho, o Brasil usa a cana-de-açúcar. O etanol brasileiro, proveniente da cana, tem relação entre energia renovável produzida e a energia fóssil usada de 8,9 - o que torna o balanço energético positivo. Já o etanol americano, originário do milho, apresenta uma relação de 0,8 (UNICA, 2011c).

Além disso, o Brasil tem uma capacidade muito grande de expansão de seu cultivo de cana. Em 2009, a área plantada de cana-de-açúcar era de 8,7 milhões de hectares (IBGE, 2011), impulsionados principalmente pela diminuição da prática da pecuária extensiva (Ministério de Minas e Energia, 2007). Além do etanol para transporte, a atividade também gera energia elétrica, a chamada bioeletricidade. Em 2009, produtos da cana-de-açúcar geraram 526,3 mil GWh (MMA, 2010).

As perspectivas futuras do mercado do etanol são promissoras. O aumento das vendas de motores *flexfuel*, assim como o percentual de mistura do álcool com a gasolina são tendências mundiais que podem alavancar as vendas de etanol. No entanto, apesar das vantagens já conquistadas, é importante verificar quais os gargalos para o desenvolvimento desta cadeia produtiva. Diante disso, o objetivo deste artigo é descrever a origem da produção de etanol no Brasil, caracterizar o processo produtivo e reconhecer os principais gargalos para seu desenvolvimento. O artigo está estruturado por esta introdução, seguida do referencial teórico sobre cadeia de valor. O item 3 é constituído pelo histórico da origem do etanol no Brasil, seguido da descrição do processo produtivo. Posteriormente é apresentada a análise dos resultados e, em seguida, as considerações finais.

## 2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

Neste artigo, as relações entre fornecedores e compradores estão inseridas na concepção de cadeia produtiva e há várias abordagens teóricas que tratam de análise de cadeias, tais como: cadeia de fornecimento, literatura de canais de distribuição, análise de *filière*, cadeia de valor global.

Segundo o referencial de análise de *filière* (MORVAN *apud* BATALHA; SILVA, 2001), uma cadeia de produção pode ser definida como uma sucessão de operações de transformação que podem ser dissociadas, capazes de ser separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico. Além disso, a cadeia de produção pode ser interpretada como um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem, entre todos os estados de transformação, um fluxo de troca, situado de montante a jusante, entre fornecedores e clientes.

Para a literatura da área de *marketing*, um canal de distribuição, ou também chamado canal de *marketing*, tem uma definição semelhante aos conceitos de cadeia de produção apresentados. Um canal de distribuição pode ser definido como “um conjunto de organizações interdependentes envolvidas no processo de disponibilizar um produto ou serviço para uso ou consumo” (COUGHLAN *et al.*, 2002, p.20).

Na abordagem de cadeia de valor global, a cadeia de produção é chamada de cadeia de valor, a qual consiste no arranjo das atividades necessárias para produzir um bem ou serviço, desde a sua concepção, passando pelas diferentes fases da produção, até a entrega para o consumidor final (KAPLINSKY; MORRIS, 2001).

O termo valor significa que, a cada etapa do processo, é adicionado valor ao produto. Já o termo global é usado quando este processo apresenta algumas etapas subcontratadas no mercado internacional. Para Porter (1992), a cadeia de valor corresponde ao conjunto de atividades independentes, mas interligadas, desde a produção dos insumos até a venda dos produtos para o consumidor final, que vão adicionando valor a este produto ao longo do processo e também incorrem em custos para as empresas que realizam estas atividades.

Assim como a abordagem de canais de distribuição, a literatura de cadeia de valor global também dá atenção às relações entre os agentes econômicos que participam da cadeia, tais como: fornecedores de insumos, processadores, atacadistas e varejistas e, entres estes agentes, há os fornecedores de serviços de negócios e financeiros, e uma estrutura de regulação das atividades (RAIKES; FRIIS; PONTE, 2000).

Tendo em vista os conceitos apresentados, uma cadeia de produção pode ser definida como o conjunto de atividades necessárias para transformar uma determinada matéria-prima em produto final. Uma cadeia de produção é constituída pelos agentes produtores de insumos, pelos produtores de matéria-prima, pelos agentes transformadores (geralmente indústria de transformação), pelos agentes distribuidores e pelo consumidor final (BATALHA; SILVA, 2001). Sob esse enfoque, os agentes presentes em cada um dos elos da cadeia de produção dão a sua contribuição para aumentar o valor do produto final.

Vale ressaltar que o produto que chega ao consumidor final é a soma dos valores adicionados por cada um dos elos ao longo da cadeia produtiva, resultado da ação dos agentes e da coordenação entre eles (BESANKO *et al.*, 2000). Sendo assim, as condições em que o produto chega ao consumidor final depende tanto das atividades internas à organização, quanto da sua coordenação com os outros elos da cadeia produtiva da qual faz parte.

Batalha (1997) afirma que uma cadeia de produção agroindustrial pode ser segmentada em três macrosegmentos:

- a comercialização, que representa empresas que estão em contato com o cliente final da cadeia e que viabilizam o consumo e o comércio do produto final;
- a industrialização que representa as firmas responsáveis pela transformação dos insumos em produtos finais;
- e a produção de matérias-primas, que reúne as firmas que fornecem as matérias-primas iniciais para que outras empresas avancem no processo de produção do produto final.

