



**O PAPEL DO BIOETANOL NO CONTEXTO ECONÓMICO E
AMBIENTAL A PARTIR DO CASO BRASILEIRO**

ARIOVALDO LOPES DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ECONOMIA

COIMBRA

2008



O PAPEL DO BIOETANOL NO CONTEXTO ECONÓMICO E AMBIENTAL A PARTIR DO CASO BRASILEIRO

ARIOVALDO LOPES DE CARVALHO

Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Economia, sob a orientação do Professor Doutor Luís Miguel Guilherme Cruz

COIMBRA

2008

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força e luz durante este caminho.

Aos meus pais, Ademir e Tiana, pela base e perseverança para com os meus objectivos, mesmo sob a ausência que este trabalho provocou em suas vidas.

As minhas irmãs, Alessandra e Amanda, pelos auxílios que me prestaram neste percurso e pela amizade, que foi fortalecida, curiosamente, com a distância.

A minha família, principalmente aos meus queridos tios e tias, pelo apoio e preocupação que se fizeram sempre presentes nesta etapa da minha vida.

Aos meus amigos de Piracicaba pelo companheirismo mesmo sob um oceano de distância.

Aos amigos de Coimbra, principalmente aos do Centro Comercial Dolce Vita, por se terem tornado a minha segunda família. Espero que esta amizade continue sempre presente.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra pela ajuda e dedicação.

Ao Doutor Eduardo Barata pelas contribuições e críticas, que foram de grande importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria também de expressar o meu reconhecimento e o meu sincero agradecimento ao Doutor Luís Cruz, pela sua disponibilidade, dedicação, confiança, apoio e pelas valiosas sugestões, observações e críticas, que foram fundamentais para que essa dissertação fosse concretizada.

Agradeço ainda as demais pessoas que contribuíram, directa e indirectamente, para a realização deste trabalho.

RESUMO

O actual cenário energético e ambiental tem possibilitado o desenvolvimento de fontes alternativas de energia, principalmente como forma de substituir a utilização de combustíveis fósseis, nomeadamente, o petróleo. A utilização de biocombustíveis, a partir de fontes de biomassa, tem sido considerada como uma das opções neste sentido.

O Brasil, a partir de 1975, motivado por alguns factores de ordem interna e, principalmente, pelas crises do sector petrolífero ocorridas naquela década, passou a intensificar a produção e consumo de bioetanol, dando início ao Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL). O processo de implementação e afirmação da participação deste combustível na matriz energética brasileira pode ser classificado, de acordo com características e políticas distintas em cada período, em 7 fases: as origens do bioetanol no Brasil; a criação do PROALCOOL; o alargamento do programa; estagnação do sector; encerramento do PROALCOOL; liberalização do sector; e últimos eventos e perspectivas.

De entre as políticas empregues para o desenvolvimento do sector *sucroalcooleiro* no Brasil destacam-se os subsídios ao sector agrícola e industrial e a taxação da gasolina. No entanto não existe consenso quanto aos benefícios de tais políticas e em particular da pertinência da intervenção estatal neste projecto. Também o facto do processo de produção e consumo de bioetanol no Brasil implicar custos e/ou benefícios não apenas ao sector *sucroalcooleiro*, mas também para a sociedade, motiva discussões quanto ao seu sucesso. Sumariamente, pode afirmar-se que ao nível dos benefícios se destacam: o desenvolvimento agro-industrial, a criação de emprego, reduções nas necessidades de importação de petróleo, redução das emissões de CO e HC pelos veículos, e influências marginais positivas sobre a balança de pagamentos e taxas de juro. Em contrapartida, como principais custos apontam-se: a expansão e alterações na utilização das áreas cultiváveis, eventuais trade-offs ao nível do abastecimento de alimentos, aumento das emissões de CHO e de NO_x pelos veículos, a utilização de combustíveis fósseis no processo de produção, as emissões provenientes da queima da cana-de-açúcar e as emissões de N₂O do solo.

Palavras-chave: Política energética, Biocombustíveis, Bioetanol, PROALCOOL, Brasil.

Classificação JEL: H23, N56, Q28, Q48, Q58.

ABSTRACT

The present energetic and environmental stage-setting is giving place to the development of alternative energy sources, especially as a way to replace the use of fossil fuels, namely the oil. The use of biofuels got through biomass sources is being considered one of the options to the present situation.

Since 1975, Brazil began to increase the production and consumption of bioethanol, due to internal factors and especially due to the crisis of the oil sector in those years. It leads to the beginning of the Alcohol National Program (PROALCOOL). The implementation and affirmation process of the importance of this fuel to the Brazilian energetic rates might be classified according with different politics and characteristics in each period, seven stages: the bioethanol origins in Brazil; the creation of PROALCOOL; the extension of the program; the cease to flow of the sector; the shutting down of PROALCOOL; the sector liberation; and the last events and standpoint.

Among the employed politics to the development of sugar-cane, sugar and bioethanol sectors in Brazil, the doles to the farming and industrial sector and the petrol taxation point out. Meanwhile, there is no agreement about the adopted politics and government intervention benefits to this project. The production and consumption process of bioethanol in Brazil is just as well controversial, since it has positive and negative aspects which involve costs or benefits not only to the sugar-cane, sugar and bioethanol sectors, but also to the society. We might find benefits in areas such as: the agro-industrial development, the employments, the decrease of the oil import, the vehicle emissions of CO and HC, and the marginal influence above the payment and rate interest steadiness. Still, it becomes self-defeating in aspects such as: the use and alteration of farming areas, the trade-offs at the level of the provisions supply, the vehicle increase of CHO and NO_x emissions, the use of fossil fuel in the production process, the emissions coming from the sugarcane burning and the N₂O emissions from the ground.

Key words: Energetic Politics, Biofuels, Bioethanol, PROALCOOL, Brazil.

JEL Classification: H23, N56, Q28, Q48, Q58.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice de quadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
1. Introdução	1
2. O Bioetanol – Contextualização e Conceitos	4
2.1. Recursos naturais renováveis <i>versus</i> não renováveis (ou esgotáveis).....	4
2.2. A biomassa	5
2.3. Os biocombustíveis	5
2.4. O bioetanol da cana-de-açúcar	7
3. O Bioetanol e o Programa PROALCOOL	9
3.1. Fase 0 (1903 a 1975) – as origens do bioetanol no Brasil	9
3.2. Fase 1 (1975 a 1979) – o início do PROALCOOL	13
3.3. Fase 2 (1979 a 1985) – alargamento do programa.....	17
3.4. Fase 3 (1985 a 1990) – estagnação do sector	23
3.5. Fase 4 (1990 a 1997) – encerramento do PROALCOOL	24
3.6. Fase 5 (1997 a 2001) – liberalização do sector.....	28
3.7. Fase 6 (2001 a ...) – últimos eventos e perspectivas.....	29
3.8. Apreciação final.....	32
4. Análise Crítica das Políticas para a Promoção do Bioetanol.....	34
4.1. Externalidades: taxação da gasolina e/ou subsídios ao bioetanol	34
4.2. Incentivos à utilização de veículos movidos a bioetanol	39

4.3.	A “pertinência” da intervenção estatal	41
5.	Custos e Benefícios do Bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil.....	45
5.2.	Benefícios directos	50
5.3.	Custos directos.....	53
5.4.	Benefícios indirectos	57
5.5.	Custos indirectos.....	62
5.6.	Apreciação final.....	72
6.	Conclusão.....	74
	Bibliografia	78
	Apêndices.....	83
	Anexos.....	91

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro nº 1 - Evolução do Sector <i>Sucroalcooleiro</i> de 1933 a 1975.....	11
Quadro nº 2 - Tipo de Unidade Agro-industrial do Complexo <i>Sucroalcooleiro</i> – 1975 a 2007.....	16
Quadro nº 3 - Evolução do número de Projectos enquadrados no PROALCOOL - 1975 a 1985.....	16
Quadro nº 4 - Investimentos no PROALCOOL de 1976 a 1989.....	16
Quadro nº 5 - Desembolsos do BNDES para o Sector <i>Sucroalcooleiro</i>	25
Quadro nº 6 - Importação de Bioetanol no Brasil.....	26
Quadro nº 7 - Participação Percentual do Bioetanol Anidro em mistura com a gasolina no Brasil.....	27
Quadro nº 8 - Custos e Benefícios da Produção de Bioetanol.....	49
Quadro nº 9 - Valor das receitas das vendas do bioetanol ao consumidor.....	51
Quadro nº 10 - Custo Operacional da Produção de cana-de-açúcar no ano de 2000.....	53
Quadro nº 11 - Evolução dos Preços ao produtor e Custo Operacional da Produção de cana-de-açúcar.....	54
Quadro nº 12 - Custo da Produção do Bioetanol.....	54
Quadro nº 13 - Quantidade de água necessária durante um ano ou ciclo da cultura.....	56
Quadro nº 14 - Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agro-pecuários do Brasil.....	67
Quadro nº 15 - Emissão de N ₂ O do solo.....	69
Quadro nº 16 - Emissões de metano na queima do canavial.....	71
Quadro nº 17 - Emissões de gases na queima da cana-de-açúcar no campo.....	71
Quadro nº 1A – Evolução da Produção, Importação e Exportação de petróleo no Brasil de 1970 a 2006.....	84
Quadro nº 2A - Valor Gerado pela Co-Geração de Energia Elétrica.....	85
Quadro nº 3A - Utilização de Água no Processo Industrial.....	86
Quadro nº 4A - Número estimado de empregos criados pelo sector.....	87
Quadro nº 5A - Estimação das Emissões dos Automóveis a Bioetanol para o CO e o HC.....	88
Quadro nº 6A - Estimação das Emissões dos Automóveis a Bioetanol para o NOx e CHO.....	89
Quadro nº 7A - Área colhida e taxas de crescimento das principais culturas agrícolas no Brasil.....	90
Quadro nº 8A - Factores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos.....	92
Quadro nº 9A - Eliminação da Queimada da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo - Lei 11.241.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1 - Visão geral dos processos de conversão da biomassa em biocombustíveis.....	6
Figura nº 2 - Processo de produção de bioetanol e de açúcar a partir da cana-de-açúcar.....	7
Figura nº 3 - Evolução do preço nominal mundial do açúcar	11
Figura nº 4 - Evolução do preço nominal do petróleo da OPEP.....	12
Figura nº 5 - Evolução da produção e importação de petróleo no Brasil, 1975-2006.....	13
Figura nº 6 - Evolução do sector <i>sucroalcooleiro</i> no Brasil.....	17
Figura nº 7 - Preço ao consumidor (incluindo impostos) do bioetanol em relação ao da gasolina.....	19
Figura nº 8 - Produtividade agrícola da cana-de-açúcar	20
Figura nº 9 - Venda de veículos novos no Brasil.....	21
Figura nº 10 - Consumo médio de combustíveis no Brasil.....	21
Figura nº 11 - Evolução da produção e consumo do bioetanol hidratado, 1978 a 2006.....	26
Figura nº 12 - Evolução da participação nas vendas dos veículos de 1000 cc no Brasil, 1990 a 2006.....	27
Figura nº 13 - A influência da taxa da gasolina e do subsídio ao bioetanol no mercado destes combustíveis.....	35
Figura nº 14 - Área colhida no Brasil em 2006.....	65
Figura nº 15 - Evolução da área colhida total e da cana-de-açúcar no Brasil.....	65
Figura nº 16 - Evolução da área colhida por cultura no Brasil	66
Figura nº 17 - Evolução da área utilizada no Brasil de 1975 a 2006.....	68

1. Introdução

O processo de crescimento económico tem estimulado a expansão da procura de energia no mundo, satisfeita, em grande parte, pelos combustíveis de origem fóssil, em particular pelo petróleo. Uma das principais consequências tem sido o aumento nos níveis de emissões dos gases com efeito de estufa (GEE), principalmente de dióxido de carbono (CO₂). As implicações desta dependência energética de fontes fósseis não residem apenas nos problemas ambientais associados à sua utilização, mas também no facto de apresentarem a característica de serem fontes de energia não renováveis, podendo comprometer o abastecimento futuro de energia. Além disso, o controlo do fornecimento de petróleo por um grupo restrito de agentes tem gerado pressões sobre a oferta deste produto, e agravado ainda mais o cenário.

Estes factores têm evidenciado a necessidade de uma transformação na dinâmica de utilização energética mundial, e incentivado o desenvolvimento de fontes alternativas que possibilitem, por um lado, minorar os efeitos sobre o meio ambiente, e por outro, garantir um abastecimento sustentável de energia ao longo do tempo, reduzindo-se a dependência dos combustíveis de origem fóssil.

As crises ocorridas no sector petrolífero nos anos 1970, que elevaram o preço daquele produto no mercado internacional, pressionaram o Estado brasileiro a procurar desenvolver alternativas que pudessem garantir o abastecimento de energia e manter o ritmo de crescimento que a economia do país vinha apresentando. Naquela época, o governo brasileiro, de entre as opções que dispunha para satisfazer a procura de energia, decidiu-se pelo estímulo da produção (e uso) de bioetanol, principalmente proveniente da cana-de-açúcar, como combustível para os automóveis. Um dos factores determinantes para esta escolha foi a pressão exercida pelo sector *sucroalcooleiro*, que, à data, se encontrava em situação difícil.

O programa do bioetanol brasileiro teve como objectivos, não só diminuir a dependência do petróleo, como também permitir o desenvolvimento de uma matriz energética com características renováveis, causando danos ambientais menos significativos. De facto, este programa energético alternativo promoveu importantes transformações económicas, sociais e ambientais no país, envolvendo uma vasta cadeia de agentes económicos, que foram responsáveis por modificações sensíveis na matriz energética brasileira.

Esse processo apresentou diferentes fases, caracterizadas pelas alterações observadas nas políticas de desenvolvimento e incentivo à afirmação do bioetanol no mercado nacional brasileiro. Importa ainda destacar que a influência e participação estatal acabaram por ser

determinantes nos primeiros passos do desenvolvimento do bioetanol no país, aplicando políticas de fomento que envolviam, principalmente, subsídios aos produtores e a taxaço da gasolina.

O programa brasileiro pode ser considerado como um caso de referênci no cenário energético alternativo mundial e serve frequentemente de base para o debate sobre as implicaçoes deste tipo de projectos. Sã vários os elementos que suportam a sua opço, fundamentados nos benefcios que tal combustvel trouxe ao país. Estes assentam, sobretudo: nas melhorias trazidas ao sector agro-industrial, em questões sociais (como a geraço de emprego), na flexibilidade do abastecimento energético, na reduço da dependência petrolífera e em alguns benefcios ambientais, nomeadamente associados a reduço nas emissões atmosféricas. No entanto, também se identificam aspectos negativos, de entre os quais se destacam: as implicaçoes ao nível da utilizaço do solo, e a pressão sobre os preços e abastecimento de alimentos.

A evoluço recente ao nível da oferta do petróleo e dos cereais, aliada ao debate em torno das questões do Aquecimento Global têm colocado em destaque a discussão acerca da utilizaço dos biocombustíveis, e consequentemente do bioetanol produzido no Brasil. Deste modo, não só a actualidade do tema, mas igualmente a ausência de consenso quanto às virtudes da promoço da produço e consumo dos biocombustíveis, assim como o facto do caso brasileiro poder contribuir para retirar ensinamentos para outros projectos (uma vez que se encontra num “estágio” de desenvolvimento mais avançado), contribuíram decisivamente como fontes de motivaço para a realizaço deste trabalho. A motivaço para a realizaço deste trabalho adveio igualmente da possibilidade de, ao identificar como se desenvolveu este processo e quais os seus principais efeitos sobre a economia e o ambiente, estar a contribuir para o esclarecimento das vantagens e desvantagens do bioetanol brasileiro neste contexto.

Deste modo, o objectivo central deste trabalho é o de realizar uma análise do contributo do bioetanol para o cenário económico e ambiental, identificando e analisando criticamente o processo de desenvolvimento da sua produço e uso, tendo como referênci o caso brasileiro. Nesse sentido, com este trabalho procura-se, de uma forma geral: caracterizar as diferentes fases que marcaram esse processo, com destaque para os últimos eventos e perspectivas que contribuem para o desenvolvimento do sector; identificar, classificar e, tanto quanto possível, quantificar alguns dos custos e benefcios (externos e internos) do bioetanol produzido no Brasil; organizar uma base que possibilite, a trabalhos futuros, o desenvolvimento de análises adicionais no sentido de se ponderarem os seus prós e contras, permitindo uma efectiva determinaço dos benefcios (ou custos) líquidos deste “projecto”.

Para tal, este trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos, sendo que a análise compreende o período entre 1903 a 2007, embora com ênfase na análise das políticas no período posterior a 1975, dado ser este o momento inicial do Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) e da intensificação da promoção do bioetanol no país.

Deste modo, no capítulo 2 efectua-se uma contextualização e apresentação dos principais conceitos e definições que envolvem o bioetanol produzido no Brasil, referindo-se as fontes e processos de obtenção da biomassa, dos biocombustíveis e, particularmente, do bioetanol produzido a partir de cana-de-açúcar.

No capítulo 3 desenvolve-se uma análise da evolução da produção do bioetanol no Brasil. Neste sentido, apresenta-se uma análise cronológica dos elementos mais marcantes dessa evolução, sob uma descrição de como se deu e de quais as motivações que influenciaram o processo de introdução e desenvolvimento deste combustível no país. Para tal são identificadas diferentes fases pelas quais o programa passou, e apresentadas as características e principais dados do sector em cada uma delas.

Segue-se, no capítulo 4, uma análise crítica das políticas empregues pelo Estado brasileiro na implementação do programa, relacionando-as com a teoria económica. Deste modo, neste capítulo discutem-se os principais prós e contras das políticas e instrumentos utilizados pelo Estado.

No capítulo 5 procura-se identificar, classificar, e tanto quanto possível, quantificar, os custos e benefícios, internos e externos, envolvidos na produção e consumo do bioetanol brasileiro. De uma forma geral, com este contributo pretende-se organizar uma base, qualitativa e quantitativa, que possibilite, a trabalhos posteriores, ponderar e apreciar as principais vantagens ou debilidades da opção do bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil.

Finalmente, no último capítulo, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, realizando-se uma discussão sumária das principais observações e análises efectuadas ao longo do trabalho. São igualmente apontadas as suas principais limitações e apontadas possíveis linhas de orientação para investigação futura.

2. O Bioetanol – Contextualização e Conceitos

2.1. Recursos naturais renováveis *versus* não renováveis (ou esgotáveis)

Os recursos naturais podem ser categorizados, basicamente, como renováveis e esgotáveis. Turner et al. (1994: 205) define um recurso renovável como sendo aquele que tem capacidade de se regenerar (como é o caso da cana-de-açúcar), e um recurso esgotável como aquele que tem uma quantidade global fixa, onde o seu uso num dado período de tempo implica numa menor disponibilidade para outros períodos (em certa instância, é o caso do petróleo).

No entanto, como destaca Fisher (1981: 11), a extinção sugere que a linha entre recursos esgotáveis e renováveis pode tornar-se ambígua. Por um lado, os recursos renováveis podem ser esgotados quando não são administrados de uma forma sustentável e explorados a um ritmo que provoque uma diminuição nas suas disponibilidades até as anular. Por outro, os recursos esgotáveis podem, de certa forma, ser renovados através da descoberta de novos depósitos ou por meio de avanços técnicos que tornem economicamente possível a sua utilização de outros modos.