Batalha (1997) trata de operações muito importantes do ponto de vista estratégico dentro de uma cadeia, chamadas “operações-nó”, pois representam lugares privilegiados para a obtenção de sinergias dentro do sistema, além de funcionarem como pontos de partida eficientes para a diversificação das firmas.

Há uma lógica de encadeamento das operações, definindo a estrutura de uma cadeia de produção agroindustrial, esta deve situar-se de jusante a montante. “(...) esta lógica assume implicitamente que as condicionantes impostas pelo consumidor final são os principais indutores de mudanças no *status quo* do sistema” (BATALHA, 1997, p.27).

A literatura aponta quatro principais utilizações para o conceito de cadeia de produção: a primeira consiste na formulação e análise de políticas públicas e privadas e busca fundamentalmente identificar os elos fracos de uma cadeia de produção e incentivá-los através de uma política adequada. Segundo essa visão, o sucesso de uma cadeia de produção agro alimentar é o resultado do desenvolvimento harmonioso de todos os agentes que atuam na cadeia.

A segunda utilização é como uma ferramenta de descrição técnico-econômica, que consiste em descrever as operações de produção responsáveis pela transformação da matéria-prima em produto acabado ou semi-acabado. Segundo esta lógica, uma cadeia de produção apresenta-se como uma sucessão mais ou menos linear de operações técnicas de produção. Segundo alguns autores, estes dois níveis de leitura de cadeia se completam. Existe uma preocupação de estudar, além dos aspectos técnicos, as relações econômicas que se estabelecem entre os agentes formadores da cadeia.

A terceira é metodologia de análise da estratégia de firmas que do ponto de vista da empresa o subsistema é um lugar de interdependência que delimita o campo das ações estratégicas possíveis. As fronteiras do “espaço estratégico” não são completamente definidas e mudam ao longo do tempo. Os atores econômicos, dentro de uma cadeia de produção, irão posicionar-se de forma a obter o máximo de margens de lucro em suas atividades, ao mesmo tempo em que tentam apropriar das margens dos outros atores presentes.

A quarta utilização é a ferramenta de análise das inovações tecnológicas e apoio à tomada de decisão tecnológica, na qual a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante, como fator explicativo das estruturas industriais e do comportamento competitivo das firmas. Este fato evidencia a importância de integrar o estudo das inovações tecnológicas no conjunto das ações de reflexão estratégica das firmas.

O desenho da cadeia produtiva e o estabelecimento de como os diversos agentes que a compõem se relacionam é o primeiro passo deste estudo. Desta forma, é possível identificar como as tarefas são divididas entre as empresas e os demais elos da cadeia, bem como permite o estabelecimento dos principais gargalos. Além disso, como dito anteriormente, este artigo propõe a apresentação de algumas alternativas a esses gargalos identificados.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi realizado a partir de um estudo exploratório, com base na coleta de dados secundários, oriundos de pesquisa documental acerca de informações sobre a cadeia produtiva do etanol no Brasil.

A pesquisa bibliográfica é conceituada por Vergara (2000) como um estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais e redes eletrônicas. Conforme Gil (2007), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material previamente elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

### 4. HISTÓRIA DO ETANOL NO BRASIL

A história da indústria canavieira está diretamente ligada ao desenvolvimento do Brasil. A cana-de-açúcar foi trazida por Martim Afonso de Souza, em 1532. Lucrativa especiaria oriental, a cana começou a ser cultivada na zona da mata nordestina, principalmente em Pernambuco, que em pouco tempo recebeu grandes engenhos (ROCHA, 2000). Essas gigantescas áreas plantadas pertenciam a poucas pessoas, apadrinhadas pelo governo português, e utilizavam trabalho escravo para extração e refino do açúcar, produto que era exportado.

Nos séculos seguintes, a atividade agrícola brasileira se diversificou e outras monoculturas foram se sucedendo, sem jamais eliminarem do território nacional as plantações de cana-de-açúcar. Assim, séculos após a colonização, o cultivo voltou a representar uma oportunidade de negócios muito promissora.

Em meados de 1930, os produtores passaram a se sujeitar a uma série de arranjos institucionais, com o objetivo de ligar interesses organizados do setor com a estrutura do Estado. Para tal tarefa, o então presidente Getúlio Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). Essa relação entre governo e produtores criou um paradigma subvencionista, onde o governo regulamentava o setor

sucroalcooleiro, estabelecendo quotas de produção, fixação de preços e oferecendo subsídios (PAU-LILLO *et al.*, 2007). Vale ressaltar que até então o etanol era considerado um subproduto da produção do açúcar, sendo que apenas na safra 51/52 o Brasil teve uma produção significativa de etanol, com 170 milhões de litros (MAPA– Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007).

Esse modelo foi amplamente influenciado pelo primeiro choque do petróleo, em 1973, quando se flagrou a necessidade de fontes alternativas de energia ao petróleo asiático. Foi então criado um fórum de debates e, em 1974, o documento Fotossíntese como fonte de energia foi redigido, destacando o potencial do etanol. O documento combinava os interesses do IAA pela produção de álcool direto em destilarias autônomas e da Copersucar, pelo aproveitamento da capacidade ociosa das destilarias anexas às usinas açucareiras. O álcool, considerado até então subproduto da produção de açúcar, passou a ser valorizado (BERTELLI, 2007).

As condições para a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar eram muito favoráveis. Além da crise do petróleo, os preços do açúcar no mercado internacional caíam. O Brasil já tinha um setor açucareiro desenvolvido, com terras propícias ao plantio, clima adequado, experiência na produção de álcool industrial e capacidade ociosa que poderia ser reduzida com a produção de álcool combustível (BERTELLI, 2007). Nesse ambiente, no dia 14 de novembro de 1975, através do decreto nº 76.593, o presidente e general Ernesto Geisel instituiu o Programa Nacional do Álcool (Proálcool).

O programa mantinha o paradigma subvencionista, aumentando ainda mais os incentivos patrocinados pelo governo, e tinha como metas iniciais sair dos 625 milhões de litros da safra imediatamente anterior ao programa e chegar a 3 bilhões de litros de etanol em 1980, e atingir a produção de 10,7 bilhões de litros em 1985 (MELO; FONSECA, 1981).

Durante a fase inicial, entre 1975 e 1979, o governo incentivou a produção de álcool anidro para a mistura com a gasolina. Essa produção ficou ao cargo das destilarias. A fase é também marcada pelo desenvolvimento dos primeiros carros movidos exclusivamente á álcool, em 1978 (ANFAVEA, 2007).

A segunda fase começa com a segunda crise do petróleo, em 1979, que triplicou o preço do barril e obrigou o governo a adotar medidas mais eficientes para a produção e consumo, como organismos governamentais para acelerá-lo. Assim, a proporção de carros movidos a etanol produzidos subiu de 0,46% em 1979 para 76,1% em 1986 (BIODIESELBR, 2007). Em 1980 a meta de produção foi atingida, com 3,3 milhões de litros de etanol. Desse modo, a meta antiga para 1985 foi prorrogada para 1987, com 14 bilhões de litros produzidos (MELO; FONSECA, 1981).

Segundo Amaral, Neves e Moraes (2003), a propriedade fundiária é que permitia o acesso ao financiamento Estatal e a aprovação das novas destilarias. A orientação dada pela Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL) era no sentido de os projetos apresentarem integração vertical entre a atividade agrícola e industrial para garantir o fornecimento de matéria-prima. No caso de a cana ser de fornecedores, os projetos deveriam prever o fornecimento da matéria-prima durante toda a vida útil dos equipamentos.

Apesar do clima de otimismo, a partir de 1986 o PROÁLCOOL passou a sofrer alguns reveses, marcando o início da fase de estagnação. Além da escassez de recursos públicos, o preço do petróleo caiu a patamares muito competitivos, no chamado contrachoque do petróleo. Assim, houve um decréscimo de incentivos à produção do etanol, em contrapartida à crescente demanda, incentivada pela manutenção do preço final do álcool mais atrativo ao da gasolina e pelos menores impostos tributados em veículos movidos a etanol. O aumento da demanda e a diminuição da produção levaram à crise de abastecimento entre 1989 e 1990, a qual pôs em cheque a credibilidade do programa.

A abertura econômica à importação de automóveis (movidos a gasolina) acarretou na diminuição da demanda por álcool combustível e, conseqüentemente, por veículos movidos a etanol. Desse modo, o incentivo governamental ao combustível se tornou insustentável (BIODIESELBR, 2007). As metas propostas anteriormente não foram atingidas. A safra 84/85 foi de 9,2 bilhões de litros, enquanto a safra 86/87 rendeu 10,5 bilhões de litros (MAPA, 2007).

Assim, a partir de 1990 começou a desregulamentação e a conseqüente liberalização dos preços, antes controlados pelo Estado. Inicialmente, em 1990, ocorreu a extinção do IAA e a liberação do preço do açúcar, seguida pelo preço do álcool anidro em 1997, pelo da cana-de-açúcar em 1998, e finalmente pelo do álcool hidratado em 1999 (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). Nesse período, o Brasil foi obrigado a importar grandes volumes de etanol, chegando a 1,4 bilhões de litros em 1995 (MAPA, 2007).

A desregulamentação contribuiu para ampliar a eficiência e a competitividade do etanol brasileiro, pois com o fim do controle estatal, os agentes tiveram que se adaptar ao livre mercado, sem subsídios, incentivos e coordenação governamental. Além disso, incentivou a formação de representantes de classes, a fim de melhorar o diálogo com o governo e o desenvolvimento de novas tecnologias e aproveitamento de subprodutos. Desse modo, o paradigma subvencionista é substituído pelo paradigma tecnológico, com mais independência aos agentes da cadeia (PAULILLO *et al.*, 2007).

Atualmente, existem dois importantes fatores que contribuem para o desenvolvimento do etanol. O petróleo volta a ser vendido a preços muito altos. Em 2008, o petróleo atingiu a maior cotação de sua história, chegando a U\$ 140,00 o barril (ACIONISTA, 2011). Além disso, a insegurança econômica e instabilidade política dos países produtores aumentam o risco de dependência de seus produtos.