Assim, como sugerem por exemplo Turner et al. (1994: 205) e Simmons (1997: 128), poderá ser mais adequado estabelecer a distinção entre recursos renováveis (ou de fluxo) e não renováveis (ou de reserva). Os primeiros compreendem, basicamente, materiais de origem biológica, a água, o vento e a energia solar, onde a natureza auto-reprodutora dos organismos pode estabelecer um abastecimento contínuo. Os não renováveis têm, na sua maioria, origem geológica e identificam-se na base de que, uma vez utilizados, não haverá mais formação numa escala temporal de interesse para a sociedade humana.

Uma outra característica essencial para um recurso renovável é o seu *stock* não ser fixo. Pode ser aumentado se o seu *stock* se puder regenerar ou diminuir se a sua taxa de extracção exceder de modo persistente a sua taxa de crescimento. Entretanto, existe um *stock* máximo, pois nenhum recurso se pode regenerar a níveis superiores à capacidade de carga do ecossistema onde ele existe. Alguns recursos naturais renováveis podem ainda ser armazenados, outros não. A forma mais comum de armazenamento é a da energia solar na biomassa, a partir da fotossíntese. A biomassa constitui a base dos *stocks* de recursos renováveis (Faucheaux e Noël, 1995: 160-162).

Estes factores proporcionam vantagens para os combustíveis provenientes de fontes de biomassa (como é o caso do bioetanol) face aos combustíveis de origem fóssil, nomeadamente petróleo, pois estes últimos possuem limitações quanto ao cenário futuro de

abastecimento, enquanto àqueles têm a possibilidade de manterem determinadas taxas de produção num horizonte temporal.

No entanto, tal vantagem dos combustíveis provenientes de fontes de biomassa conseguirá sustentar-se caso a produção do seu *input* (a cana-de-açúcar, no caso do bioetanol brasileiro) consiga manter-se sobre taxas que respeitem a capacidade de regeneração do ecossistema onde ele existe. Ou seja, se a sua taxa de extracção exceder de modo persistente a sua taxa de crescimento pode vir a acarretar problemas para o ecossistema, que se repercutirão negativamente sobre a sua produção.

2.2. A biomassa

A matéria-prima para a energia vem dos *stocks* de energia primária, ou seja: petróleo, carvão, gás natural, *hidro-electricidade*, energia nuclear, recursos energéticos como o solar e o eólico, a biomassa, entre outros (Elsworth, 1990: 158).

A biomassa pode ser definida, de forma simples, como uma fonte derivada de materiais orgânicos, onde todos os organismos existentes capazes de realizar fotossíntese (ou derivados destes) podem ser utilizados para geração de energia. Ou seja, através da fotossíntese, as plantas captam energia do sol e transformam-na em energia química. Esta energia pode ser convertida em electricidade, combustível ou calor. Assim, são chamadas de biomassa as fontes orgânicas que são usadas para produzir energias através deste processo (Ambiente Brasil, 2007).

2.3. Os biocombustíveis

O biocombustível é tido como um combustível alternativo produzido através de materiais biológicos (biomassa) (Ryan et al., 2005: 2). Podem ser líquidos ou gasosos, e podem substituir total ou parcialmente (realizando uma mistura) os combustíveis convencionais nos veículos motorizados (Dermibas e Balat, 2006: 2372).

O biocombustível é um recurso energético que o ser humano tem usado desde os tempos antigos. Actualmente, o aumento do seu uso com a finalidade de gerar energia tem particular interesse pelo seu potencial em substituir os actuais combustíveis obtidos de fontes não renováveis.

Tem-se identificado uma ampla gama de questões ambientais relacionadas com o seu desenvolvimento. Estas questões incluem mudanças potenciais na qualidade do ar, mudanças na disponibilidade e qualidade da água, e depósito de resíduos associados a aspectos

industriais da sua produção. Dentro de cada uma dessas áreas há potenciais benefícios e riscos a serem considerados (McLaughlin e Walsh, 1998: 317).

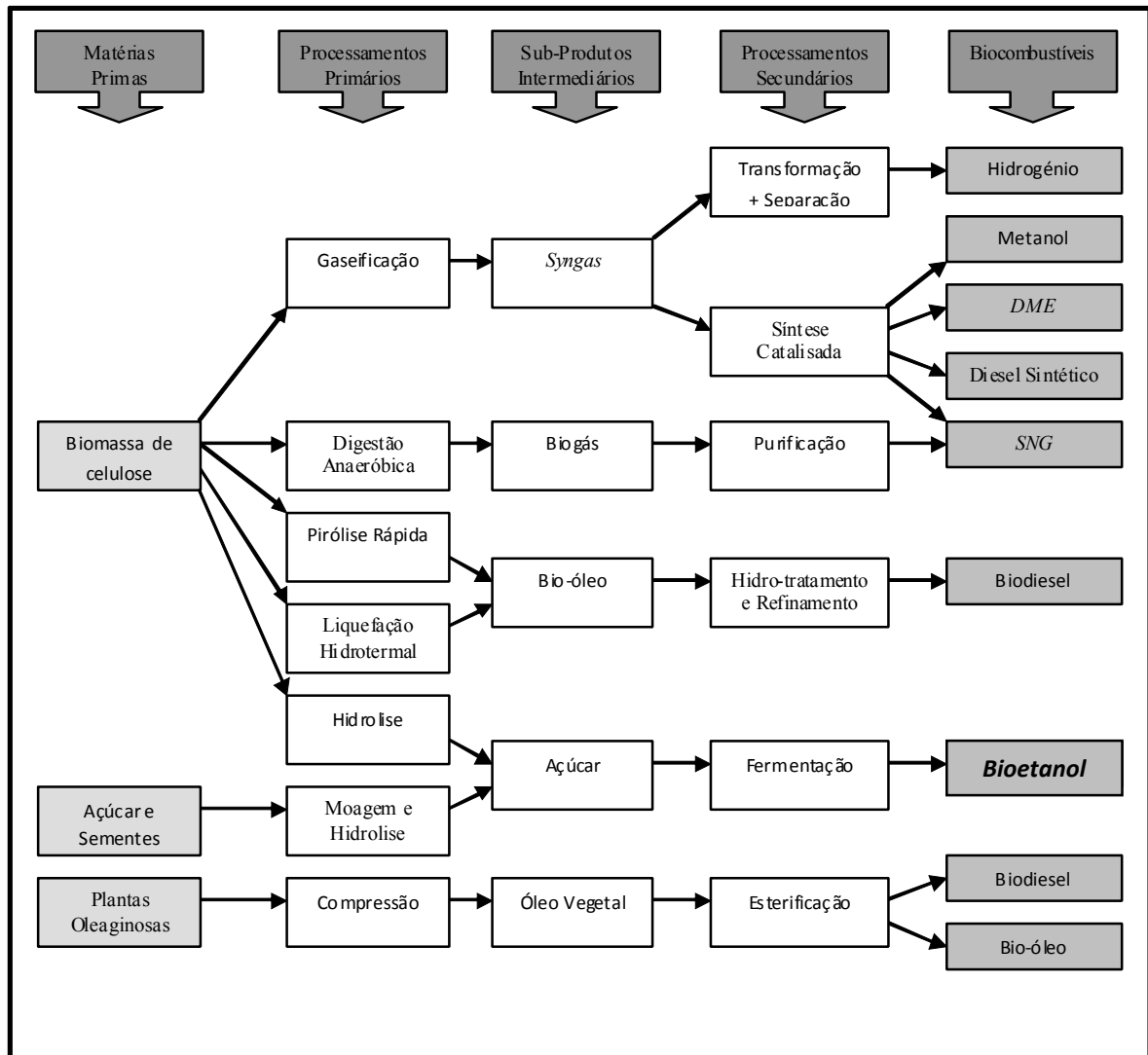


Figura nº 1 - Visão Geral dos Processos de conversão da biomassa em biocombustíveis (Adaptado de Hamelincka e Faaij, 2005: 2).

Os principais processos de obtenção de biocombustíveis (extração de óleos vegetais, fermentação de açúcares para obtenção do bioetanol, gaseificação, sínteses químicas e liquefacção directa) estão apresentados na figura nº 1. São utilizadas, fundamentalmente, como matérias-primas a biomassa obtida da celulose, as plantas que fornecem açúcares, as sementes, e as plantas oleaginosas.

São muitos os combustíveis que podem ser concebidos, como é o caso do metanol, bioetanol, hidrogénio, DME (*dimethylether*), SNG (*Substitute Natural Gás*), diesel sintético, biodiesel e bio-óleo, entre outros, que apresentam propriedades distintas. Pode-se destacar alguns deles:

- Bio-óleo: líquido negro cujas utilizações principais são aquecimento e geração de energia eléctrica;
- Biogás: metano obtido juntamente com o dióxido de carbono através da decomposição de materiais como lixo, alimentos, esgoto e esterco, em digestores de biomassa;
- *Biomass-to-Liquids*: líquido que pode ser empregue na composição de lubrificantes e combustíveis líquidos para utilização em motores à diesel;
- Biodiesel: é feito basicamente do *dendê*, da *mamona* e da soja;
- Bioetanol: é o produto derivado de todos os processos de obtenção de etanol cuja matéria-prima seja a biomassa. Para a produção potencial de bioetanol, as principais fontes de biomassa empregues são: sementes (milho, cevada, aveia, arroz, trigo, sorgo, etc.), cana-de-açúcar, beterraba, fontes de celulose, entre outros (Kim e Dale, 2004).

2.4. O bioetanol da cana-de-açúcar

Como o objectivo deste trabalho é avaliar a contribuição do bioetanol numa perspectiva económica e ambiental partindo da análise do caso brasileiro, que emprega a cana-de-açúcar como matéria-prima, torna-se proeminente apresentar algumas considerações básicas sobre o processo de obtenção do bioetanol através desse *input*.

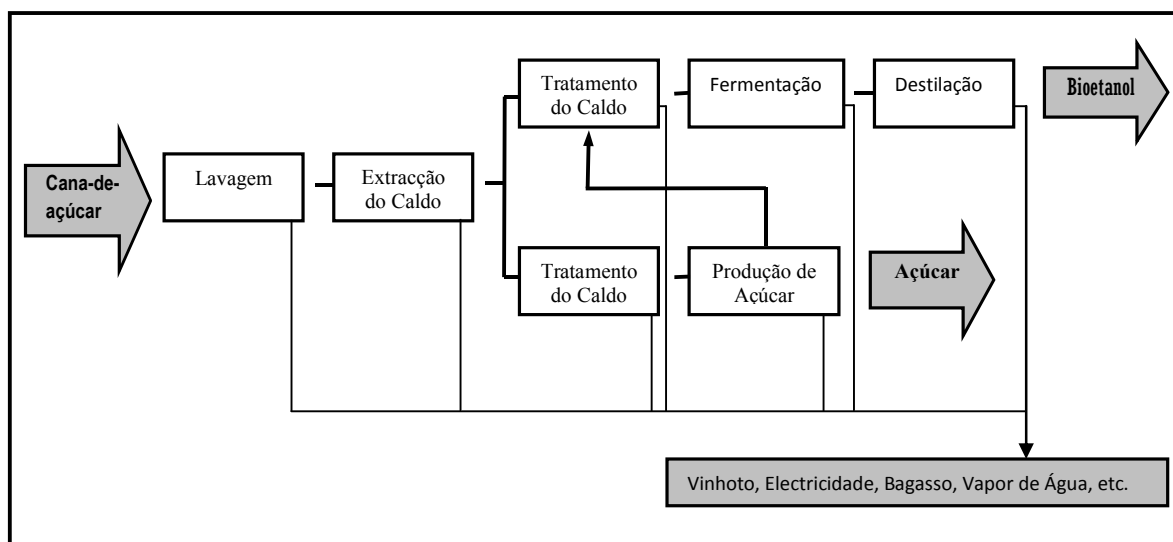


Figura nº 2 - Processo de produção de bioetanol e de açúcar a partir da cana-de-açúcar (Adaptado de Moreira e Goldemberg, 1999: 230).

De acordo com o esquema apresentado na figura nº 2, podemos verificar que a cana-de-açúcar pode gerar dois produtos principais, o açúcar e o bioetanol. Adicionalmente, ela gera alguns subprodutos como o *vinhoto* (que pode ser utilizado como fertilizante e na

irrigação) e o bagaço (usado principalmente para a geração do vapor e fornecimento de energia para moer, aquecer, concentrar o caldo e destilar o bioetanol).

A este respeito importa destacar que existem dois tipos de destilarias: algumas que podem produzir tanto bioetanol quanto açúcar ao mesmo tempo, combinando a produção dos dois produtos, enquanto outras se dedicam apenas a um dos dois *outputs*. A flexibilidade que o produtor tem no primeiro caso, em determinar o seu *output*, dá-lhe uma vantagem, pois se o açúcar se torna menos atraente devido à redução dos preços no mercado internacional, pode tornar-se mais lucrativo, por exemplo, mudar a produção para bioetanol (Moreira e Goldemberg, 1999: 230).

3. O Bioetanol e o Programa PROALCOOL

O desenvolvimento de um programa energético alternativo no Brasil, que procurou reduzir a utilização de petróleo, promoveu importantes transformações económicas, sociais e ambientais. De facto, a evolução registada ao nível da produção, bem como ao nível do consumo do bioetanol, esteve directamente relacionada com alterações numa vasta cadeia de agentes económicos, que foram responsáveis por modificações sensíveis na matriz energética brasileira.

A partir da análise de vários trabalhos dedicados à delimitação e classificação das diferentes fases desse processo, onde se observam alterações nas políticas de desenvolvimento e incentivo à afirmação do bioetanol no mercado nacional brasileiro ao longo do tempo (ver por exemplo: Calle e Cortez (1998), Walter (2001), Oliveira (2002) e Baccarin (2005)), é possível verificar que, no essencial, apontam para uma relativa concordância. Contudo, tais trabalhos têm privilegiado a identificação das formas e características do processo, descurando a realização de análises que relacionem o processo de implementação do bioetanol e do Programa Nacional Brasileiro do Álcool (PROALCOOL) com a teoria económica, sob uma perspectiva crítica.

Deste modo, será realizado a seguir a identificação e análise crítica das origens da produção e uso do bioetanol no Brasil, caracterizando-se as diferentes fases que marcaram esse processo, as políticas utilizadas, os últimos eventos e perspectivas que têm interferido no desenvolvimento do sector e, com base na teoria económica, identificar os principais prós e contras envolvidos neste contexto.

3.1. Fase 0 (1903 a 1975) – as origens do bioetanol no Brasil

O movimento que se tem vindo a registar há algumas décadas no Brasil, no que diz respeito às energias renováveis, tem sofrido a influência de factores tão díspares como: a dependência energética de combustíveis fósseis, os problemas políticos nas companhias produtoras de petróleo, as restrições ambientais à poluição do ar, as questões inerentes às alterações climáticas e o aumento da consciência pública sobre a necessidade de se realizar um desenvolvimento sustentável (Goldemberg et al., 2004a: 1145).

No que respeita à utilização da energia de biomassa no Brasil, pode afirmar-se que foi igualmente influenciada pela importância histórica de certas culturas agrícolas no país. De facto, a produção de cana-de-açúcar, introduzida na região nordeste no século XVII, para

tentar quebrar o monopólio mundial dos franceses da oferta de açúcar (que era produzido principalmente nas Ilhas das Caraíbas), tem desempenhado um papel fulcral na economia e política brasileira, e actualmente tem ganho destaque pela contribuição que tem vindo a dar no sector energético (Moreira e Goldemberg, 1999: 229).

Segundo Moreira e Goldemberg (1999: 231), no Brasil o bioetanol derivado da cana-de-açúcar tem sido usado como combustível para motores desde 1903, altura em que o Primeiro Congresso sobre a Aplicação Industrial do Álcool propôs o estabelecimento de uma estrutura para promover a produção e o uso do bioetanol. Os autores destacam também que durante a Primeira Guerra Mundial o uso do bioetanol foi obrigatório em muitas áreas do país.

A primeira medida de política nacional oficial foi estabelecida em 1931, através do decreto federal nº 19717, obrigando a que o bioetanol fosse adicionado à gasolina, de forma a representar 5% da mistura. Este mesmo decreto estabeleceu linhas para o seu transporte e comercialização. Desde então diversas medidas foram tomadas para que a mistura de bioetanol *anidro* com a gasolina fosse utilizada como combustível para veículos motorizados (ou automóveis)¹ (Oliveira, 2002: 130). Neste mesmo ano foram instituídas a Comissão de Estudos sobre o Álcool Motor e a Comissão de Defesa da Produção do Açúcar². Em 1933, estas Comissões acabaram por fundir-se, através do decreto nº 22789, originando o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), que teve um papel fundamental na regulamentação das relações entre os industriais, agricultores e trabalhadores, até 1990, data da sua extinção (Baccarin, 2005: 50). Como se pode observar no quadro nº 1, sob o controlo deste órgão, de 1933 a 1975 o sector passou por um período de expansão, atingindo uma taxa média anual de crescimento de cerca de 4,8% na produção de cana-de-açúcar, 6,4% na produção de açúcar e 6,7% na produção de bioetanol.

¹ No Brasil, o bioetanol é usado em duas formas diferentes: *anidro* (misturado na proporção de 20-26% em volume na gasolina); ou *hidratado* (usado de forma pura nos motores) (Goldemberg *et al*, 2004B: p.302).

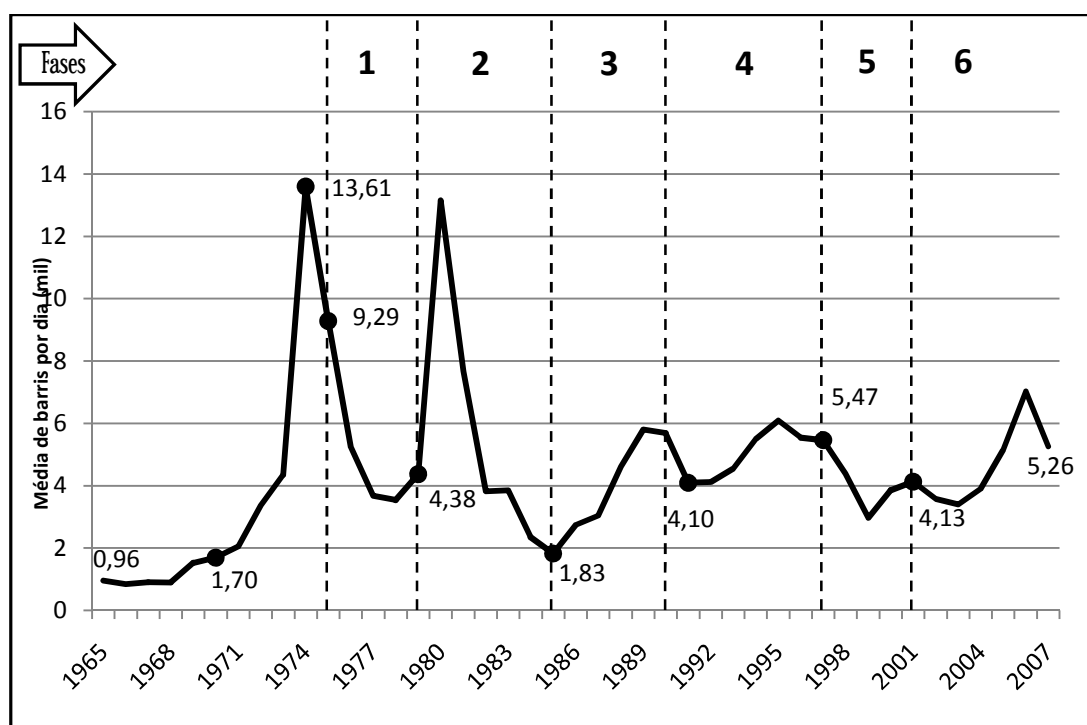
² A primeira criada em 4 de Agosto por uma portaria do Ministério da Agricultura (e oficializada pelo decreto nº 20356 no dia 1 de Setembro) e a segunda criada através do decreto nº 20761 (no dia 7 de Dezembro).