Somado aos panoramas político e econômico, o aquecimento global resultante das emissões de gases do efeito estufa (principalmente CO<sub>2</sub>) na atmosfera começa a ameaçar o meio ambiente, o que acarreta em medidas intergovernamentais para frear o uso de fontes de energia fósseis. O principal documento com tal propósito é o Protocolo de Kyoto.

O documento estabelece a meta de reduzir a emissão de poluentes em 5,2% em relação aos níveis de 1990 até 2012. O gás carbônico, responsável por 76% do total de emissões dos gases estufa, seria a principal substância a ser evitada. O Protocolo de Kyoto determina que as reduções devam acontecer principalmente nas atividades de geração de energia e transportes, exigindo uma reforma nesses setores e a adoção do uso de fontes de energias renováveis, como o etanol.

Desse modo, a não intervenção governamental, os altos preços do petróleo e as políticas de promoção de fontes renováveis de energia formam um cenário muito promissor à produção e ao consumo de etanol, tendo o Brasil, com forte experiência adquirida durante o Proálcool, como um dos principais atores mundiais.

A produção mundial de etanol aumentou de 20 bilhões de litros em 2000 para 67 bilhões de litros em 2008, com o Brasil representando 35,6% de produção no ano (PIRES; SCHECHTMAN, 2010).

As exportações de etanol do Brasil têm um histórico interessante e de evolução não uniforme. Até o início do século XXI, as exportações de álcool eram realizadas, principalmente, para o escoamento de excedentes de produção, sem preocupação de manutenção de laços comerciais com clientes e mercados no exterior (PIACENTE, 2006). A regra de exportar excedentes deve-se a diversos fatores. Uma das principais razões foi o fato de os preços de oportunidade do etanol no mercado externo, em média, terem sido inferiores aos preços no mercado interno, além do fato do etanol, até hoje, não ter se consolidado como uma *commodity*, com especificação definida e preços cotados no mercado mundial. Portanto, a exportação de etanol teve como origem a oferta. Porém, após o início do século XXI, as demandas interna e externa passaram a crescer e a expansão da indústria passou a ser influenciada pela demanda. O ano de transição da oferta para a demanda foi 2004, quando as exportações saltaram de 656 mil m<sup>3</sup>, em 2003, para 2321 mil m<sup>3</sup> (NASTARI, 2005). Na Tabela 1, vêm-se os 10 maiores importadores de etanol brasileiro, em milhões de litros.

Tabela 1 – *Ranking* dos Países Importadores de Etanol Brasileiro em 2009.

CLASSIFICAÇÃO	PAISES	Total
1	Países Baixos	674,7
2	Jamaica	441,9
3	Índia	371,2
4	Coréia do Sul	316,6
5	Japão	282,7
6	Estados Unidos	270,2
7	Reino Unido	159,4
8	Trinidad e Tobago	141,4
9	Nigéria	117,0
10	Costa Rica	101,2

Fonte: Secex, 2011.

No ano de 2010 o Brasil exportou apenas 1,9 bilhões de litros de etanol, ante 3,3 bilhões em 2009 e 5,1 bilhões em 2008 (MAPA, 2011a). A exportação teve uma queda devido à alta demanda interna pelo produto. Apesar da produção de etanol ter aumentado no período, esse aumento foi insuficiente para abastecer o mercado interno e, como consequências, têm-se a alta do preço e até a importação de etanol anidro dos Estados Unidos em 2011 (MAGOSSÍ, 2011).

## 5. DESCRIÇÃO DA CADEIA DO ETANOL

A cana-de-açúcar é uma planta que consiste em fibra, caldo e pequenos sólidos dissolvidos, em proporções variadas. A formação da sacarose, presente no caldo e na fibra, dá-se pela maturação. A maturação, ou seja, a síntese de açúcares e estocagem de sacarose ocorre de cima para baixo. Fatores como o clima, o solo e a genética da cana influenciam nesse teor de sacarose, também chamado de *brix* (CAPUTO, 2006).

Na prática, as variedades de cana podem ser classificadas em função do estágio de maturação, em precoces, médias ou tardias. As precoces atingem um teor satisfatório de sacarose em maio ou junho; as médias entre julho e agosto; e as tardias no fim de safra, entre setembro e outubro.

O planejamento para o plantio da cana deve contemplar a variedade da cana a ser utilizada, os adubos específicos, os defensivos contra doenças e pragas, as máquinas e os serviços.

Em São Paulo, as variedades de cana podem ser divididas em cana de ano e meio, cana de inverno e cana de ano. A cana de ano e meio é plantada entre fevereiro e maio e tem um tempo de crescimento de 15 a 18 meses. A cana de inverno é plantada entre o final de maio e setembro, e recebe esse nome porque se desenvolve no período de temperaturas mais baixas. Seu período de ocupação de terra é de 12 a 14 meses. A cana de ano é plantada de setembro a novembro e exige solos mais férteis (UNICA, 2007).

A colheita da cana pode ser feita de maneira manual ou mecânica, de acordo com a topografia e dos recursos disponíveis. A colheita manual entrega a cana-de-açúcar inteira, e está associada às queimadas, prática que, além de representar perigo aos trabalhadores, é fonte de poluição e danos ambientais. Já a colheita mecânica é mais produtiva, porém mais onerosa, e entrega a cana picada em toletes de 20cm a 25cm. Só pode ser executada em terrenos com menos de 12% de declive e tem a vantagem de fornecer cobertura verde para manter a umidade do solo, constituída da palha da cana colhida. A cana-de-açúcar não pode ser estocada por mais de dois dias, para evitar a perda do teor de sacarose.

A região centro-sul é responsável por 89% da produção brasileira de cana, pois produziu 505 milhões de toneladas na safra 08/09, sendo São Paulo detentora de 60% da produção nacional, com 346 milhões de toneladas no período (ÚNICA, 2011b).

Com objetivo de consolidar o relacionamento entre os agentes da cadeia e aprimorar o sistema de avaliação de qualidade da cana, foi criada uma associação chamada de CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. A CONSECANA é constituída por produtores de cana (ORPLANA) e por industriais produtores de açúcar e álcool representados pela UNICA e foi responsável pela elaboração do método de pagamento da cana que vem sendo utilizado no Estado de São Paulo desde a safra 1998/99 (RAMOS *et al.*, 2007).

O método de pagamento criado pelo CONSECANA leva em conta o açúcar total recuperável (ATR) na cana e o preço de faturamento por quilo de açúcar total recuperável (UDOP, 2008).

## 5.1. A transformação na usina

Predominantemente, o transporte da cana até a usina, no Brasil, é do tipo rodoviário, salvo algumas exceções nas quais a plantação encontra-se nas mesmas propriedades das usinas. Para se medir o peso da carga, os caminhões são pesados antes e depois do descarregamento e para um controle da qualidade do insumo, algumas amostras são colhidas, a fim de se medir o teor de sacarose. A cana, assim, pode ser estocada ou ir para o processo de moagem. Um pequeno estoque de matéria-prima é importante para a prevenção de eventuais faltas de insumos. Entretanto, devido à decomposição bacteriológica, que diminui o teor de açúcar, o inventário deve ser trocado rapidamente. Nas usinas, só podem ser estocadas as canas oriundas da colheita manual, pois a área de contato da cana em toletes com o ambiente é maior, acelerando o processo de decomposição (COPERSUCAR, 2007).

Antes do insumo se dirigir às moendas ou aos difusores, onde é feita a extração do caldo, precisa passar por um processo de preparação, para a retirada de materiais grosseiros e posterior compactação. São levadas às mesas alimentadoras, que se encarregam de fazer o transporte da cana durante o processo.

A lavagem é efetuada sobre as mesas, e visa à retirada de matérias grosseiras como terra e areia. O preparo da cana é então iniciado, com o objetivo de aumentar sua densidade e realizar o máximo de rompimento das células para liberação do caldo. Ele começa por um conjunto de facas, que nivelam e preparam a cana para o desfibrador, deixando o insumo em pedaços menores.

O desfibrador compacta a cana logo na entrada e, em seguida, força sua passagem por uma pequena abertura. Com essa preparação, a cana está pronta para ter seu caldo retirado. No processo de extração do caldo, separam-se as fibras deste, que é o composto principal. Em escala industrial existem dois processos de extração: a moagem e a difusão.

Outro processo de extração da sacarose da cana é a difusão, que está começando a ser adotado no Brasil. Independente do método de extração do caldo, o bagaço resultante contém 46% de fibra, 50% de água e 4% de sólidos dissolvidos. A quantidade de bagaço varia entre 240 kg e 280 kg por tonelada de cana e pode servir para a geração de energia.

O bagaço proveniente do processo de extração do caldo alimentará as caldeiras, onde será queimado, liberando energia térmica, a ser transformada em energia mecânica nas turbinas a vapor. Essas turbinas acionam os equipamentos da usina, além de geradores para a produção de energia elétrica, que pode ser usada na própria usina, ou vendida como forma de diversificação de renda (COPERSUCAR, 2007).

Finalmente extraído, o caldo ainda contém impurezas. Após o tratamento primário, a massa de caldo resultante passa por medidores de vazão, o que permite melhor controle do processo. Em seguida, é realizado o tratamento químico, com o intuito de retirar pequenas impurezas insolúveis que ainda restaram, além de impurezas solúveis.

O processo de fermentação começa com o preparo do fermento. No Brasil, o processo chamado *Melle-Boinot* é o mais utilizado e tem como característica a recuperação da levedura através da centrifugação do vinho. A levedura, por ter o vital papel de transformar a sacarose em etanol, precede de um tratamento anterior, que consiste em diluição com água e adição de ácido sulfúrico, para esterilização. Essa mistura recebe o nome de pé-de-cuba.

Com o mosto e o pé-de-cuba prontos, estes são misturados na proporção de 2:1 nas dornas de fermentação, onde os açúcares são finalmente transformados em etanol pelo processo de fermentação.

Após os processos de destilação e de retificação, tem-se como produto final o etanol hidratado, sendo que o resíduo das operações é conhecido como vinhaça, que se constitui de água e sais sólidos e é usada como fertilizante nas lavouras.