Quadro nº 1 - Evolução do Sector *Sucroalcooleiro*³ de 1933 a 1975.

	Cana-de-açúcar		Açúcar	Bioetanol
	Produção	Área Cultivada	Produção	Produção
1933	15522560 ton.	467488 hec.	8,7 milhões sacas	43,4 milhões de litros
1975	91524559 ton.	1969227 hec.	112 milhões sacas	625 milhões de litros
Crescimento no período	556%	421%	1187%	1440%
Taxa média anual de cresc.	4,8%	4,2%	6,4%	6,7%

Fontes: Baccharin (2005) e IBGE (2008).

Em meados da década de 1970, a actividade da cana-de-açúcar, que ocupava um lugar primordial entre as principais actividades nacionais, estava em crise. Os preços da cana-de-açúcar eram baixos, e os excedentes de produção iam-se repetindo. Importa igualmente destacar que à quebra dos preços do açúcar a partir de 1974, como pode ser observado na figura nº 3, se seguiu a um período de preços elevados no mercado internacional, o que havia conduzido à realização de avultados investimentos na modernização e expansão da indústria do açúcar (Calle e Cortez, 1998: 115).

**Figura nº 3 - Evolução do preço nominal mundial do açúcar (cent. de dólar/kg)⁴ ⁵.**

³ Ramo de actividade que inclui a produção da cana-de-açúcar, açúcar e bioetanol.

⁴ Ao longo desta dissertação, quando utilizarmos dólares, estaremos referindo à USD\$.

⁵ Elaborado a partir dos dados do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2008).

As elevações do preço do petróleo no mercado internacional originadas pelas crises dos anos 1970, como pode ser observado na figura nº 4, alertaram o governo, que vivia num regime militarista, para a necessidade e oportunidade de se promover o uso e produção do bioetanol de forma mais intensa. Isso ocorreu devido ao facto de se ter tornado evidente a necessidade de libertação do país da forte dependência no mercado mundial de combustíveis e, por outro lado, como um passo para garantir a segurança nacional. Foi um momento em que a oferta de energia se tornou prioritária para o Estado, tendo-se também iniciado muitos outros planos, como por exemplo, o Programa Nuclear e o Pró-Oleo (para a produção de óleo vegetal em substituição do gásóleo).

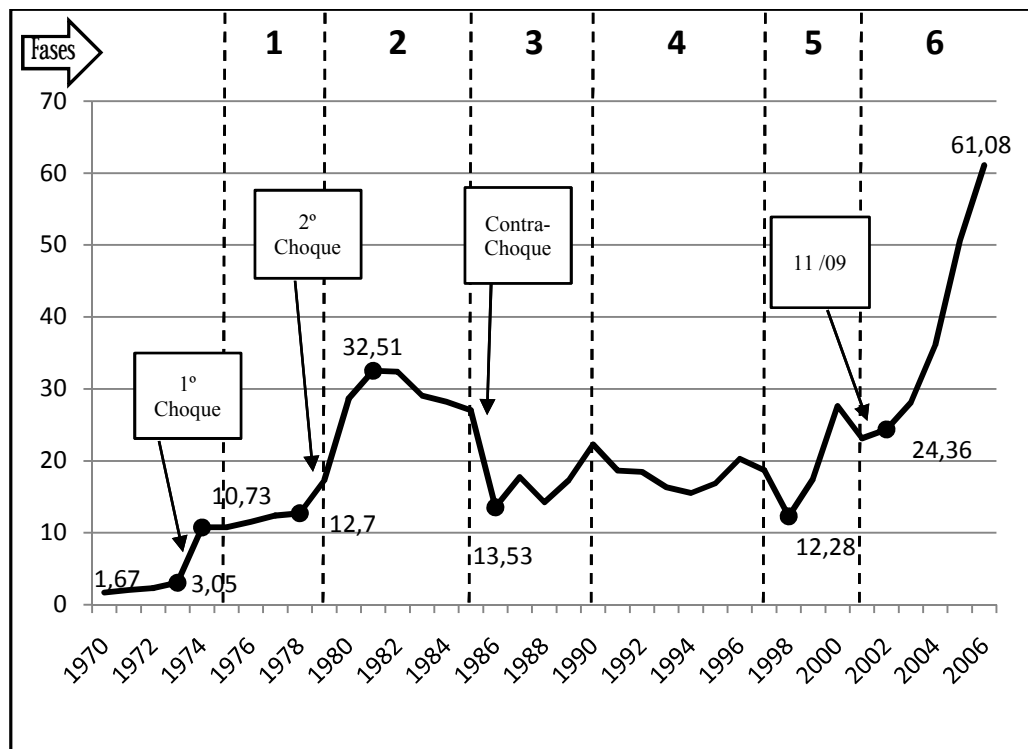


Figura nº 4 - Evolução do Preço Nominal do Petróleo da OPEP – dólar/Barril⁶.

De facto, o Brasil era fortemente dependente das importações de petróleo (e do seu principal derivado, a gasolina). O petróleo representava cerca de 40% do consumo nacional de energia, sendo que, em 1975, o seu fornecimento dependia das importações em 80,7%, como pode ser observado na figura nº 5. Adicionalmente, a procura estava a aumentar devido à rapidez do crescimento económico (Oliveira, 2002: 131).

⁶ Elaborado a partir de dados da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP, 2006).

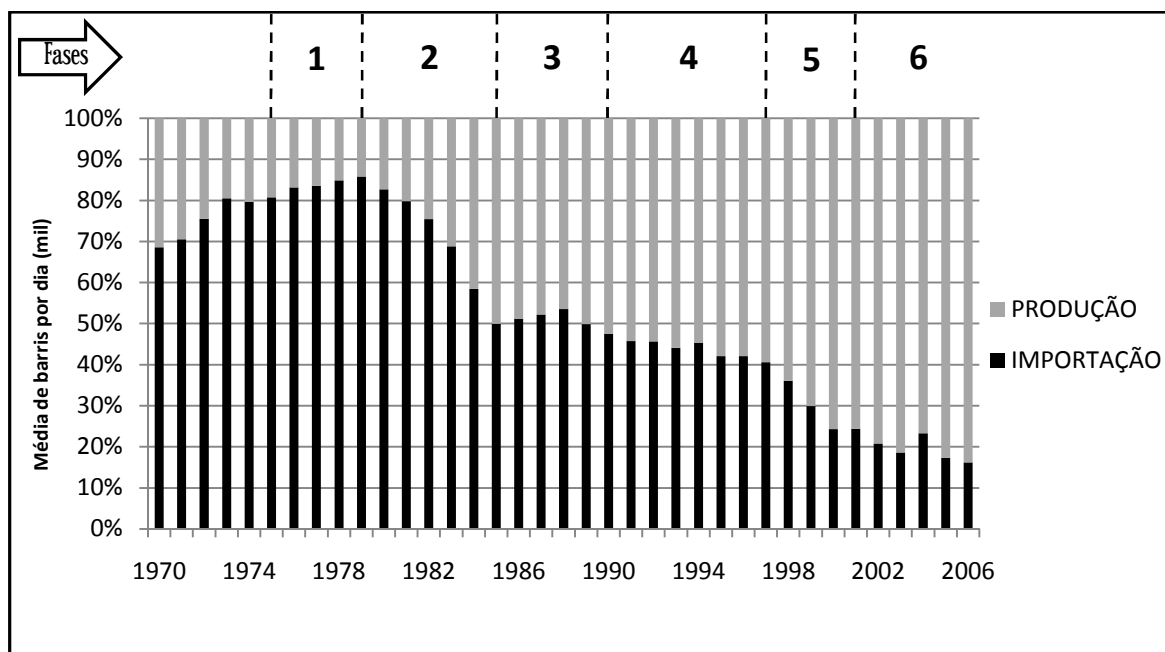


Figura nº 5 - Evolução da Produção e Importação de Petróleo no Brasil, 1975-2006⁷.

Como ressaltam Calle e Cortez (1998: 115) a estratégia do governo brasileiro passou então por procurar assegurar a estabilidade do abastecimento de energia (de modo a sustentar o crescimento económico) substituindo o petróleo importado por fontes domésticas, tão rápido quanto possível, ao mesmo tempo que atenuava os efeitos da flutuação dos preços do açúcar no mercado internacional. Nesse sentido, no dia 14 de Novembro de 1975, com o decreto nº 76593, o governo criou o Programa Nacional Brasileiro do Álcool (PROALCOOL) e intensificou o uso do bioetanol misturado com a gasolina como um combustível para automóveis movidos a gasolina⁸.

3.2. Fase 1 (1975 a 1979) – o início do PROALCOOL

A principal meta do PROALCOOL era substituir a gasolina pelo bioetanol, obtido através da biomassa (no caso, da cana-de-açúcar, da mandioca e do sorgo). No entanto, por oferecer uma melhor solução tecnológica, possuir uma capacidade produtiva instalada e não totalmente aproveitada, somadas às acções políticas dos representantes do complexo

⁷ Elaborado a partir de dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2007).

⁸ Importa destacar também que, de acordo com o que se pode observar a partir da figura nº 5, nomeadamente nas décadas de 1980 e 1990, o Estado brasileiro foi bem sucedido no que respeita à redução da importação de petróleo, principalmente, através da descoberta de novos jazigos e evolução nas técnicas de extracção e produção nacionais tendo o país atingido, em 2006, a sua auto-suficiência quanto à oferta deste produto (ver quadro 1A dos apêndices).

sucroalcooleiro, a cana-de-açúcar tornou-se a única fonte de produção de bioetanol no país (Baccarin, 2005: 49).

A estrutura do mercado de combustíveis brasileiro sofreu profundas alterações, em grande parte como resultado dos esforços do Estado. De facto, o Estado procurou estimular o sector público e privado do bioetanol a empreender projectos direccionados para a expansão dessa indústria. Como exemplo temos a construção de destilarias; a expansão da produção de cana-de-açúcar; a reformulação do sector automobilístico; a comercialização de carros movidos a bioetanol. O instrumento privilegiado foi, sem dúvida, a atribuição de subsídios, que assumiram variadas formas (Oliveira, 2002: 131).

Entre os interessados, naquele momento, no desenvolvimento deste sector encontramos os próprios donos das destilarias, os produtores de cana-de-açúcar, os produtores de açúcar, o governo federal e estadual, grupos militares, os laboratórios de investigação e algumas universidades (empenhados em desenvolver uma tecnologia nacional, evitando a dependência e importação tecnológica dos países industrializados). Mas sem dúvida que os próprios responsáveis do governo, atendendo ao rápido aumento do défice nacional, em virtude da subida do preço do petróleo, encontravam nestas medidas uma forma de atenuar os problemas económicos do país.

Por outro lado, como opositores às políticas em prol do bioetanol, encontravam-se empresas petrolíferas e fabricantes de automóveis (nacionais e multinacionais). O primeiro grupo por considerar que o bioetanol se poderia tornar numa ameaça aos lucros obtidos a partir dos derivados do petróleo, nomeadamente a gasolina, pois absorveria parte da procura de combustíveis e influenciaria os preços. Além disso, o surgimento de um novo concorrente neste segmento significaria um aumento da competitividade, que poderia conduzir à necessidade de proceder a mudanças estruturais nas refinarias, e conseqüentemente a terem de suportar custos acrescidos. Quanto aos fabricantes de automóveis, que se sentiram particularmente ameaçados com a regulação do Estado sobre o número de automóveis movidos a bioetanol, receavam não só os custos decorrentes das transformações que teriam que efectuar, mas também as questões ligadas à segurança, credibilidade e capacidade de penetração no mercado dos motores movidos a bioetanol (Oliveira, 2002: 131).

Para implementar o PROALCOOL, o Estado instituiu uma estrutura para avaliar e financiar novos projectos, e criou, especialmente para essa finalidade, a Comissão Nacional do Álcool (CNAL), que envolvia vários ministérios. Durante os primeiros anos do programa o objectivo foi usar a estrutura produtiva existente para instalar novas destilarias anexas às *usinas* de açúcar, e produzir o bioetanol *anidro* que seria misturado com a gasolina.

As principais medidas políticas para o fomento do bioetanol nesta primeira fase foram estabelecidas pelos decretos nº 75966 (anterior à criação do PROALCOOL) e nº 76593, que deliberaram:

- o estabelecimento de um preço de compra - constituía um preço de paridade de 73,3% para o bioetanol *anidro* em relação ao preço do açúcar, que servia de base para o IAA adquirir o bioetanol das destilarias;
- o estabelecimento de um preço de venda – o IAA venderia o bioetanol à Petrobrás⁹ ou ao Conselho Nacional do Petróleo (CNP) a um preço igual ao preço de venda da gasolina nas distribuidoras (deduzidas despesas de mistura);
- o financiamento do parque industrial (destilarias anexas ou *autónomas*¹⁰) – taxa de juro de 17% ao ano (podendo atingir 15% ao ano para as regiões Norte e Nordeste)¹¹, e prazo máximo de 12 anos (inclusive carência de 3 anos).
- o financiamento agrícola (cana-de-açúcar e outras matérias-primas) – taxa de juro de 7% ao ano (metade da taxa das demais culturas) e prazo máximo de 5 anos (inclusive carência de até 2 anos)¹².
- o aumento do volume de bioetanol adicionado à gasolina (passando de 1% em 1975 para valores superiores a 10% no final da década).

Os reflexos destas medidas fizeram-se sentir ao longo do tempo. Analisando os Quadros nº 2 e nº 3, podemos retirar que das cerca de 225 unidades produtoras do complexo *sucroalcooleiro* brasileiro em 1975, apenas 87 estavam voltadas para a produção de açúcar, 129 unidades eram mistas e apenas 9 produziam exclusivamente bioetanol. Até 1985, foram enquadrados 560 projectos no PROALCOOL, de destilarias *autónomas* ou anexas às *usinas* de açúcar. Importa contudo precisar que isto não quer dizer que tenham sido criadas 560 novas unidades agro-industriais. Parte desses projectos destinavam-se à expansão de unidades já existentes e algumas unidades, ao longo do período, tiveram mais de um projecto enquadrados no PROALCOOL. Além disso, um número (mesmo que pequeno) de projectos foi enquadrado, mas não entrou em funcionamento (Baccarin, 2005: 90).

⁹ Companhia Petrolífera Nacional.

¹⁰ Destilarias que ao invés de *layouts* combinados para produção de açúcar e bioetanol, tinham apenas o bioetanol como *output*.

¹¹ Enquanto, por exemplo, a inflação medida pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI) variou entre 29,33% (em 1975) a 77,24% (em 1979) (IPEADATA, 2008).

¹² A partir de 1977 o crédito para a área agrícola passou a assemelhar-se ao das demais actividades, com financiamento de até 100% dos gastos, com amortizações de 1 a 3 anos para custeio e 5 a 12 anos para investimentos, com 2 anos de carência e taxa de juro de 13 a 15% ao ano.

Quadro nº 2 - Tipo de Unidade Agro-industrial do Complexo Sucroalcooleiro – 1975 a 2007

Tipo	Colheita 1974/1975		Colheita 1984/1985		Colheita 1990/1991		Colheita 2001/2002		Colheita 2007/2008	
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde.	%
Usina	87	38,7	38	10,4	30	7,6	18	5,9	15	4,1
Usina + Anexa	129	57,3	161	44,0	168	42,6	187	61,1	240	64,9
Destilaria Autónoma	9	4,0	167	45,6	196	49,7	101	33,0	115	31,1
Total	225	100	366	100	394	100	306	100	370	100

Quadro nº 3 - Evolução do número de Projectos enquadrados no PROALCOOL - 1975 a 1985

Ano	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Projectos Enquadrados	2	70	39	59	39	91	56	39	73	80	12
Acumulado	2	72	111	170	209	300	356	395	468	548	560

Importa igualmente referir que desde a criação do PROALCOOL até 1989, como expressam os dados no quadro nº 4, foram investidos, em termos nominais, aproximadamente 7084,92 milhões de dólares na lavoura de cana-de-açúcar e na instalação, aumento e reformas de *usinas* e destilarias. Deste total, 3967,6 milhões de dólares (56%) foram financiados com recursos públicos e 3117,32 milhões de dólares tiveram origem nos recursos empresariais.

Quadro nº 4 - Investimentos no PROALCOOL de 1976 a 1989 (milhões de dólares, a preços correntes).

Ano	Recursos				Total Valor
	Públicos		Privados		
	Valor	%	Valor	%	
1976	80,6	70,9%	33,1	29,1%	113,7
1977	281,3	74,4%	96,8	25,6%	378,1
1978	205,2	72,6%	77,5	27,4%	282,7
1979	198,8	81,0%	46,6	19,0%	245,4
1980	688,3	77,9%	195,5	22,1%	883,8
1981	1170	71,5%	466,4	28,5%	1636,4
1982	395,5	44,6%	491,2	55,4%	886,7
1983	406,2	46,8%	461,8	53,2%	868
1984	442,3	39,1%	689	60,9%	1131,3
1985	66,2	43,0%	87,7	57,0%	153,9
1986	24,4	28,8%	60,32	71,2%	84,72
1987	8,4	2,6%	313,2	97,4%	321,6
1988	0,4	0,5%	73,4	99,5%	73,8
1989	0	0,0%	24,8	100,0%	24,8
Total	3967,6	56%	3117,32	44%	7084,92

Fonte: Baccharin (2005)

É ainda relevante mencionar que o PROALCOOL propôs-se a financiar cerca de 80% a 90% dos investimentos do parque industrial no período de 14 de Novembro de 1975 a 30 de Setembro de 1979 (até 31 de Dezembro de 1976 este limite foi na realidade de 100%). Com isso, o montante total dos gastos públicos nesta fase foi de aproximadamente 765,9 milhões de dólares contra 254 milhões de dólares do sector privado, sendo que em 1979, os gastos públicos representavam cerca de 81% dos investimentos realizados no sector.