O álcool hidratado, produto final dos processos de destilação e retificação, é uma mistura de álcool e água, com um teor alcoólico de aproximadamente 96°GL. O etanol hidratado pode assim ser comercializado ou passar por um processo de desidratação. O processo consiste na retirada da água do etanol, deixando-o anidro. A etapa é realizada em colunas de destilação.

Os alcoóis produzidos, tanto o anidro quanto hidratado, são quantificados através de medidores de vazão e finalmente são enviados para a armazenagem em tanques, onde esperam por sua comercialização (COPERSUCAR, 2007).

Ao todo, existem cadastradas, no Departamento de Cana-de-açúcar do MAPA, 435 usinas de cana, sendo 122 produtoras exclusivas de etanol, 12 produtoras exclusivas de açúcar e 122 mistas (MAAPA, 2011b). São Paulo, segundo dados da ÚNICA (2011a), tem a maior concentração de usinas, sendo responsável pela produção de 16,7 bilhões de litros de álcool na safra de 2008/09.

## 5.2. A Distribuição

A logística do etanol no Brasil ainda é muito onerosa. Assim, a Petrobras está investindo para melhorar o escoamento do etanol, com o Programa Corredor de Exportação de etanol da Transpetro, braço logístico da empresa. Atualmente, existem 14 terminais de etanol no controle da Transpetro, representados no Quadro 1.

Quadro 1 – Terminais de etanol seus modais.

TERMINAL	MODAIS
Paulínia	Ferroviário
Barueri	Dutoviário
Duque de Caxias	Dutoviário
Ilha D'Água	Marítimo
Guarulhos	Rodoviário
Guaramirim	Rodoviário
Itajaí	Dutoviário ou rodoviário
Biguaçu	Rodoviário
Jequié	Rodoviário
Itabuna	Rodoviário
Uberaba	Ferroviário ou rodoviário
Uberlândia	Rodoviário
Maceió	Marítimo ou rodoviário
Rio Grande	Marítimo ou rodoviário

Fonte: Transpetro, 2010

Atualmente, está em estudo a implantação do Sistema de escoamento Dutoviário de Etanol. O projeto é uma parceria entre as empresas, Petrobras, Camargo Corrêa e a japonesa Mitsui. Com previsão de início de funcionamento para o 2º semestre de 2011, o novo duto terá comprimento de 542 quilômetros, com capacidade de 12,9 bilhões de litros de etanol por ano. O investimento estimado é de US\$ 1,1 bilhão. O sistema irá transportar etanol das regiões produtoras no Centro-Oeste do país e Noroeste de São Paulo até os grandes centros consumidores de São Paulo e Rio de Janeiro (ORSOLINI, 2010.)

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apesar da vantagem competitiva adquirida ao longo de mais de 30 anos exportando etanol, o Brasil necessita de um plano de ações forte para se destacar no mercado cada vez mais competitivo. O setor sucroalcooleiro se depara com a necessidade de levar em conta alguns assuntos para que se desenvolva de maneira sustentável. As estratégias devem englobar não somente o ramo econômico, mas também se preocupar com o meio ambiente e com a sociedade. O Quadro 2 apresenta os principais problemas e possíveis alternativas encontradas nas mais diferentes etapas da cadeia brasileira do etanol.

Quadro 2 – Problemas e alternativas para a cadeia produtiva do etanol.

DESAFIOS	ALTERNATIVAS	PROPÓSITOS
<b>Técnicos e Econômicos</b>		
Aprimoramento de processos	Etanol celulósico	↑ Produtividade
	Tecnologias agrícola e industrial	↑ Produtividade
		↑ Produtividade nas usinas
		↑ Qualidade do etanol
	Variações da cana	↑ Densidade energética
Variações de leveduras	↑ Eficiência da destilação	
Expansão do Mercado interno	Motores bicombustíveis	↑ Consumo para veículos
		Biodiesel
	Cogeração	↑ Consumo para eletricidade
Logística	Alcoolquímicas e biorrefinarias	Substituir petróleo por etanol
	Construção de oleodutos	Facilitar o escoamento
	Construção de ferrovias	
Construção de estradas		
Expansão do mercado externo	Contratos e acordos	↑ Exportação
	Diplomacia pró-etanol	↓ Barreiras de entrada
		↓ Subsídios
	Certificações internacionais	Confiança internacional
Padronização	Transformar em <i>commodity</i>	
<b>Sociais e Ambientais</b>		
Queimadas	Documentos regularizadores de queimadas	↓ Queimadas
Emissão de poluentes	Adoção de filtros e etc.	↓ Emissão de poluentes
Trabalho insalubre nos canaviais	Políticas de trabalho	↑ Qualidade de vida dos cortadores
	Adoção de E.P.I.s	
Desigualdades regionais (concentração em SP)	Incentivar produção de etanol nos demais estados	Uniformizar a distribuição de usinas, canaviais e mercados
Concentração de renda	Incentivar entradas de agentes	Diminuir a concentração de renda

Fonte: Elaborado pelos autores.