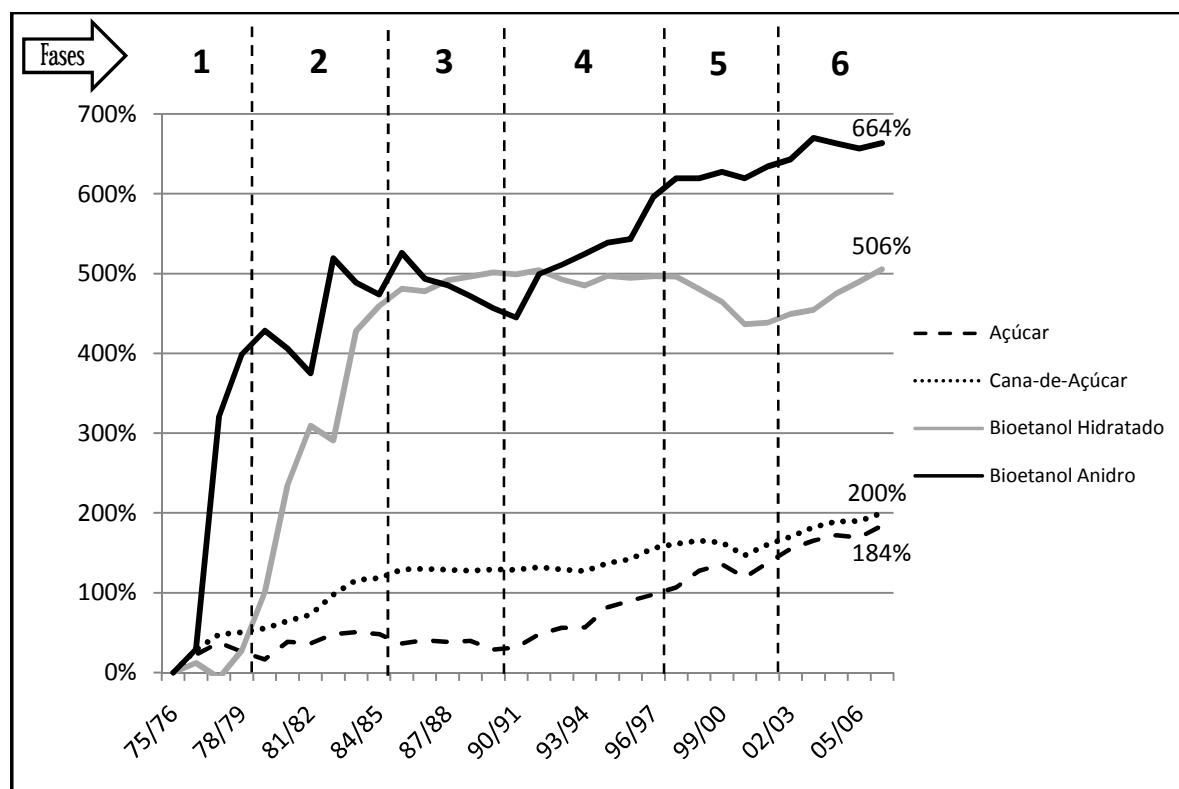


Figura nº 6 – Evolução do Sector Sucroalcooleiro no Brasil¹³.

Como se pode observar na figura nº 6, o resultado foi uma expansão, de 1975 a 1979, de: 399% para produção de bioetanol *anidro*, passando de 0,23 para 2,19 biliões de litros; de 28% para o bioetanol *hidratado*, passando de 0,32 para 0,39 biliões de litros; de 54% para a produção de cana-de-açúcar, passando de 68,3 para 107,6 milhões de toneladas; e de 26% para o açúcar, passando de 5,89 para 7,34 milhões de toneladas.

3.3. Fase 2 (1979 a 1985) – alargamento do programa

Com o segundo choque petrolífero, em 1979, o Governo Federal decidiu expandir o programa. O objectivo central era promover um aumento da escala de produção do bioetanol

¹³ Elaborado a partir de dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2007).

hidratado, para ser usado como um combustível puro, continuando a autorizar e subsidiar a expansão da capacidade produtiva da cana-de-açúcar (Oliveira, 2002: 133). A intervenção directa do governo brasileiro contribuiu para que o bioetanol *hidratado* fosse disponibilizado em todos (26 mil, aproximadamente) os postos de abastecimento (Wheals et al., 1999: 483).

No campo oficial, em 1979, com o decreto nº 83700, o Governo brasileiro extinguiu a Comissão Nacional do Álcool e criou o Conselho Nacional do Álcool (que tinham a mesma sigla - CNAL) e a Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL), que se tornaram responsáveis pela fiscalização da produção do bioetanol no país (Calle e Cortez, 1998: 116). Ao mesmo tempo, o IAA deixava de ser o principal órgão de planeamento e execução das políticas públicas, passando apenas a desempenhar funções de assessoria técnica.

Destacaram-se ainda os acordos entre o Governo e o sector automobilístico (Calle e Cortez, 1998: 116). Estes visaram incentivar os fabricantes de automóveis a começarem a produzir carros movidos somente a bioetanol com a tecnologia desenvolvida nas universidades e centros de investigação¹⁴ (sem necessidade do pagamento de *royalties*), e procurou definir metas iniciais de produção¹⁵ (Oliveira, 2002: 133).

Goldemberg et al. (2004a: 1143) e Baccarin (2005: 86-89) apontam que o aumento da produção e uso do bioetanol como combustível só foi possível graças às acções governamentais no sentido de o tornarem atractivo aos consumidores. Como exemplo de algumas dessas medidas identificaram-se:

- a manutenção do preço do bioetanol num nível relativamente mais favorável que o da gasolina (ver figura nº 7);
- a manutenção de menores índices de tributação aos veículos movidos a bioetanol comparativamente com os movidos a gasolina, com redução da Taxa Rodoviária Única e do Imposto de Produtos Industrializados (IPI);
- a implantação de bombas com o bioetanol em todos os postos de serviço do país, que asseguravam a sua oferta;
- a proibição da venda da gasolina aos sábados, de 1981 a 1984, enquanto era permitida a de bioetanol.

¹⁴ O desenvolvimento dos motores dedicados ao bioetanol na sua forma pura, e a modificação de motores para a mistura de gasolina e bioetanol, deram os seus primeiros passos conduzidos pelo Centro de Tecnologia da Aeronáutica e gradualmente foram ficando a cargo dos próprios fabricantes (Moreira e Goldemberg, 1999: p.231).

¹⁵ Em 19 de Setembro de 1979, foi firmado um Protocolo entre o Governo Brasileiro e a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos (ANFAVEA), estabelecendo que as indústrias privadas instaladas no país se comprometiam a produzir 250 mil automóveis movidos a bioetanol em 1980, 300 mil em 1981, e 350 mil em 1982 (Baccarin, 2005: p.85).

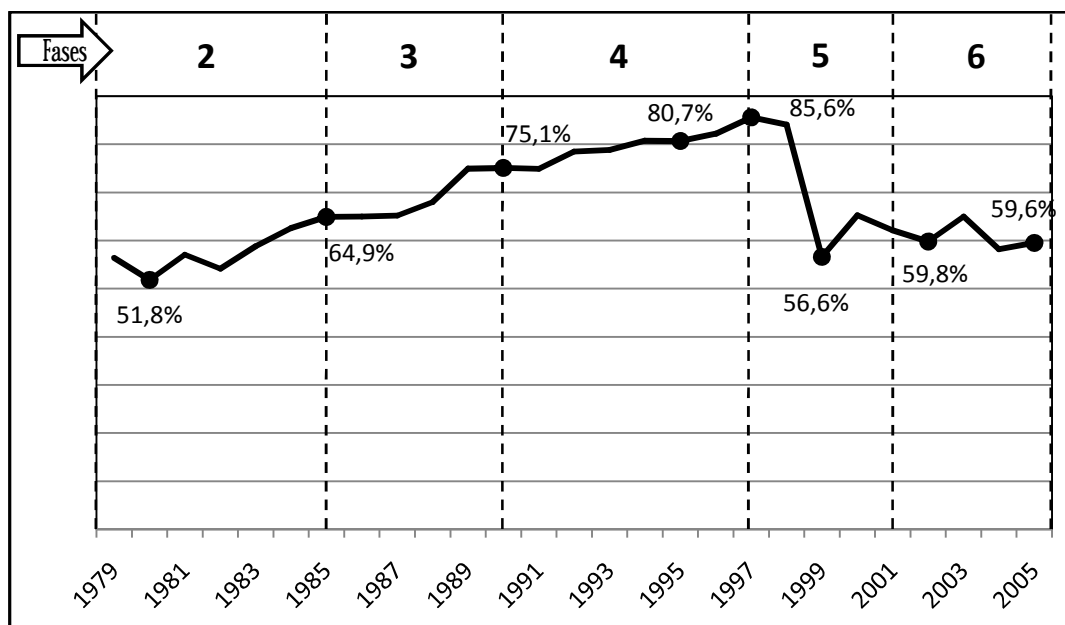


Figura nº 7 - Preço ao Consumidor (incluindo impostos) do Bioetanol em relação ao da Gasolina¹⁶.

Adicionalmente, o Estado continuava a adoptar medidas de modo a influenciar o progresso do sistema produtivo, tentando assegurar o seu desenvolvimento e a oferta do produto, com destaque para:

- a isenção do Imposto Único Sobre Combustíveis e Lubrificantes (que em 1980 representava 55% do preço da gasolina);
- a concessão de subsídios – aquisição (pela Petrobrás) do bioetanol do sector *sucroalcooleiro* por um preço superior ao cobrado no consumo;
- a fixação do preço do bioetanol pago aos produtores - alterou-se a paridade entre o preço do bioetanol e o do açúcar de 73,3% para 63,3%;
- o financiamento industrial - passou a ser cobrada uma taxa de juro de 5% ao ano, mais uma percentagem da inflação ou correcção monetária (cerca de 90% subsidiado);
- o financiamento agrícola - passou a ser cobrada uma taxa fixa de juro entre 2% e 5%, mais uma percentagem da correcção monetária (cerca de 50 a 70% subsidiado).

Estes factores, entre outros, resultaram num aumento da área cultivada de cana-de-açúcar no país, passando de 2.536.976 hectares em 1979 para 3.912.042 hectares em 1985, com uma taxa média de crescimento de 6,6% ao ano. O volume produzido de bioetanol *hidratado* no país, que na colheita de 1979/1980 era de 156.084 m³, atingiu o valor de 1.328.377 m³ em 1985, um aumento de 8,5 vezes (como pode ser observado na figura nº 4). Destaca-se ainda o aumento de 158 destilarias autónomas de 1979 a 1985 (ver quadro nº2).

¹⁶ Elaborado a partir de dados da Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2008).

Por outro lado, como se pode observar na figura nº 8, nota-se uma melhoria na produtividade agrícola, que passou de 54,75 para 63,19 toneladas colhidas por hectare, um crescimento médio de 2,35% ao ano. Este facto torna-se relevante não apenas por ter contribuído para o aumento do volume de bioetanol produzido, mas também por ter evitado uma maior expansão da área de cultivo, pois sem essa evolução seriam necessárias mais áreas para se atingir o mesmo nível de produção.

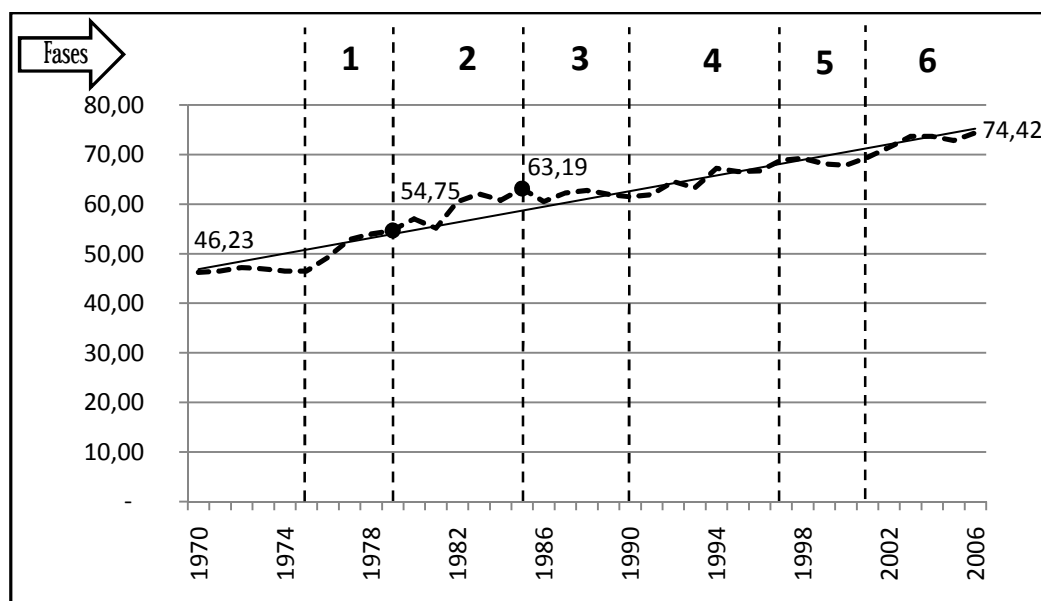


Figura nº 8 - Produtividade Agrícola da Cana-de-Açúcar (toneladas/hectare)¹⁷.

A partir da leitura das figuras nº 9 e nº 10 será possível verificar que os receios da indústria automóvel de que os consumidores não estivessem dispostos a optar por veículos a bioetanol, se revelaram injustificados, pois houve uma forte procura destes veículos já nos primeiros anos de fabrico. A venda de automóveis novos movidos a bioetanol, que no ano de 1979 foi de 2271 veículos, atingiu o seu ponto máximo em 1985, com cerca de 578,2 mil unidades negociadas, o que representou 96% dos automóveis vendidos no país naquele ano.

¹⁷ Elaborado a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).

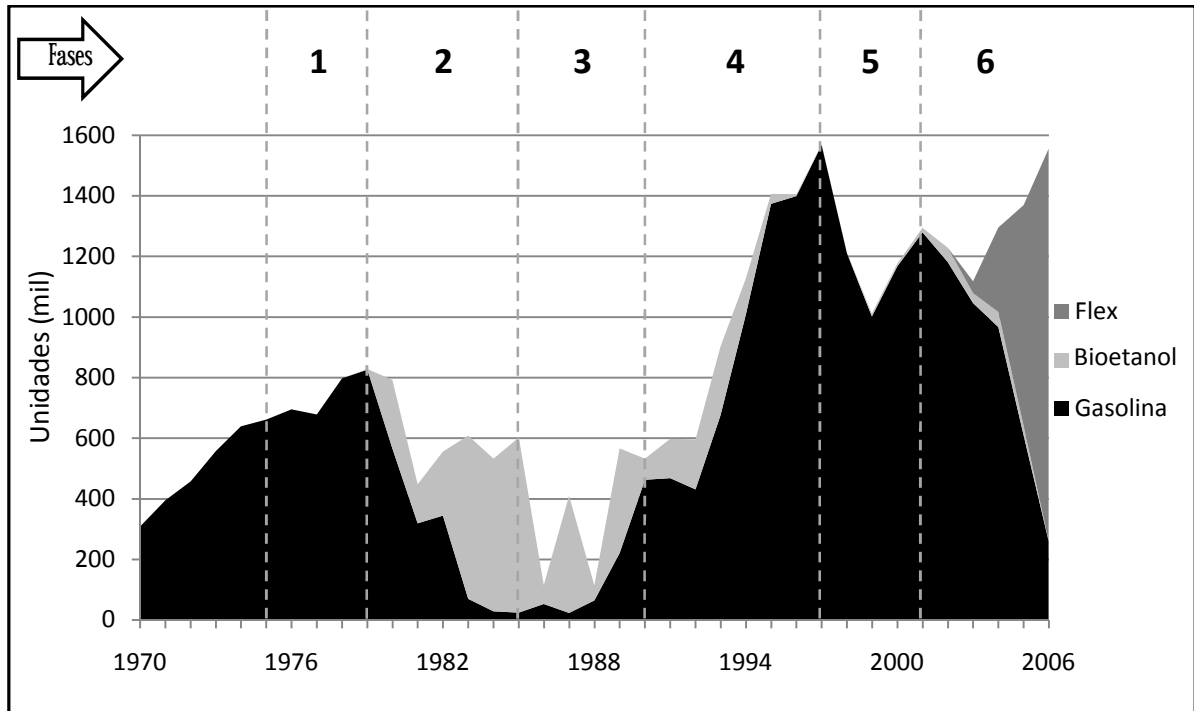


Figura nº 9 - Venda de Veículos Novos no Brasil¹⁸.

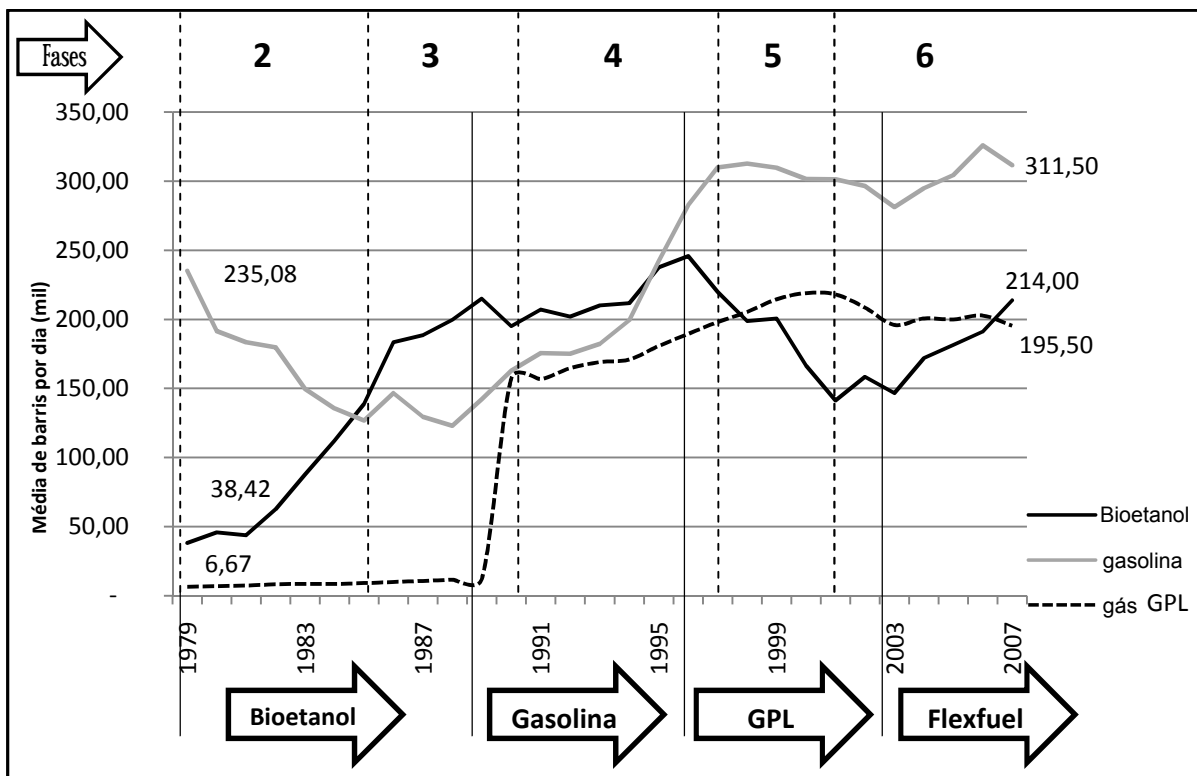


Figura nº 10 – Consumo Médio de Combustíveis no Brasil¹⁹.

¹⁸ Elaborado a partir de dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2007).

¹⁹ Elaborado a partir de dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2008).

Importa ainda destacar que, desde a introdução de automóveis movidos a bioetanol, em 1979, o consumo de combustíveis no Brasil tem apresentado diversas etapas, marcadas por factores como: a oscilação do preço do petróleo, a liberalização do uso do Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), os incentivos à produção de veículos denominados “populares”²⁰ movidos a gasolina e a inserção da tecnologia *flexfuel*²¹. Assim, e como se pode observar na figura nº 10, num primeiro momento, entre 1979 a 1989, em que os preços do petróleo eram elevados e os veículos movidos a bioetanol passaram a ser considerados como substitutos para os movidos a gasolina, assistiu-se a uma rápida ascensão do consumo médio de bioetanol (de 38,42 para 215,08 mil barris diários) e ao mesmo tempo ao declínio da gasolina (de 235,08 para 123,17 em 1988). A partir de 1988, assistiu-se à redução do preço da gasolina, dando-se início a um período de retoma na sua utilização. Este aumento da preferência pela gasolina aliado à expansão da utilização do GPL, a partir de 1991, motivou um período de relativa estagnação ou crescimento moderado do consumo de bioetanol até 1996 repercutidos nas fases 3 e 4. Nesse ano o governo adoptou medidas para fomentar a indústria automóvel, privilegiando veículos movidos a gasolina. A partir de então assistiu-se ao declínio do consumo de bioetanol (fase 5). Em 2003, com a introdução da tecnologia *flexfuel*, o consumo de bioetanol voltou a apresentar uma tendência positiva, atingindo no primeiro trimestre de 2007 um consumo médio de 214 mil barris por dia (ainda assim, correspondendo apenas aos valores atingidos em 1989) (fase 6).

A evolução registada no consumo dos diferentes tipos de combustíveis está directamente relacionada com a evolução verificada na venda de veículos novos, que podemos observar na figura nº 9. A análise desta figura permite reforçar as observações retidas da figura nº 10. Como pode ser observado na figura nº 9, até 1979 só os automóveis movidos a gasolina eram comercializados no país. A partir desta data o cenário foi-se alterando com a inserção dos veículos a bioetanol, cujas vendas passaram a ser predominantes durante a década de 1980. A partir de 1989 os veículos movidos a gasolina voltaram a recuperar as vendas, e os automóveis a bioetanol foram gradualmente perdendo atractividade, até que em 1996 passaram a representar apenas uma parcela marginal das vendas de veículos novos no país, o que perdura até hoje. No entanto, a partir de 2003 a introdução dos veículos

²⁰ O termo “modelos populares” é empregue para definir e identificar os automóveis com características *standards*. Além de não possuírem atributos tecnológicos adicionais e itens de maior qualidade, esses veículos eram equipados com motores de baixa potência (normalmente 1000 cm³), de modo a apresentarem preços mais reduzidos.

²¹ Veículos que possuem sensores que monitorizam o combustível e ajustam o motor para operar com qualquer combinação (mistura) de bioetanol e gasolina nos depósitos.

flexfuel fez com que o cenário comercial de veículos se alterasse profundamente. De facto, estes veículos têm dominado o mercado, e em 2006 representaram cerca de 83,13% das vendas, contra 16,76% de vendas dos movidos a gasolina e apenas 0,11% dos movidos a bioetanol.

3.4. Fase 3 (1985 a 1990) – estagnação do sector

A terceira fase ficou marcada por vários factores que abalaram fortemente o programa, conduzindo a um período de desaceleração e estagnação. De uma forma geral, após 1984, quando ocorreu a passagem do regime militarista para um regime civil, começaram a realizar-se cortes nos investimentos públicos e subsídios (Calle e Cortez, 1998: 116). Em 1986, o governo federal alterou as políticas de fomento para o sector produtor de açúcar e bioetanol, eliminando a política baseada na manutenção de preços mínimos e garantia de mercado, bem como a oferta de empréstimos subsidiados (excepto para o sector agrícola). Como pode ser observado no quadro nº 4, os investimentos públicos para o sector que em 1984 eram de 442,3 milhões de dólares, foram significativamente reduzidos em 1985, quando o seu valor atingiu 66,2 milhões de dólares (ocorrendo o mesmo com os investimentos do sector privado que passaram de 689 milhões de dólares para 87,7 milhões de dólares). Assistiu-se pois, a uma diminuição progressiva dos recursos despendidos pelo Estado, até que em 1989 foram mesmo anulados.

Destaque igualmente, para o facto do cenário internacional do mercado petrolífero se ter alterado significativamente a partir de meados da década de 1980. Por exemplo, o excesso de oferta provocou uma queda nos preços, atingindo-se em 1986 o valor médio nominal de 13,53 dólares por barril, depois de, em 1981, se ter alcançado um valor de 32,51 de dólares por barril, como pode ser observado na figura nº 4. Esse período, friamente denominado de “contra-choque do petróleo”, colocou em causa inúmeros programas de substituição de combustíveis fósseis e de promoção do uso eficiente da energia, um pouco por todo o mundo.

Por outro lado, a subida do preço do açúcar no mercado internacional (que vinha a denotar-se desde 1985, como pode ser observado na figura nº 3) influenciou os produtores, principalmente aqueles que tinham destilarias anexas, a optarem pelo aumento da sua produção, nomeadamente, a partir de 1990 (ver figura nº 6) em detrimento da produção de bioetanol. Desta forma, ocorreu um contributo adicional à retracção da oferta deste combustível (Piacente, 2006: 13-14).

Assim, o sector sentia neste momento uma pressão pelo aumento da competitividade dos derivados do petróleo, pois a queda do seu preço e o aumento da oferta nacional (fruto dos esforços dirigidos à reestruturação das refinarias de petróleo, o que provocou excesso de gasolina no país) tornaram-no novamente atraente aos consumidores. Adicionalmente, verificaram-se menores custos de bioetanol e metanol (substituto do bioetanol *anidro* na mistura com a gasolina) importados, pressionando ainda mais a produção nacional deste combustível. Pelo lado da procura, o aumento do número de veículos movidos a bioetanol, aliado à desaceleração da produção deste combustível ocorrida a partir de 1987, criavam pressão na capacidade de abastecimento do mercado e agravavam ainda mais a situação.

Estes factores fizeram com que o sector sofresse pressões tanto pelo lado da oferta, quanto pela procura. Esta conjuntura forçava, de um lado, à redução dos preços, de forma a tornarem-se competitivos face aos demais combustíveis. Isto implicaria ajustamentos na sua estrutura de custos, produtividade, lucro, ou mesmo numa intervenção do Estado através do aumento dos subsídios ou de uma *sobre-taxação* dos outros produtos. No entanto, em contrapartida, a pressão pelo lado da procura forçava ao aumento dos seus preços, passando a tornar complicada a manutenção de tais vantagens competitivas. Como resultado, neste período evidenciou-se alguma fragilidade do programa, intensificando-se as críticas à sua sustentabilidade, que acabaram por repercutir-se na Fase 4.

3.5. Fase 4 (1990 a 1997) – encerramento do PROALCOOL

Durante esta fase o Brasil adoptou políticas que promoveram reformas tributárias e controlo dos gastos públicos, que influenciaram directamente o PROALCOOL. Isto provocou um processo de desregulamentação do sector, que teve como marco inicial, a extinção, em 1990, do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) através do decreto nº 99240.

O PROALCOOL foi oficialmente encerrado em Fevereiro de 1991, quando a Comissão Nacional do Petróleo (CNP), a CNAL e a CENAL foram extintas. A partir daí, o sector foi controlado conjuntamente pelo Departamento Nacional de Combustível (DNC), pelo Ministério da Economia e pela Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR). Em 1993, foi criada a Comissão Interministerial do Alcool (CINAL), com o objectivo de promover a sustentabilidade da produção, garantir o planeamento a longo prazo, reexaminar os níveis das intervenções governamentais, aperfeiçoar a legislação e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do sector. Finalmente, em 1997, foi constituído o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA), com o objectivo de estudar e

propor políticas direccionadas ao sector e coordenar as acções dos diversos órgãos federais envolvidos com o sector (Baccarin, 2005: 185).

Importa destacar que apesar de o PROALCOOL ter sido extinto, o sector *sucroalcooleiro* continuou a ter acesso a créditos públicos, por intermédio do Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social (BNDES) (como demonstra o quadro nº 5), a taxas de juro inferiores às praticadas pelo mercado.

Quadro nº 5 - Desembolsos do BNDES para o Sector <i>Sucroalcooleiro</i> (dólares a preços constantes).					
Ano		Ano		Ano	
1990	17.998.359	1996	263.697.872	2002	236.842.483
1991	11.628.980	1997	212.131.121	2003	241.934.243
1992	36.067.356	1998	240.038.778	2004	205.097.897
1993	42.878.116	1999	52.092.856	2005	457.297.367
1994	124.395.505	2000	89.911.036	2006	908.564.849
1995	191.861.905	2001	150.423.579	2007	1.867.283.563
Total	5.350.145.864				
Fonte: BNDES (2007)					

A crise do abastecimento de bioetanol no mercado brasileiro acabou por ocorrer no fim da década de 1980 e início dos anos 1990. Como pode ser analisado na figura nº 11, a partir de 1988, o consumo de bioetanol no país superou a oferta interna do produto, de forma persistente, até 1997. Depois de atingir o seu ponto máximo em 1989, quando foram consumidos cerca de 11,7 milhões de m³ de bioetanol *hidratado*, nota-se uma tendência moderadamente regressiva no seu consumo até 1996. Como se pode observar no quadro nº 6, a partir de 1990, para minimizar os efeitos da crise o país teve de importar bioetanol e metanol de modo a garantir o abastecimento. Isto repercutiu-se directamente na venda de automóveis novos no país, alterando o cenário até então dominante do bioetanol que representava em 1989 cerca de 61% e que em 1990 passou a ser de 13,2%, como se pode observar na figura nº 9²².

²² Em 1989 foram vendidos 345.598 veículos movidos a bioetanol e 220.984 a gasolina. Já em 1990 o número de carros a bioetanol vendidos foi de 70.250 unidades contra 462.585 a gasolina (ANFAVEA, 2007).

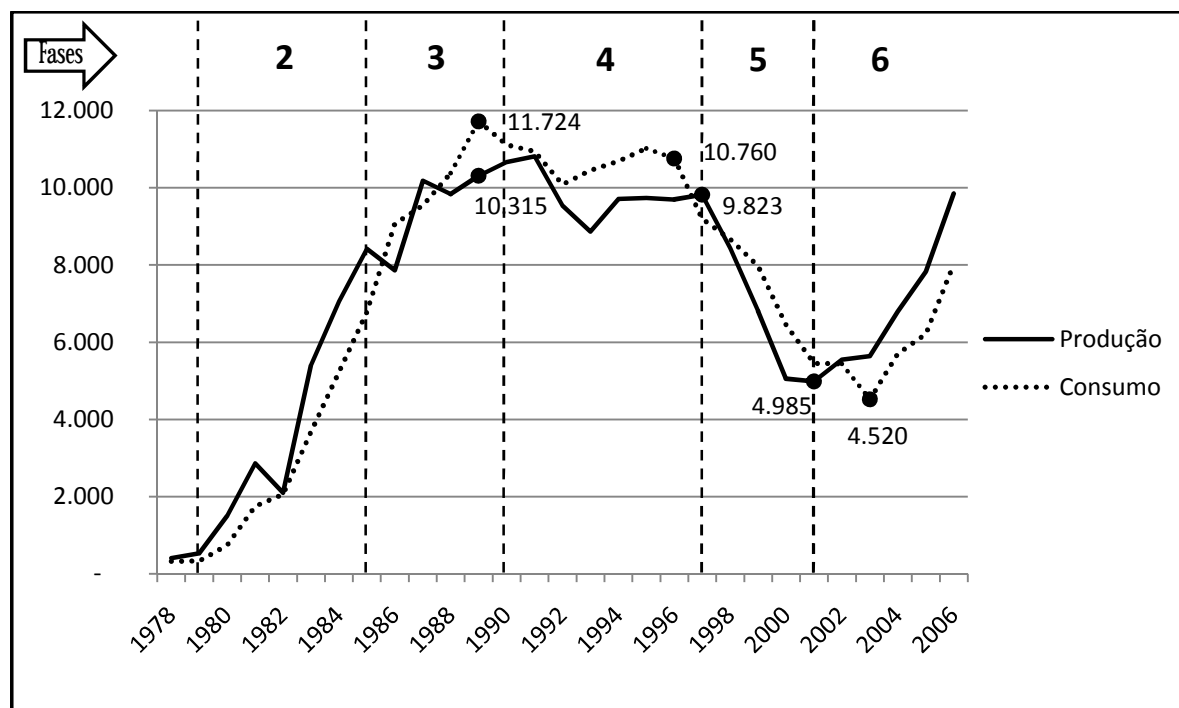


Figura nº 11 - Evolução da Produção e Consumo do Bioetanol Hidratado, 1978 a 2006 (mil m³)²³.

Quadro nº 6 - Importação de Bioetanol no Brasil (mil m³)²⁴.

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<i>Anidro</i>	438	191	0	0	406	487	0	352	143	0	0	0
<i>Hidratado</i>	718	893	550	1456	1460	1938	1321	530	13	371	64	118

Com o objectivo de abrandar os efeitos desfavoráveis das políticas de abertura e liberalização de mercados, implementadas pelo Estado nessa fase, para a indústria nacional de automóveis, o governo brasileiro passou a incentivar, por meio de subsídios e benefícios fiscais, a produção de veículos com modelos populares, que apresentavam preços mais atractivos. Esta acção do Estado tinha como finalidade proteger as fabricantes de automóveis de modo a impedir o arrefecimento do mercado, que poderia gerar depreciações e consequências ainda mais drásticas no sector. Como destacam Calle e Cortez (1998: 116) os veículos mais beneficiados naquele momento foram os movidos a gasolina, que recebiam adição de bioetanol, e não os movidos exclusivamente a bioetanol. Como pode ser observado na figura nº 12, em 1996 os automóveis populares representavam 50% dos veículos novos vendidos no país, atingindo o seu patamar máximo, de 71,7%, em 2001. Ao mesmo tempo, a partir de 1991, através da Portaria nº 107 do Ministério da Infra-estrutura, o país passou a aumentar a utilização do GPL, o que também impôs dificuldades ao sector.

²³ Elaborado a partir de dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2007).

²⁴ Elaborado a partir de dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2007).

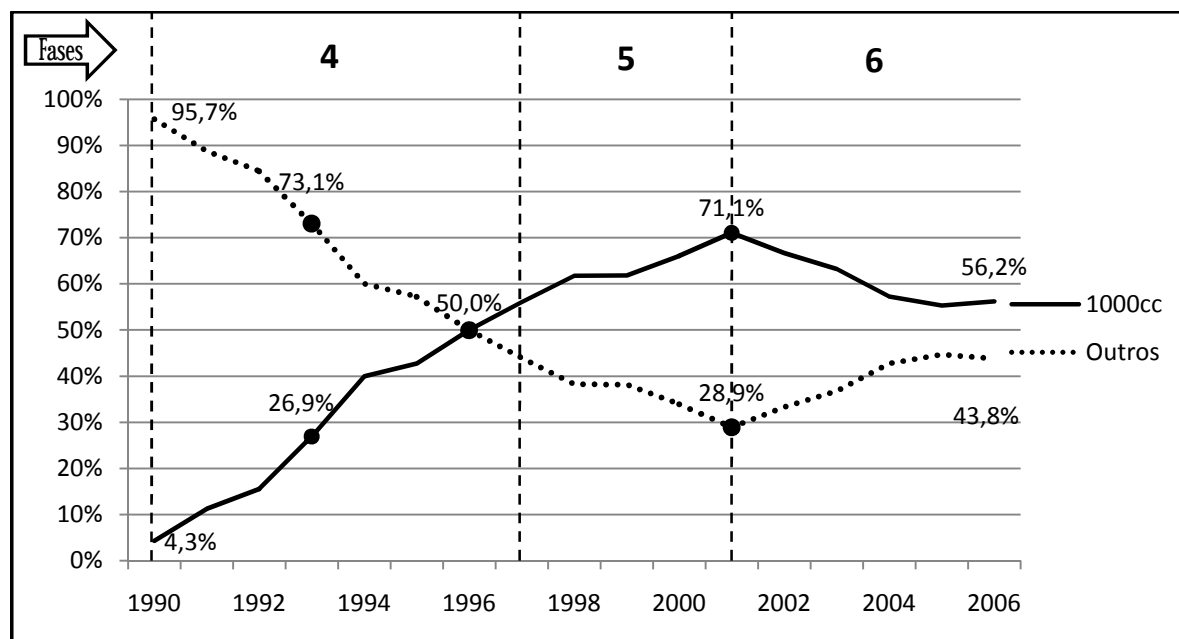


Figura nº 12 - Evolução da Participação nas Vendas dos Veículos de 1000 cc no Brasil, 1990 a 2006²⁵.

Verificava-se simultaneamente uma contracção na procura do bioetanol *hidratado*, gerada pela redução das vendas dos veículos movidos somente a bioetanol, e um crescimento da utilização do bioetanol *anidro*. Dois factores contribuíram para que isso acontecesse: o aumento da venda de veículos a gasolina (na qual o bioetanol *anidro* é misturado) em substituição dos veículos a bioetanol, e a decisão governamental de elevar, através de leis específicas, a percentagem de mistura do bioetanol *anidro* à gasolina, como pode ser observado no quadro nº 7. Consequentemente a produção foi gradualmente deslocada do bioetanol *hidratado* (usado como combustível puro), para o bioetanol *anidro* (que era adicionado à gasolina).

Quadro nº 7 - Participação Percentual do Bioetanol Anidro em mistura com a gasolina, no Brasil, 1990-2002.

Ano	%	Ano	%	Ano	%
1990	11	1995	19	2000	25
1991	14	1996	20	2001	26
1992	18	1997	22	2002	28
1993	18	1998	22		
1994	21	1999	25		

Fonte: Baccarin (2005: 239)

²⁵ Elaborado a partir de dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2007).

A contracção no consumo de bioetanol *hidratado* esteve também associada ao comportamento do seu preço relativamente ao da gasolina para o consumidor. De 1990 até 1998, enquanto perdurou a política de fixação de preço do bioetanol *hidratado*, o diferencial em relação à gasolina esteve entre 15% e 25%, como evidencia a figura nº 7, o que não compensava o maior consumo dos motores a bioetanol, desincentivando a venda de automóveis movidos a este combustível (Baccarin, 2005: 230-239).

3.6. Fase 5 (1997 a 2001) – liberalização do sector

Durante os anos subsequentes à Fase 4, o sector sofreu não só com a redução substancial dos subsídios cedidos aos produtores, mas igualmente com a eliminação do mecanismo de controlo dos preços exercidos pelo Estado. Como reflexo desta situação, assistiu-se ao decréscimo de 88 unidades produtoras de bioetanol, entre 1990/91 e 2001/02 (ver quadro nº 2). Neste período as vendas de veículos novos a bioetanol tornaram-se marginais, oscilando entre 0,1% e 1,2% do montante total (ver figura nº 9). Adicionalmente, houve declínio da produção de bioetanol *hidratado*, que passou de 9,83 milhões de m³ (em 1997) para 4,98 milhões de m³ (em 2001) (ver figura nº 10).