No âmbito econômico, a manutenção da competitividade é talvez a principal preocupação dos produtores. Um dos fatores para se elevar a competitividade das empresas é o investimento em tecnologia. Nesse cenário, o etanol celulósico pode aumentar a produtividade, assim como a automação agrícola, a melhoria do maquinário industrial, o que, por sua vez, resultaria também na melhor qualidade do produto. O estudo de variações de cana-de-açúcar mais produtivas para aumentar a densidade energética da matéria-prima, assim como o estudo de variações de leveduras, que aumentará a eficiência da destilação, são também inovações necessárias.

Ainda no âmbito econômico, a logística brasileira é muito falha. A construção de estradas, ferrovias e principalmente oleodutos é de vital importância para facilitar o escoamento para os mercados consumidores, que precisam ser expandidos para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

Aumentar o mercado interno significa aumentar a produção de carros híbridos, com motores *flexfuel*, que aceitam tanto álcool quanto gasolina (NEVES; CONEJERO, 2007). O aumento das vendas desses motores *flexfuel*, assim como o percentual de mistura do álcool com a gasolina são tendências mundiais que podem alavancar as vendas de etanol.

Além disso, incentivar a co-geração de energia elétrica, que utilizará o etanol como matéria-prima, se faz necessária, assim como o incentivo à indústria química em substituir derivados do petróleo pelo etanol para fabricação de produtos químicos, como polímeros e plásticos em geral.

O aumento do mercado externo depende de contratos e acordos internacionais, que aumentarão a exportação do produto. Porém, para isso deve existir uma diplomacia pró-etanol, que pressione governos a derrubar, ou ao menos atenuar, barreiras de entrada do etanol brasileiro, que existem nas formas de subsídios ou de altos impostos pela importação.

Certificações internacionais poderiam aumentar a confiança no produto dos países consumidores, e a padronização do etanol auxiliaria no comércio com os países e nas pesquisas para o aumento da qualidade. Um atual objetivo do setor alcooleiro é a transformação do etanol em uma *commodity*, condição necessária para a criação de um sólido mercado global. Para isso, normas e certificações precisam ser criadas (NEVES; CONEJERO, 2007; LIMA *et al.*, 2007).

Em se tratando de questões ambientais, as queimadas devem ser combatidas com leis severas e a emissão de poluentes ao longo da cadeia deve ser minimizada, principalmente nas usinas, através da adoção de filtros e outros equipamentos.

No quesito social, o trabalho insalubre nas plantações de cana deve ser revertido, com adoção de políticas de trabalho mais justas e a adoção de equipamentos de proteção individual (E.P.I.s). A desigualdade de distribuição de usinas também atrapalha o desenvolvimento do setor. A maioria das usinas concentra-se em São Paulo e, embora o estado seja um dos maiores consumidores, a produção de etanol em outras regiões deve ser incentivada, medida que diminuiria os custos logísticos para outras regiões.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi descrever a origem da produção de etanol no Brasil, caracterizar o processo produtivo e reconhecer os principais gargalos para seu desenvolvimento. Sob o enfoque da literatura de cadeias produtivas, observa-se que a cadeia do etanol apenas se desenvolverá de maneira competitiva se todos os segmentos atuarem de maneira coordenada. Sendo assim, constatou-se que aspectos como inovação tecnológica em matérias-primas e processos, investimentos em logística, padronização do produto e adequação às normas são aspectos fundamentais para o sucesso da cadeia. Para combater esses gargalos, sugere-se aumentar o investimento em pesquisa para produzir mais na mesma área, mecanizar a colheita, criar mecanismos de incentivo a estoques estratégicos a fim de evitar escassez de produto e aumento de preço, criar um banco genético para cana-de-açúcar, criar novos produtos a partir da alcoolquímica e sucroquímica, como o plástico biodegradável de cana e etc. (NEVES; CONEJERO, 2007).

Apesar do caráter descritivo do artigo, pretende-se continuar os trabalhos nesta área, a partir do desenvolvimento de coleta de dados primários, para verificar como os agentes da cadeia produtiva no Brasil estão atendendo às exigências do mercado externo de etanol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIONISTA. **Evolução do preço do barril de petróleo 2007/2011 (em US\$)**. Disponível em <[http://www.acionista.com.br/graficos\\_comparativos/indicadores\\_mercado.htm](http://www.acionista.com.br/graficos_comparativos/indicadores_mercado.htm)>. Acesso em 22 abr. 2011.
- AMARAL, T.; NEVES, M.; MORAES, M. Cadeias Produtivas do Açúcar do Estado de São Paulo e da França: comparação dos sistemas produtivos, organização, estratégias e ambiente institucional”, **Agricultura São Paulo**, SP, v. 50 n. 2, p. 65-80, 2003.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/Index.html> Acesso: 12 de novembro de 2007.
- BATALHA, M. O. Sistemas Agroindustriais: definições e correntes metodológicas. *In*: BATALHA, M. O. **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1997.
- BATALHA, M. O; SILVA, A. L. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas. *In*: BATALHA, M.O (coord.). **Gestão Agroindustrial**. São Paulo : Atlas, 2001.
- BERTELLI, L. L. **A verdadeira história do Proálcool**. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/historia/proalcool-historia-verdadeira.htm>>. Acesso em 23 out. 2007.
- BESANKO, D.; DRANOVE, D.; SHANLEY, M. **Economics of Strategy**. 2nd edition. John Wiley & Sons: New York, 2000.
- BIODIESELBR; **Proálcool** – Programa Brasileiro do Álcool. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em 24 out. 2007.
- CAPUTO, M. M. **Indução da maturação por produtos químicos e sua consequência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 138f. 2006.
- COPERSUCAR. **Academia do açúcar e do álcool**. Disponível em <[http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana\\_acucar.asp](http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana_acucar.asp)>. Acesso em 23 ago. 2007.
- COUGHLAN, A. T. ; ANDERSON, E.; STERN, L. W. ; EL-ANSARY, A. I. **Canais de marketing e distribuição**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas: Área plantada, principais regiões produtoras e produtividade da cana-de-açúcar**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>>. Acesso em 22 abr. 2011.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.
- KAPLINSKY, R.; MORRIS, M. **Handbook for value chain research**. Mimeo. Institute of Development Studies, 2001. Disponível em: [www.ids.ac.uk](http://www.ids.ac.uk) Acesso em: 20/03/2004.