Em Maio de 1997 o preço do bioetanol *anidro* deixou de estar sob o controlo do Estado e passou a flutuar livremente, conforme as leis do mercado, acontecendo o mesmo com o preço do bioetanol *hidratado* em Fevereiro de 1999 (Goldemberg et al., 2004B: 302). Alguns produtores de bioetanol eram contra a liberalização dos preços, embora ela fosse desejada por muitos, particularmente pelos mais inovadores. Como enfatizam Calle e Cortez (1998: 117) o governo exercia muita influência e controlo sobre este sector, e se essa influência fosse reduzida poderia significar um aumento na liberdade de acção. Isto criaria um ambiente mais competitivo, onde os produtores mais eficientes teriam mais oportunidades e os menos eficientes seriam gradualmente forçados a abandonar o negócio.

Até a liberalização, diversas políticas foram usadas para o pagamento do bioetanol *hidratado* entregue pelas destilarias. A última, que vigorou de Março de 1997 a Janeiro de 1999, estabelecia um preço oficial para aquisição pelas distribuidoras (Baccarin, 2005: 203).

A Petrobrás, através das suas políticas denominadas Fundo de Uniformização de Preços (FUP) e posteriormente de Parcela de Preço Específico (PPE), continuou a subsidiar o bioetanol, garantindo os recursos através da fixação do preço de alguns derivados acima dos seus custos médios. Porém, a abertura do mercado de derivados de petróleo, ocorrida a 31 de Dezembro de 2001, que pôs fim ao monopólio que a companhia detinha, impediu-a de dar

continuidade à *sobre-taxação* de alguns derivados, dado que outras empresas poderiam vir a produzi-los ou a importá-los (Baccarin, 2005: 202-206).

3.7. Fase 6 (2001 a ...) – últimos eventos e perspectivas

Em 2001, a lei nº 10336 instituiu a Contribuição de Intervenção no Domínio Económico (CIDE), que incide sobre a importação e comercialização de combustíveis, tendo um valor fixo e proporcional ao volume comercializado²⁶. Em 2002, a lei nº 10453 (ou a chamada “Lei do Álcool”) dispôs sobre subvenções ao preço e ao transporte do bioetanol, que envolvem, além de outros pontos, o financiamento do stock do produto e instrumentos de apoio ao escoamento da produção.

As leis da CIDE e do Álcool, conjuntamente, garantem uma fonte de recursos públicos para o financiamento da produção e do stock de bioetanol, além de proporcionarem maior competitividade para este combustível, pois sujeitam a gasolina a uma maior incidência de tributação. Ou seja, estabelecem, de forma legal, um acordo institucional a favor do complexo *sucroalcooleiro*.

Importa ainda destacar que actualmente o bioetanol tem sido favorecido por isenções e redução de *aliquotas* dos principais impostos que incidem sobre a comercialização de combustíveis no Brasil, como é o caso do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), contribuição ao para o fundo que integra o Programa de Integração Social e o Programa de Formação do Património do Servidor Público (PIS/PASEP), *Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social* (COFINS) e mesmo da CIDE. O ICMS, por exemplo, que é um imposto Estadual e por isso tem uma *aliquota* diferente em cada Estado, tem variado entre 12% para São Paulo a 30% para a Paraíba. Em 2003, a PIS/PASEP e a COFINS foram reduzidas a zero para os distribuidores e os comerciantes no varejo, através da Medida Provisória nº 135/03. A CIDE na sua última alteração, realizada em Abril de 2004, pelo decreto nº 5060, também foi reduzida a zero para a importação e a comercialização de bioetanol.

Importa igualmente realçar que o processo de desregulamentação contribuiu para que as empresas do sector *sucroalcooleiro* alterassem as suas estratégias e desenvolvessem novos produtos e segmentos de mercado, bem como novas técnicas de produção, de modo a se

²⁶ Inicialmente foram estabelecidas as seguintes *aliquotas* específicas (unidade: reais/m³): gasolina - 501,10; gasóleo - 157,80; gás natural - 136,70; bioetanol - 29,20. Em 2002 foram alteradas passando a: gasolina - 860,00; gasóleo - 390,00; gás natural - 250,00; bioetanol - 37,20. Na sua última alteração, realizada em Abril de 2004 pelo Decreto nº 5.060, estabeleceu-se o valor de 280,00 para a gasolina; 70,00 para o gasóleo e zero para o gás natural e bioetanol (Lei nº 10336).

conseguirem novos meios que garantam a remuneração do capital investido. Passaram a investir na automação da produção industrial, na mecanização da agricultura, principalmente da colheita, e na melhora da logística de transporte e da produção da cana²⁷ (Piacente, 2006: 17).

A reanimação da produção e consumo de bioetanol tem acontecido essencialmente pela elevação dos preços do petróleo, pela preocupação com as questões de emissão dos GEE e do Aquecimento Global, bem como do surgimento da tecnologia *flexfuel*. Começam a verificar-se novos fluxos de investimento no sector no país, e como se pode observar no quadro nº 5, a partir de 2004 o montante de desembolsos realizados pelo BNDES tem duplicado a cada ano. O número de unidades produtoras do complexo *sucroalcooleiro* voltou a aumentar chegando a 370 na colheita de 2007/2008 (ver quadro nº 2) e a produção de bioetanol *hidratado* voltou a crescer a partir de 2002 (ver figura nº 9).

De igual modo importante para o cenário do bioetanol tem sido o processo de elevação do preço do petróleo no mercado internacional, despertado, sobretudo, pelas crises políticas e militares do Médio Oriente no fim da década de 1990 e início de 2000 (ver figura nº 7), que tem destabilizado a capacidade de abastecimento mundial e abalado o mercado. Este facto tem estimulado novamente o uso de combustíveis alternativos, e consequentemente do bioetanol brasileiro.

Outro factor que impulsionou o ressurgimento do bioetanol no Brasil foi a introdução, em Março de 2003, de automóveis com a tecnologia denominada de *flexfuel*, que em 2006 foi responsável por 83,1% das vendas de automóveis novos no país (ver figura nº 8). Estes veículos possuem sensores que monitorizam o combustível e ajustam o motor para operar com qualquer combinação (mistura) de bioetanol e gasolina nos depósitos. A flexibilidade de escolha entre os combustíveis possibilita que os consumidores regulem o consumo comparando preços e rendimento²⁸, ajustando e flexibilizando o mercado. Adicionalmente, essa flexibilidade pode contribuir para que os efeitos da sazonalidade da oferta de bioetanol nos períodos entre colheitas (dado que a produção de cana-de-açúcar e bioetanol ocorre normalmente entre Abril e Outubro) sejam minimizados, pois o abastecimento do mercado neste período pode ser facilmente adequado para um maior uso da gasolina, o que gera

²⁷ Alguns grupos, por exemplo, estão a investir na transferência das suas unidades produtivas para áreas agrícolas de melhor qualidade e que possibilitem a mecanização da colheita.

²⁸ Neste caso, o rendimento é empregue como sendo a relação entre a quantidade de combustível e a quantidade de quilómetros percorridos, e o preço de cada combustível. No Brasil normalmente utiliza-se o comparativo de km/l, já no caso europeu, por exemplo, é usada a quantidade de litros por cada 100 km. Essa relação é depois ponderada pelo preço de cada combustível.

também pressões menores sobre os preços. A revolução que esta tecnologia tem vindo a promover no mercado de automóveis no Brasil tem incentivado os fabricantes presentes no mercado nacional a desenvolverem este modelo de veículos, aumentando a oferta dos mesmos, e estimulando a competitividade. Isto tem conduzido à redução dos seus preços, tornando-os mais acessíveis aos consumidores o que, conseqüentemente, gera o aumento da sua procura e, em simultâneo, também a do bioetanol.

Esta tecnologia está a ser acompanhada por diversos países, que estudam a sua implantação nos seus próprios mercados. Esta exportação de tecnologia poderia contribuir muito para a expansão do sector do bioetanol, uma vez que a procura mundial aumentaria. Estando o Brasil numa posição favorável relativamente à sua produção, ocorreria assim um novo impulso ao programa do bioetanol brasileiro.

Igualmente importante para o bioetanol no Brasil foi ter conseguido ganhos de escala na sua produção, que tem, igualmente, possibilitado a concorrência com a gasolina. Entretanto, estes ganhos poderiam ser aumentados com a expansão da produção e consumo, não apenas do bioetanol, mas de outras fontes alternativas, de forma a ganharem maior competitividade e tornarem-se mais acessíveis. Assim, torna-se proeminente a vulgarização desse mercado de modo a transformar o bioetanol numa *commodity*. Para isto é fundamental empreender não somente a expansão da tecnologia do sector produtivo, mas também a expansão da tecnologia que abrange os veículos e a agricultura, de forma a evitar a centralização e oligopólio.

Adicionalmente, o progresso dos Tratados Internacionais visando a limitação das emissões de CO₂ pelos países desenvolvidos, que tem buscado promover alterações no padrão de fornecimento energético baseado nas fontes fósseis, tem representado outra fonte para abonar a utilização de combustíveis alternativos. Nesse sentido, o bioetanol brasileiro pode contribuir na implantação directa do seu modelo de produção noutra país ou em actividades de *joint implementation* (no Brasil ou noutra região). O Brasil tendo já esta tecnologia em estado avançado, um mercado desenvolvido e uma matriz instalada, pode ser visto tanto como modelo às outras nações ou mesmo receptor de investimentos a tais empreendimentos.

Num sentido mais amplo, o bioetanol produzido no Brasil pode vir a atender as questões do desenvolvimento sustentável, caso seja produzido num nível que respeite a capacidade assimilativa do meio ambiente. Pode ser uma forma de garantir um montante de fornecimento energético que possibilite a interacção entre o sistema económico e o meio ambiente de modo mais harmonioso que a gasolina. Adicionalmente, será considerado positivo se os *inputs* à sua actividade forem captados de modo que não causem distúrbios ao

sistema ambiental, e ao mesmo tempo possibilite a redução dos *outputs* que o sistema económico emite para o ambiente.

No entanto, o alargamento do modelo brasileiro a outros países sofre algumas restrições devido a questões como a escassez de água, *lobby* dos países produtores de petróleo, impossibilidade do cultivo e expansão da cana em determinadas regiões (principalmente por questões de ordenamento territorial, clima, degradação e disponibilidade do solo), e dos efeitos sobre a oferta dos alimentos (mesmo que estes sejam indirectos e de menor intensidade que os provocados pelos biocombustíveis produzidos a partir de sementes).

Desta forma, para que esse biocombustível consiga aumentar a sua atractividade a nível mundial é peremptório superar os pontos negativos através de avanços na tecnologia e redução dos seus impactos, tanto para o ambiente, como para a sociedade, e apresentar um balanço positivo quanto aos seus custos e benefícios directos e indirectos.

Apesar de serem levantadas todas estas questões em torno da produção e consumo de bioetanol, devemos considerar que este sector está ainda numa fase inicial, embora o caso brasileiro já esteja a ser desenvolvido desde 1975. Podemos considerar que, de uma forma geral, nem todos os processos de conversão utilizados actualmente são suficientemente capazes de gerar benefícios, pois possuem uma tecnologia que ainda encontra-se num estágio primário de desenvolvimento. No futuro, a produção de bioetanol a partir de processos mais avançados e de outros materiais orgânicos, como o caso da produção de bioetanol a partir da celulose, podem possibilitar novas vantagens, sem haver, por exemplo, a necessidade de direccionar terrenos agrícolas para estes fins. Entretanto, existe ainda algumas incertezas quanto a data da disponibilidade destes processos.

3.8. Apreciação final

O processo de promoção da produção e consumo de bioetanol no Brasil, e nomeadamente da implementação do PROALCOOL, está bastante relacionado com a história da produção da cana-de-açúcar. A relevância e influência desta cultura na economia e política do país possibilitaram não apenas a evolução e sobrevivência do complexo *sucroalcooleiro*, mas também transformações na indústria automóvel e no *mix* energético.

As diferentes etapas através das quais o processo se foi desenvolvendo apresentam características e políticas distintas, e servem de exemplo de como a interferência do Estado pode influenciar a criação e desenvolvimento de um mercado alternativo de combustíveis.

A título ilustrativo, podemos sintetizar os resultados de tais medidas de política sobre a evolução do sector *sucroalcooleiro* no Brasil através duma análise comparativa entre as colheitas de 1975/1976 e 2006/2007 (ver figura nº 6). Nota-se, de uma forma geral, uma expansão nas quantidades produzidas, tendo a cana-de-açúcar aumentado cerca de 200%, o açúcar 184%, o bioetanol *hidratado* 506% e o *anidro* 664%. Constatou-se igualmente um aumento no número de unidades produtoras, apesar do número e composição das *usinas* terem variado durante todo o período. Verificaram-se ainda melhorias ao nível qualitativo, nomeadamente conseguindo-se maiores níveis de produtividade, tanto agrícolas quanto industriais (por exemplo, passando a primeira de 46,23, em 1975, para 74,42 toneladas por hectare em 2006).

4. Análise Crítica das Políticas para a Promoção do Bioetanol

Como apresentado no capítulo anterior, o processo de inserção e afirmação da produção e consumo de bioetanol no Brasil foi marcado por uma diversidade de eventos, bem como por fases com características distintas. Esse processo teve como factores de influência as flutuações do preço do petróleo e os interesses dos agentes ligados ao sector *sucroalcooleiro*.

Outra condição fulcral para impulsionar os diversos agentes a desenvolverem essa nova fonte energética no país foi a participação do Estado, que utilizou-se de uma série de políticas. De facto, estimularam-se importantes transformações económicas, sociais e ambientais, reflectidas no *mix* de energia, no sector da indústria de automóveis, no sector agro-industrial e nas actividades de investigação e desenvolvimento.

O Governo brasileiro procurou, de uma forma geral, auxiliar os sectores industriais e agrícolas do bioetanol através da expansão do crédito, protecção contra a importação de bioetanol e metanol, garantia de que toda a produção fosse comercializada acima de preços mínimos e controlo de preços (definindo que o preço do bioetanol fosse inferior ao da gasolina). Procurou também estimular a procura através da garantia de abastecimento do bioetanol no mercado e menor taxaçaõ dos veículos a bioetanol (de forma a estimular as vendas de automóveis movidos a este combustível). E, por último, ofereceu incentivos às universidades, institutos de investigação e companhias privadas para empreenderem pesquisas sobre actividades relacionadas com o bioetanol.

Vamos pois em seguida, analisar alguns dos principais instrumentos utilizados pelas autoridades brasileiras na promoção da produção e consumo de bioetanol.

4.1. Externalidades: taxaçaõ da gasolina e/ou subsídios ao bioetanol

Para conseguir tornar competitivo o bioetanol e estimular a sua produção e consumo, o governo brasileiro serviu-se, principalmente, de dois instrumentos político-económicos (muitas vezes em simultâneo): a taxaçaõ da gasolina e o subsídio ao bioetanol, variando a intensidade de cada um em diferentes fases do Programa. Genericamente os objectivos com estes 2 instrumentos de política eram os mesmos: gerar um ambiente favorável à expansão da oferta e procura de bioetanol em substituição da gasolina (contendo ou retraindo a sua oferta e procura).

Para compreendermos como as duas políticas agiram e influenciaram o mercado do bioetanol e da gasolina no Brasil vamos utilizar uma análise gráfica, exposta na figura nº 13. Na maior parte do período o custo da gasolina foi inferior ao do bioetanol, e conseqüentemente, *ceteris paribus*, também o seria seu preço, caso o Estado não tivesse exercido influência. Assim, na análise, partimos de uma situação em que o preço inicial (P_i) em equilíbrio da gasolina (ponto A) é inferior ao preço do bioetanol (ponto B), para posteriormente demonstrar-se como tais instrumentos afectaram as curvas de custos marginais privado (CmgP) e social (CmgS) e a procura (QP) de cada produto, alterando os níveis dos preços. Foram considerados, isoladamente, e de forma estática, os efeitos de cada política, que entretanto podem contribuir para a análise dos efeitos que ambas poderiam gerar ao mesmo tempo. Considerou-se também para o efeito, *ceteris paribus*, apenas a existência destes dois combustíveis no mercado e uma elasticidade unitária entre os mesmos.

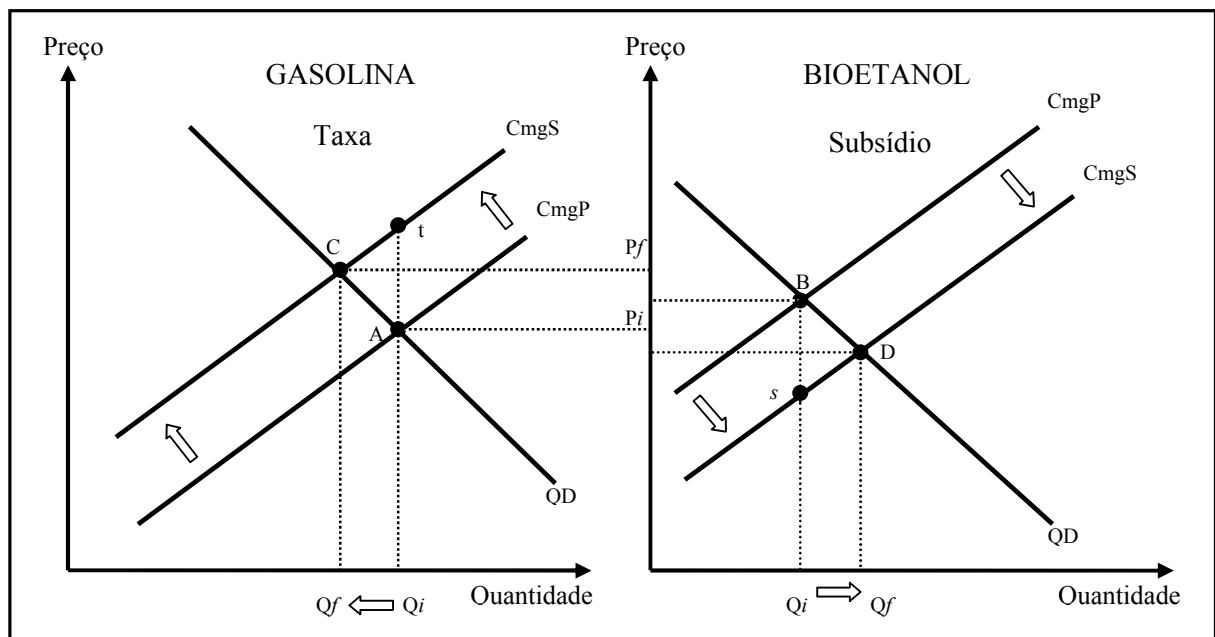


Figura nº 13 - A influência da taxação da gasolina e do subsídio ao bioetanol no mercado destes combustíveis.

Observando o gráfico à esquerda da figura nº13, ao elevar os custos marginais da gasolina sob aplicação de uma taxa com montante equivalente ao segmento \underline{At} , o seu preço tornar-se-ia superior ao do bioetanol. Isto forçaria, *ceteris paribus* a uma contracção da oferta com deslocamento de CmgP para CmgS e a um novo equilíbrio no ponto C. No gráfico à direita, a aplicação de um subsídio ao bioetanol num montante igual ao segmento \underline{Bs} forçaria, *ceteris paribus*, a um deslocamento da curva de CmgP para CmgS, com novo equilíbrio no ponto D. Estes tipos de actuação, isoladamente ou em simultâneo, conduzem a novos preços e

quantidades de equilíbrio. Como resultado teremos um preço (P_f) efectivamente pago pelos consumidores de gasolina superior ao do bioetanol e ainda uma quantidade consumida menor para a gasolina e maior para o bioetanol. Pode-se dizer, de certo modo, que ambas as formas de actuação permitem atingir os mesmos objectivos, ao agirem sobre a oferta de cada combustível.

Embora o intuito principal destas políticas empregues pelo Estado fosse combater a escassez de recursos, promovendo a alteração da matriz energética através da substituição da gasolina pelo bioetanol, indirectamente podem também contribuir para a apreciação dos custos externos e correcção das falhas de mercado promovidas pelos combustíveis fósseis, nomeadamente a gasolina.

Como aponta Pillet (1993: 204), num sistema de concorrência pura e perfeita, os preços conduzem à uma afectação eficiente dos recursos no mercado em simultâneo para os sectores de produção e de consumo. Há, porém, interacções entre os agentes económicos que o sistema de preços competitivos não consegue reflectir e que determinam que o equilíbrio atingido no mercado de concorrência não seja um equilíbrio eficiente. Estas interacções são chamadas de externalidades (ou efeito externo)²⁹ (Quintela, 1997: 9).

Por definição, há uma externalidade quando a decisão de consumo ou produção de um agente influencia outro agente sem que o acto que transmite o efeito dê lugar a um acordo entre eles (Pillet, 1993: 29). Ou seja, ocorrem externalidades porque os agentes económicos provocam efeitos nas actividades dos outros que não se reflectem nos mercados (Quintela, 1997: 9).

A economia ou a *deseconomia* externa é analisável em termos de divergência entre custo privado e custo social. Os custos privados, normalmente têm em consideração o preço daquilo que será produzido e os custos dos factores utilizados, como: trabalho, matéria-prima, bens de capital, energia, e outros (Field e Field, 2002: 72). O custo social é o conjunto dos custos impostos por uma actividade à colectividade, compreendendo assim os custos privados e os outros tipos de custos que, embora representem um valor para a sociedade, não são demonstrados nas considerações de lucros e perdas da empresa (os custos externos) (Faucheux e Noël, 1995: 216).

Uma das *deseconomias* externas advindas da utilização da gasolina é a poluição atmosférica. Os veículos emitem um inefficiente nível de poluição pois não assumem o custo

²⁹Os efeitos externos podem ser positivos ou negativos. Historicamente, o termo *deseconomia* externa e economia externa tem sido usado para referir, respectivamente, circunstâncias em que as partes são afectadas ou beneficiadas pela externalidade (Tietenberg, 2003: p.68).

total de tal poluição. Ou seja, não são contabilizados nos custos deste produto o valor das emissões provenientes da sua utilização. Ou simplesmente, os consumidores de gasolina não estão a pagar pelos custos sociais completos da produção daquela *commodity* (Bromley, 1991: 66). Como destaca Berasaluce (1997: 27), na presença de uma externalidade negativa num processo produtivo, o produto desse processo tem um preço mais baixo do que lhe corresponderia, e portanto uma produção excessiva. Desta forma, o mercado dos combustíveis para automóveis, particularmente o da gasolina, trabalha de modo ineficiente, pois apresenta falhas ao não captar estas externalidades negativas e reflecti-las no seu preço de troca. Como consequência, tanto o nível de consumo, como o de emissões, são superiores aos que deveriam ser caso tais custos fossem considerados.

Deste modo, o afastamento entre os custos (benefícios) sociais e os custos (benefícios) privados deve ser preenchido através da “internalização” destas externalidades, para que possibilitem ao mercado eliminar as falhas e funcionar mais correctamente. Uma externalidade é internalizada quando o efeito externo é incorporado na função objectivo de ambos os agentes, e um preço é imputado para o efeito externo. Ou seja, o agente responsável pela externalidade incorpora os efeitos das suas acções na sua curva de custos (Hartwick e Olewiler, 1998: 181).

Para Hartwick e Olewiler (1998: 183):

O mercado simplesmente não está habilitado para lidar com estes problemas, e são necessários outros métodos de alocação de recursos. Uma solução defendida por economistas é usar as forças do governo para impor um preço a tais efeitos externos, de tal modo que os agentes sejam forçados a inclui-los nos seus cálculos de quais bens produzir e consumir. Este conceito é denominado de princípio do poluidor pagador (PPP).

Conforme Pillet (1993: 37), o instrumento de regulação mais conhecido em economia do ambiente em casos de internalização de custos externos é um imposto cobrado ao poluidor e igual, em princípio, ao custo marginal do dano. Este imposto proposto pela primeira vez em 1920 por Arthur C. Pigou na sua obra *Economics of Welfare*, é conhecido na literatura económica com o nome de “taxa pigoviana” ou taxa aceitável (Quintela, 1997: p.23).

Segundo Faucheux e Noël (1995: 218):

A modalidade de internalização proposta por Pigou pretende preencher o desvio do custo social – custo privado fazendo pagar o emissor da nocividade uma taxa ou uma renda, sendo que o montante dessa taxa é evidentemente igual à diferença entre custo social e custo privado... Traduz-se por um pagamento que, de algum modo, vem atribuir um preço à nocividade. O preço do bem produzido é então igual ao custo marginal social do bem (custo privado + taxa).

A taxa de Pigou é, assim, uma forma de igualar os benefícios e/ou custos privados e sociais no ponto ótimo, deslocando deste modo, o ótimo privado (ponto A, na figura nº 13) para o ótimo social (ponto C, na figura nº13) (Quintela, 1997: 25).

No entanto, Connelly e Smith (2003: 163) destacam um ponto fundamental na discussão do agente responsável por arcar com os custos de algum efeito externo, ou seja, quem deve internalizar uma externalidade, o produtor ou consumidor. Segundo os autores, ao internalizar os efeitos externos a empresa vê aumentados os seus custos marginais. Entretanto, normalmente as empresas repassam estes custos adicionais ao preço do seu *output*, e quem acaba por pagar essa internalização é o próprio consumidor. Neste caso a frase “fazer o poluidor pagar” equivale a “fazer o consumidor pagar”.

Portanto, ao impor-se o pagamento de uma taxa aos consumidores de gasolina pela poluição gerada, que pode ser representada pelo segmento At da figura nº 13, forçaria o deslocamento do custo privado (CmgP) para o custo social (CmgS). Com isso o preço da gasolina seria aumentado, repercutindo numa redução da procura deste combustível. Desta forma, uma taxação da gasolina, como de certo modo aconteceu no caso brasileiro, faria com que os preços reflectissem de forma mais adequada o seu custo social e ambiental (Connelly e Smith, 2003: 167).

De facto, com a aplicação de uma taxa que incida sobre o consumo de combustíveis fósseis, as decisões do mercado tornar-se-iam mais eficientes, porque os custos provenientes da utilização de tais combustíveis, que podem de outro modo ser ignorados (como os impactos à saúde humana), são introduzidos no processo de tomada de decisão. Consequentemente, a apreciação correcta da gasolina, que deveria ser mais cara, reduziria a sua utilização e tornaria mais favorável o uso de alternativas mais económicas (ou mais viáveis), abrindo espaço para o desenvolvimento do sector do bioetanol.

No entanto, é sabido que a elasticidade da procura pela gasolina é baixa no curto prazo, principalmente devido às insuficiências de bens substitutos, o que torna esse processo mais demorado e complicado.

Alternativamente, outra opção para se atingir a redução dos montantes consumidos de gasolina, e consequentemente das emissões, é subsidiar fontes alternativas menos poluentes, neste caso, o bioetanol. De uma forma geral, podemos considerar a concessão de subsídios como um modo inverso de preencher o afastamento entre o custo marginal privado (CmgP) e o custo marginal social (CmgS) ao realizado pela taxação, pois acaba por internalizar a externalidade (neste caso positiva) através do deslocamento do ótimo privado (ponto B, na figura nº 13) para o ótimo social (ponto D, na figura nº 13), agindo sobre o mercado do bem

substituto. Ou seja, como se pode observar no gráfico à direita na figura nº 13, o fornecimento de subsídios ao bioetanol (equivalente ao segmento Bs) proporciona a redução dos custos deste produto, e possibilita a expansão da sua oferta. Consequentemente, a redução do seu preço, que passaria a ser menor ao da gasolina, acaba por estimular a substituição do consumo de gasolina por bioetanol, e como sendo este um produto menos poluente também passaria a ser menor, *ceteris paribus*, o montante emitido.

Desta forma, podemos dizer que, no caso do Brasil, apesar do objectivo principal da política de concessão de subsídios para a produção de bioetanol fosse criar condições para que o sector pudesse se desenvolver e expandir a oferta de combustível, ao mesmo tempo que possibilitava um ambiente estimulante também para os consumidores (pois tinham um produto substituto a menor preço), acabou por, indirectamente, estimular a internalização da externalidade “emissão de poluentes”. Isto é, através do incentivo à expansão deste mercado substituto proporcionou-se condições, por um lado, à redução das quantidades consumidas de gasolina e, consequentemente, das emissões provenientes da sua utilização, e por outro, promover um nível menor de emissões resultante do próprio uso do bioetanol, dado ser este um produto menos poluente do que a gasolina.

4.2. Incentivos à utilização de veículos movidos a bioetanol

Como destaca Tietenberg (2003: 418), além da opção de aplicação de programas de redução do consumo que incidam directamente sobre a oferta e a procura dos combustíveis, como é o caso da taxa da gasolina ou do subsídio ao bioetanol, outro caminho para se atingir a redução de emissões seria realizar programas que actuem de forma indirecta. Um dos meios seria tentar reduzir a procura de automóveis movidos por esta fonte, ou mesmo passar a se incentivar a utilização de veículos menos poluentes (neste caso, os movidos a bioetanol).

Há entretanto alguns problemas associados ao controlo da procura de veículos que devem ser considerados. Os veículos novos seriam apenas uma percentagem relativamente pequena do montante total de veículos, e consequentemente a redução das emissões seria mais lenta do que um programa que assegurasse a redução de emissões tanto dos veículos usados como dos novos.

Assim, incentivar a procura por veículos novos movidos a bioetanol em detrimento dos movidos a gasolina, como aconteceu na década de 1980 no Brasil, pode não ser a forma mais eficiente de atingir o objectivo de redução de emissões, embora exista a possibilidade de

veículos usados³⁰ movidos a gasolina passarem a ser habilitados à utilização de bioetanol, depois de efectuadas alterações. No entanto, isto envolveria outros incentivos para estes proprietários, e não apenas para os consumidores de veículos novos.

Por outro lado, a criação de um ambiente favorável ao consumo de bioetanol e à procura de veículos movidos por este combustível (através de subsídios, subvenções, financiamentos, privilégios fiscais, e outros) pode gerar problemas de ineficiência na alocação de recursos. Isto é, partindo do pressuposto que os veículos movidos a bioetanol são relativamente menos poluentes que os a gasolina, pode desejar-se uma substituição da gasolina pelo bioetanol. Contudo, se pensarmos que este ambiente favorável cria um incentivo à entrada de consumidores e conseqüentemente de emissores de poluição, os ganhos em termos relativos podem ser contrabalançados por um aumento em termos absolutos dos poluentes emitidos. Ou seja, o favorecimento da procura de bioetanol em relação à gasolina pode aumentar a entrada de consumidores e induzir a expansão do *output* (no caso, de poluentes) (Baumol e Oates, 1988: 212).

Num sentido mais amplo, a criação desse ambiente mais favorável para o consumo de bioetanol face à gasolina pode gerar uma expansão da economia (por exemplo, crescimento da produção de automóveis). De certo modo, uma maior oferta de veículos a bioetanol pode contribuir para que haja, em termos de poluição emitida relativamente à gasolina, maior disponibilidade de recursos (veículos) a atender as necessidades impostas pelo próprio crescimento económico, dado que, para o mesmo montante de poluição emitida poderíamos ter mais automóveis disponíveis a bioetanol do que a gasolina. No entanto, isto vai ao encontro dos preceitos da necessidade de limitação do próprio crescimento económico imposta pela escassez de recursos. Desta forma, o aumento da oferta de veículos a bioetanol pode ser desejado se, simultaneamente, conseguir proporcionar uma substituição (ou redução) dos veículos movidos a gasolina.

De facto, esta característica foi manifesta, principalmente, durante as fases 2 e 3 do programa brasileiro (desde o surgimento dos veículos a bioetanol no Brasil até o momento da redução do preço do petróleo em meados de 1980, que fez com que a gasolina ganhasse novamente competitividade). Neste período, nota-se que a procura por veículos a bioetanol se comportou de forma ascendente e a de veículos a gasolina caminhou em sentido contrário (ver figura nº9), havendo anos em que os veículos novos vendidos no país eram quase na totalidade movidos a bioetanol.

³⁰ Aqui refere-se a usados os veículos já presentes no mercado, comercializados em anos anteriores.

4.3. A “pertinência” da intervenção estatal

As políticas empregues pelo Estado para o desenvolvimento do mercado do bioetanol no Brasil também pode ser analisada com base nas diferentes perspectivas das escolas do pensamento económico.

Na perspectiva neoclássica, seguida, por exemplo, pela “Escola de Chicago”, a intervenção do Estado, como ocorreu no caso brasileiro, não é entendida como a mais eficiente, defendendo-se uma actuação das próprias forças do mercado como alternativa mais viável para impulsionar a evolução da economia e promover os ajustes necessários. Esta óptica liberalista sustenta que a intervenção estatal tende a gerar falhas de mercado, advindas da inabilidade burocrática e do favorecimento de interesses de uma certa parte (grupo) da sociedade em vez, ou em detrimento, desta como um todo (Turner et al., 1994: 80). Ou seja, grupos com interesses especiais usam o processo político para empreenderem o que se tem tornado conhecido como *rent seeking*. Isto é, o uso de recursos provenientes de *lobby* e outras actividades directas garantidos por meio de uma legislação proteccionista. Desta forma, a existência de *rent seeking* pode gerar um aumento dos benefícios para determinados grupos, enquanto torna menores os benefícios líquidos para a sociedade como um todo.

De facto, como mencionado no capítulo 2, o Brasil, durante os primeiros anos do PROALCOOL, encontrava-se sob um regime político militarista, e de certo modo constatou-se, no início do processo de implementação do Programa, uma pressão e favorecimento não somente do sector *sucroalcooleiro*, mas também dos demais agentes anteriormente citados. A actividade de *rent seeking* promovida por estes agentes é condenável, do ponto de vista teórico, pois pode induzir em decisões erróneas, com ónus para a sociedade. Isto é, os subsídios utilizados para favorecimento do sector *sucroalcooleiro* são recursos provenientes dos próprios cidadãos, e a sua utilização para, indirectamente, financiar investimentos privados, implica menores investimentos noutras áreas (como educação, saúde, etc.) ou mesmo em outras actividades energéticas, que poderiam afectar o bem-estar dos próprios cidadãos.

Assim, podemos também dizer que, de uma forma geral, o custo para o consumidor de bioetanol acaba por não se restringir apenas ao custo do produto nas bombas, pois estes estão, indirectamente, a arcar com o custo do “financiamento” realizado pelo Estado para o sector. Isto é, partindo do facto de que um subsídio é um recurso proveniente dos contribuintes, e em certa instância, dos próprios consumidores de bioetanol, na realidade estes estão, portanto,

tendo além de pagar o preço do combustível, a arcar, de forma indirecta, com os custos deste financiamento estatal.

Entretanto, esse favorecimento pode não ter sido somente uma opção tomada sob influência ou pressão. O facto de não existirem, naquele momento, outras alternativas disponíveis ou mais viáveis para solucionar a escassez de combustíveis, acabou por favorecer o bioetanol da cana-de-açúcar. Deste modo, embora a opção pelo bioetanol possa ser considerada uma actividade de *rent seeking*, os interesses sociais (manutenção do abastecimento energético), mesmo não sendo a questão primordial, foram implicitamente considerados.

Por outro lado, a Escola do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sustenta que as intervenções estatais podem contribuir para minorar os problemas associados às falhas do próprio mercado, como a concorrência imperfeita, monopólio e externalidades, bem como o da sua incapacidade em fornecer bens públicos, e consequentemente beneficiar todas as pessoas (Palley, 2008).

De facto, ao avaliarmos o PROALCOOL e o contexto que envolve a sua evolução e continuidade, apercebemo-nos que a participação do Estado, desde a implementação do programa (fase 1) até à consolidação dessa alternativa energética (fase 3), foi importante. Os investimentos tanto na actividade agrícola como industrial, as articulações necessárias entre os diversos segmentos envolvidos, e a sustentação da sua competitividade face à gasolina foram cruciais para a criação e manutenção de um ambiente que possibilitasse o desenvolvimento do sector, que poderiam não ter sido alcançados somente pela actuação dos mecanismos do mercado.

Isto pode ser confirmado pelo facto de que apenas durante os períodos em que o preço do petróleo se manteve elevado (após as crises dos anos 1970), é que a atractividade de investimentos, produção e consumo de bioetanol, estiveram em ascensão (fases 1 e 2). Nos períodos posteriores, nomeadamente nas fases 3 e 4, quando os preços do petróleo foram baixando, constatou-se que a competitividade e a sustentabilidade do bioetanol ficaram dependentes da intervenção do Estado, sugerindo que sem a mesma o colapso e o abrandamento do programa seriam evidentes.

Adicionalmente, é importante destacar que os subsídios para a produção de bioetanol têm defesa na própria indústria petrolífera (Bourne Jr., 2007: 12). Isto é, durante anos o sector petrolífero brasileiro auferiu do Estado elevados níveis de auxílio, através de isenções fiscais e subsídios, para que se pudesse desenvolver. Esta questão apresenta-se como uma

justificativa para que o sector *sucroalcooleiro* tenha também recebido auxílios do Estado, de modo a possibilitar igualmente condições para que se pudesse desenvolver.

Ainda relevante nesta questão, é o facto desse ambiente proporcionado pelo Governo brasileiro ter criado um baixo risco para os investidores, encorajando o alargamento do fluxo de investimentos, fundamentais para o arranque e desenvolvimento do bioetanol no Brasil.

Desta forma, a manutenção destes subsídios e incentivos por um amplo período, mostrou-se fundamental para que a implementação e o desenvolvimento dessa matriz energética alternativa no país fosse concretizada e tenha atingido o actual nível, pois sem os mesmos, provavelmente, o programa não conseguiria ter continuidade, o que acaba por legitimar a perspectiva do MIT sobre a necessidade da participação estatal nesses tipos de projectos.

No entanto, a manutenção dos subsídios ao sector e incentivos aos demais agentes é criticável por gerar, em contrapartida, uma condição desestimulante à busca da eficiência na afectação de recursos, bem como por incitar a retracção da capacidade de inovação. Estes factores repercutiram-se na capacidade de desenvolvimento do sector, que poderia ter sido maior se o mercado funcionasse de forma mais livre e competitiva.

Por outro lado, desde início dos anos 1990 até os dias actuais (ou seja, durante as fases 4, 5 e 6), o Estado tem vindo a diminuir gradualmente a influência sobre o sector, através de cortes nos subsídios cedidos aos produtores e através da eliminação do mecanismo de controlo dos preços. Isto tem feito com que o sector se procure desenvolver sem a intervenção estatal, à mercê das forças do mercado. Adicionalmente, a tendência ascendente dos preços do petróleo (e consequentemente da gasolina) desde 2002 (fase 6) tem contribuído para a evolução do mercado de bioetanol. Esse factor tem diminuído ainda mais a necessidade de intervenção estatal, pois a própria elevação do preço da gasolina tem gerado condições para o aumento da procura de bioetanol. Ainda importa destacar que o sector tem ganho também com a redução dos custos de produção, o que igualmente contribui para que se consiga manter o seu preço num patamar relativamente menor que o da gasolina.