LIMA, L. C. O.; CURAMBIÇUA, N. J. M. ; ZOPELARI, A. L. M. S. Etanol: Instituições, mercado global e competitividade. *In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 2007, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: Sober, 2007.

MAGOSSI, E. **Brasil deve importar 200 milhões de litros de etanol dos EUA em abril**. Estadão.com.br, 24 mar. 2011. Disponível em <<http://economia.estadao.com.br/noticias/Economia>>. Acesso em 22 abr. 2011.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Exportação Brasileira de Etanol. Disponível em < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas)>. Acesso em 22 abr. 2011a.

\_\_\_\_\_. **Relação das unidades produtoras cadastradas no Departamento da cana-de-açúcar e Agroenergia**. Disponível em <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acesso em 22 abr. 2011b.

\_\_\_\_\_. **Balanco nacional da cana-de-açúcar e agroenergia**. Brasília, 2007.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; **Ajustes no mercado de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. 2002. 197p. Dissertação (Doutorado em ciências econômicas). Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

MELO, F. H.; FONSECA, E. G. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo: Pioneira, 1981.

MMA - Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2010: Ano Base 2009**. Rio de Janeiro: EPE, 2010.

Ministério de Minas e Energia. **Apresentação na Escola Superior de Guerra – ESG**. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=9180&download>>. Acesso em 08 ago. 2007.

NASTARI, P. M. As exportações de álcool do Brasil. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, abr./jun., 2005.

NEVES, M. F; CONEJERO, M.A. Sistema Agroindustrial da Cana: Cenários e agenda Estratégica. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 11, no. 04, p. 587-604, outubro-novembro, 2007.

ORSOLINI, M. **Petrobras obtém licença para construção de duto para etanol**. Exame.com, 07 jul. 2010. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/negocios/empresas/noticias>>. Acesso em 22 abr. 2011.

PAULILLO, L. F. VIAN, C. E; SHIKIDA, P. F.; MELLO, F. T. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis? **Revista de economia e sociologia rural**. Brasília, v. 45, n. 3, p. 532 – 565, out. 2007.

PIACENTE, E. A. **Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol**. 2006, 173 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2006.

PIRES, A.; SCHECHTMAN, R. Políticas internacionais de biocombustíveis. *In*: SOUSA, E. L.; MACEDO, I. C. (org.). **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética brasileira**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2010.

PORTER, M. **Vantagem competitiva** – criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

RAIKES, P.; FRIIS, M.; PONTE, S. **Global Commodity chain analysis and the french filière approach: comparison and critique**. Centre for Development Research, Copenhagen, Working Paper 003, 2000.

RAMOS, H.R.; SAES, M.S.; BRAGA, M.B. The institutional and organizational environment and the competitiveness of the alcohol agro industry in Brazil. *In*: VI International Pensa Conference “Sustainable Agri-food and Bioenergy Chains/Networks Economics and Management”, 2007, Ribeirão Preto. **Anais...Ribeirão Preto: PENSA**, 2007.

ROCHA, J. **Brasil em três tempos - 1500 a 2000: A história é essa?**. São Paulo: FTD, 2000.

SECEX (SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR). **Exportações brasileiras de etanol por país de destino**. Disponível em <<http://www2.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em 22 abr. 2011.

TRANSPETRO. **Condições Gerais de Serviço 2010**. Disponível em <<http://www.transpetro.com.br/TranspetroSite/>>. Acesso em 22 abr. 2011.

UDOP – União dos produtores de bioenergia Disponível em <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=3903>>. Acesso em jan. 2008.

Unica. **Ranking da produção de cana, açúcar e etanol das unidades da Região Centro-Sul**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>>. Acesso em 22 abr. 2011a.

\_\_\_\_\_. **Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>>. Acesso em 14 set. 2011b.

\_\_\_\_\_. **Produção e uso do etanol combustível no Brasil: Respostas às questões mais frequentes**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/FAQ>>. Acesso em 22 abr. 2011c.

\_\_\_\_\_. **Perfil da produção**. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=ÚNICA%20em%20ação&SubSecao=cana-de-açúcar>>. Acesso em 14 set. 2007.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