Desta forma, os acontecimentos registados nas últimas fases do Programa, e que têm praticamente anulado a necessidade de intervenção estatal no sector, passam a ser os novos responsáveis por pressionar alterações na matriz energética, e consequentemente são criadores de um ambiente favorável à expansão do mercado e desenvolvimento do bioetanol no Brasil.

Pode-se dizer que, de uma forma geral, uma afirmação, de modo absoluto, de que a intervenção estatal no Programa de bioetanol no Brasil foi benéfica ou prejudicial não é a mais correcta. De facto, conforme exposto, a interferência do Estado contribuiu, diria que de

forma decisiva, para a criação e afirmação do sector nas primeiras fases do Programa, mas nas fases mais recentes, as maiores oportunidades de desenvolvimento do sector têm surgido com um cada vez maior afastamento estatal. Por outras palavras, pode-se dizer que a postura “paternalista” que o Estado brasileiro assumiu foi fundamental para que o programa do bioetanol pudesse crescer e desenvolver. Entretanto, actualmente este sector já atingiu um nível em que consegue “caminhar com as suas próprias pernas”, e a participação do Estado além de dispensável, deve mesmo ser cada vez menor para que a liberdade de acção possa conduzir o sector a novos progressos.

5. Custos e Benefícios do Bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil

A questão da utilização dos biocombustíveis tem sido alvo de muito debate e de algumas controvérsias. Existem determinados países que têm apostado na expansão deste sector, enquanto outros se mostram reticentes e mais conservadores quanto a sua opção.

O Brasil e os Estados Unidos, actualmente os maiores produtores de bioetanol no mundo, continuam a incentivar, a cada ano, acréscimos nos volumes de produção, bem como de investimentos, que no caso do Brasil, além de abastecer a procura interna, já visam satisfazer também outros mercados. A União Europeia tem, igualmente, estabelecido algumas metas para o aumento da participação destes combustíveis na sua matriz energética, embora com números ainda inferiores.

A actual crise dos produtos alimentares, nomeadamente dos cereais, tem sido um argumento contrário à utilização de biocombustíveis. As críticas têm apontado que um dos factores que tem contribuído para que os preços se tenham elevado, resulta do facto de alguns cereais estarem a ser destinados a este produto (principalmente o caso do bioetanol produzido a partir do milho nos Estados Unidos). Para além disto, existe ainda a questão de que a utilização de cereais para a produção de biocombustíveis estar vindo a influenciar negativamente a própria disponibilidade de bens alimentares no mundo, com implicações sobre o bem-estar de nações menos desenvolvidas.

De facto esta elevação da utilização de cereais é um factor preocupante, e deveria ser alvo de um maior controlo, de forma a evitar-se que sejam provocados maiores complicações ao abastecimento de alimentos e suas consequências para a fome no mundo. No entanto, o relatório da Comissão Europeia, realizado juntamente com o *Joint Research Centre* (JRC), e publicado em Março de 2008, sob o nome de *Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainty* (De Santi et al., 2008), aponta que a produção de cereais direccionada aos biocombustíveis representa uma parcela marginal, e não deve ser considerada como a principal causa da crise. Este recente aumento nos preços dos cereais tem sido provocado, principalmente, pela fraca colheita mundial (que foi afectada pelas condições meteorológicas), pelas elevações nos preços do petróleo e pelo aumento no consumo mundial de alimentos (resultante da melhoria nos níveis de vida em nações emergentes). Estas afirmações podem ser confirmadas através do exemplo do arroz, cujo preço também tem apresentado elevações, mesmo não sendo este uma matéria-prima utilizada, actualmente, para biocombustíveis.

O Brasil tem rebatido às críticas sobre a sua produção de biocombustíveis, em relação à crise da oferta de cereais e às implicações para o cenário da fome no mundo, basicamente, com dois argumentos principais. O país tem defendido que os impactos provocados pela produção de biocombustíveis são marginais quando comparados com os impactos provocados pelas elevações dos preços do petróleo, que provavelmente tem influência muito maior nesse aumento do preço dos produtos alimentares. Adicionalmente, a produção de bioetanol no Brasil é realizada não por cereais, mas a partir de cana-de-açúcar, que não é utilizada directamente para a alimentação humana, apesar desta poder produzir o açúcar. Contudo, o preço do açúcar tem-se comportado de modo estável, e a sua oferta não tem sido comprometida.

Outro argumento, não apenas do Brasil, mas de outros países em desenvolvimento, assenta nas críticas sobre as políticas agrícolas das nações desenvolvidas, principalmente da União Europeia e dos Estados Unidos, que têm distorcido o mercado. Isto é, levanta-se a questão de os subsídios e as barreiras comerciais estabelecidas pela política proteccionista destas nações estarem a restringir o crescimento e desenvolvimento da produção agrícola noutros países, com implicações sensíveis não só para a economia destes países, mas sobre a oferta de alimentos. De facto esta questão tem sido um obstáculo para a expansão da produção de alimentos no Brasil, que tem agido activamente junto à Organização Mundial de Comércio (OMC), na denominada Ronda de Doha, tentando combater estas políticas que vêm restringindo a economia agrícola, não apenas do país, mas de outras nações em desenvolvimento.

– A análise de custo e benefício e o caso europeu

Com o objectivo de auxiliar quem decide a ponderar os impactos positivos e negativos das suas decisões, os economistas do bem-estar desenvolveram uma técnica conhecida como Análise Custo Benefício (ACB) (Connelly e Smith, 2003: 189). A ACB está envolvida em dois tipos de decisões: quer no investimento de um projecto do sector público ou privado, quer na implementação de um tipo particular de política (Hartwick e Olewiler, 1998: 221).

As políticas ou os projectos são estudados em termos dos benefícios que devem produzir, e então comparados com os custos a que estão vinculados. Ou seja, a análise de custo e benefício envolve medir, ponderar e comparar todos os benefícios e todos os custos de um projecto particular ou programa, procurando identificar sob uma avaliação monetária as suas vantagens ou desvantagens (Field e Field, 2002: 120).

Contudo, nem todos os *inputs* e *outputs* possuem um valor de troca estabelecido. Há alguns factores que têm um preço de mercado perfeitamente determinado (custos e benefícios privados). Há outros que têm valor em si mesmos, mas não apresentam um preço definido na sua totalidade ou em alguma das suas partes (custos e benefícios externos) (Berasaluce, 1997: 29). Desta forma, a valorização total do processo torna-se complexa por ultrapassar a simples identificação dos custos e benefícios negociados no mercado, e ter de se considerar outros custos e benefícios, que apresentam maior dificuldade de mensuração.

A Comissão Europeia realizou uma análise dos custos e benefícios da produção e consumo de biocombustíveis nos países membros, apresentada no *Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties* (De Santi et al., 2008). Foram consideradas as metas estipuladas para a participação destes combustíveis no *mix* energético da União Europeia, e a influência destas metas sobre 3 pontos principais: o nível de emprego, emissões de gases com efeito de estufa e segurança no abastecimento de energia. Foram ponderados tanto os efeitos directos, quanto indirectos, que envolvem, entre outros, os impactos sobre as áreas cultivadas na União Europeia e noutros países, nível dos preços e oferta de alimentos, impactos sobre o desmate de florestas tropicais, e a necessidade de importação de biocombustíveis, entre os quais, o bioetanol do Brasil.

O resultado do estudo aponta para uma perda de bem-estar quanto à opção da União Europeia em produzir ou importar biocombustíveis, pois os custos excedem os benefícios. Contudo, este mesmo relatório concluiu que os únicos biocombustíveis que podem ser considerados como positivos quanto ao cenário dos gases com efeito de estufa são o *biogás*, os biocombustíveis de “segunda geração” (normalmente produzidos a partir de celulose) e o bioetanol produzido no Brasil. Adicionalmente, o bioetanol brasileiro foi considerado, por este mesmo estudo, uma opção mais barata e com melhor balanço quando comparados aos produzidos na União Europeia e nos Estados Unidos.

No entanto, importa destacar que este estudo teve como base as condições de produção e consumo da União Europeia, que são diferentes das de outros países. Ou seja, a análise custo e benefício refere-se a um cenário que tem em consideração as metas estipuladas à participação destes biocombustíveis na matriz energética da União Europeia e os custos de produção e de importação destes mesmos combustíveis para a União Europeia. Desta forma, não é correcto generalizar que a opção da produção e consumo de biocombustíveis, por apresentar saldos negativos para a União Europeia, seja negativa, como muitas das vezes tem sido afirmado, mas sim que, sob as actuais condições e circunstâncias, no caso específico da União Europeia, o cenário para os biocombustíveis não é favorável. Por isso, a análise de

custo e benefício do bioetanol brasileiro pode apresentar conclusões que diferem destas, pois as condições são diferentes das destes países.

– A importância de uma análise de custo benefício do bioetanol brasileiro

A produção e consumo de bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil têm, igualmente, custos e benefícios privados e externos, que incidem não apenas no sector *sucroalcooleiro*, mas sobre a sociedade como um todo. Isto é, além dos custos e benefícios internos, normalmente ponderados nas estruturas de custos e rendimentos das empresas (como os custos dos factores de produção, receitas das vendas, etc.), esta actividade tem apresentado custos e benefícios externos que não são considerados nas decisões de mercado, mas que são relevantes para a apreciação geral desse processo. Estes custos e benefícios estão, basicamente, ligados a questões ambientais, sociais e de escassez, como: a poluição atmosférica, a utilização da terra, a pressão sobre a oferta de alimentos, a geração de emprego, a dependência energética (nomeadamente do petróleo), entre outros.

Nesse sentido, a identificação, classificação e quantificação de todos os custos e benefícios envolvidos neste sector torna-se fundamental para a apreciação do contributo (positivo ou negativo) que esta actividade tem vindo a apresentar. Ou seja, medir, ponderar e comparar todos os benefícios e custos do programa de produção e consumo de bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil poderia vir a contribuir na avaliação dos seus impactos, quer positivos ou negativos, e determinar se a sua opção é vantajosa ou não.

Algumas referências na literatura arrolam quer pontos benéficos quer prejudiciais da produção e consumo de bioetanol no Brasil. Porém, não são conhecidos trabalhos que quantifiquem de forma completa todos estes aspectos. Um estudo realizado por Wheals et al. (1999), embora aponte quais são os custos e benefícios internos e externos da produção e consumo de bioetanol, não apresenta dados ou mesmo meios que justifiquem a classificação. Contudo, parece-nos constituir uma boa base para a estruturação e fundamentação da análise que desenvolveremos a seguir.

De uma forma geral, esta parte tenta apresentar instrumentos qualitativos e quantitativos que possibilitem ponderar e apreciar as principais vantagens ou debilidades que a opção pela produção e consumo de bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil tem vindo a implicar, e servir de base para uma valorização económica e uma Análise Custo Benefício. Importa referir que o objectivo deste capítulo não é a realização de uma ACB, nem mesmo a

quantificação e valorização de todos os custos e benefícios, mas tentar promover uma base para que, futuramente, estes estudos possam vir a ser desenvolvidos.

Desta forma, nesta secção, partindo da proposta de Wheals et al. (1999: 485), e com algumas adaptações (destacadas em negrito), expostas no quadro nº 8, procuramos, primeiramente identificar e classificar os principais custos e benefícios, directos e indirectos da produção de bioetanol no Brasil. Esta primeira etapa serviu de base para que em seguida se pudesse quantificar, o quanto possível, com o auxílio de estimativas, alguns dos custos e benefícios externos e internos do bioetanol brasileiro, relativos ao período de 1975 a 2006. Algumas destas estimativas foram realizadas pelo próprio autor, mas sobretudo tendo por base contributos de outros autores que realizaram estimativas para custos e benefícios específicos. Ao mesmo tempo realiza-se uma análise crítica no sentido de fundamentar tal classificação e quantificação.

Quadro nº 8 – Custos e Benefícios da Produção de Bioetanol		
Privado	Benefícios Directos	Custos Directos
	<ul style="list-style-type: none"> • venda do bioetanol; • <i>co-geração</i> de electricidade; • venda de co-produtos; • equipamentos agro-industriais; • impostos. 	<ul style="list-style-type: none"> • matéria-prima (cana-de-açúcar); • capital humano; • bens de capital; • uso de água; • uso de electricidade; • transporte; • processamento, fermentação e destilação; • distribuição e abastecimento; • subsídios ou isenções.
Externo	Benefícios Indirectos	Custos Indirectos
	<ul style="list-style-type: none"> • eficiência no cultivo; • balança de pagamentos e taxas de juro; • desenvolvimento tecnológico; • crescimento e desenvolvimento da agro-indústria; • emprego rural e estabilidade social; • redução da poluição pelo monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) nos veículos; • recurso renovável; • redução do uso dos combustíveis fósseis; • contribuição para a redução da importação de petróleo. 	<ul style="list-style-type: none"> • aumento da poluição de <i>aldeídos</i> (CHO) nos veículos; • pressão sobre a escassez de água; • aumento da poluição de óxidos de nitrogénio (NOx) nos veículos; • ameaça ao abastecimento de alimentos; • combustível fóssil empregue no processo; • emissão de gases e poluentes durante a queima da cana para a colheita; • expansão da área de cultivo; • emissão de óxido nitroso (N₂O) do solo através da adubação.

Fonte: Adaptado de Wheals et al. (1999: 485).

No quadrante superior esquerdo, encontram-se os principais benefícios directos, ou seja, as potenciais fontes de receitas da produção deste *output*. No quadrante superior direito, encontramos os custos ligados à produção do bioetanol que influenciam directamente a formação do seu preço, isto é, aqueles que terão peso no valor de troca deste combustível. No

quadrante inferior esquerdo estão relacionados os principais benefícios externos que, de certa forma, expõem os pontos favoráveis da opção deste combustível para a sociedade como um todo. E por último, os custos indirectos, que compõem a lista dos “problemas” que este produto acarreta, ou de outra forma, os efeitos negativos externos (*deseconomias*) gerados pelo processo.

Se nos contermos apenas a análise dos quadrantes superiores do quadro nº 8, deparamo-nos com a visão que normalmente é utilizada pelo mercado, ou seja, a partir destes itens é que são ponderados os valores de troca do produto. Neste contexto, o bioetanol pode ser menos atractivo quando comparado com a gasolina, pois o diferencial desta relação pode não ser tão elevado. Isto é, considerando apenas esses factores o seu uso ainda pode não apresentar vantagens face à gasolina, evidenciado na necessidade da manutenção da sua viabilidade via subsídios, isenções ou taxaço da gasolina. Contudo, a tendência de elevação do preço da gasolina (influenciada por factores relacionados as crises de abastecimento e escassez previstas), assim como os ganhos de produtividade e redução de custos do bioetanol têm gradativamente tornado o seu valor de troca, relativamente à gasolina, mais competitivo.

Assim, para uma análise mais profunda e uma valoraço mais ampla da utilizaço dos biocombustíveis importa considerar também os custos e benefícios indirectos que estes podem originar. A partir desta avaliaço mais alargada evidenciam-se importantes diferenciais destes combustíveis em relaço aos fósseis, ligados basicamente a questões ambientais (escassez de recursos e poluiço atmosférica).

Desta forma, a análise de todos os factores envolvidos no contexto da produço de bioetanol pode promover uma ponderaço mais eficiente entre as suas vantagens e desvantagens em relaço a gasolina, pois não restringe-se apenas a visào do mercado (via preços) que, geralmente, não aprecia todos os factores.

5.2. Benefícios directos

Os benefícios directos do bioetanol advêm da venda do próprio produto no mercado, dos seus co-produtos, como o *vinhoto*³¹ e o *bagaço*³², e do excedente de energia eléctrica gerado pelas *usinas* às companhias de electricidade.

³¹ Que antes era um resíduo gerador de poluiço aos rios, mas hoje é transformado em fertilizante.

³² Que pode ser usado como fertilizante, na alimentação animal e ainda estão em curso pesquisas para transformá-lo em álcool, em biodiesel ou mesmo, para o seu melhor aproveitamento pela indústria de móveis. Isto pode então aumentar o seu valor.

A produção de bioetanol possibilita ainda a geração de receitas à indústria de equipamentos agrícolas e industriais. O desenvolvimento tecnológico e da agro-indústria podem originar receitas não apenas para o produtor de bioetanol em si, mas para o sector agro-industrial no seu todo. Ou de outra forma, o processo de desenvolvimento do sector além de gerar benefícios indirectos derivados da evolução das técnicas e equipamentos agrícolas (como apontado no quadro nº 8), pode fomentar o comércio de tais bens. Por outro lado, este processo evolutivo pode ainda trazer benefícios directamente ao processo, como por exemplo maior produtividade, ou mesmo significar uma redução de custos para os próprios produtores, advindos dos ganhos de escala na produção.

– Vendas directas

Se considerarmos o montante de bioetanol consumido no Brasil, de 1979 (dado ser este o momento da sua introdução no mercado) até 2005 utilizando os dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2007) e o seu preço ao consumidor fornecido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2008), podemos estimar a receita proveniente das vendas deste produto. Como se pode observar no quadro nº 9, o montante estimado foi de cerca de 62,3 milhões de reais (a preços constantes de 2005).

Quadro nº 9 - Valor das receitas das vendas do bioetanol ao consumidor (reais a preços constantes de 2005)							
	Consumo mil m ³	Preço ao Consumidor	Valor Total		Consumo mil m ³	Preço ao Consumidor	Valor Total
1979	16	0,00000002	0,00000004	1993	9.675	13,53	130.912
1980	429	0,00000001	0,0000027	1994	9.760	420,00	4.099.200
1981	1.392	0,00000001	0,000020	1995	9.946	424,67	4.223.768
1982	1.674	0,00000002	0,00004	1996	9.785	506,28	4.953.982
1983	2.950	0,00000006	0,00018	1997	8.305	639	5.303.850
1984	4.575	0,00000020	0,001	1998	7.717	726	5.601.256
1985	6.088	0,00000058	0,004	1999	7.051	673	4.747.673
1986	8.397	0,00000135	0,011	2000	5.443	988	5.378.228
1987	8.919	0,00000537	0,048	2001	4.257	1.031	4.388.967
1988	9.760	0,00004	0,37	2002	4.609	1.038	4.783.374
1989	11.068	0,0004	4	2003	3.762	1.347	5.069.116
1990	10.212	0,01	110	2004	4.835	1.212	5.858.005
1991	10.251	0,05	506	2005	5.656	1.377	7.787.784
1992	9.387	0,64	6.005	Total	175.919		62.332.741

– Bagaço e co-geração de electricidade

Com base nos dados disponibilizados pelo Ministério das Minas e Energia (MME, 2007) sobre a produção total de bagaço e do volume destinado à transformação de energia eléctrica³³, foi possível estimar o potencial de geração de energia eléctrica dessa actividade no período de 1975 a 2006 no país.

Adicionalmente, foi possível relacionar este potencial de energia eléctrica estimado com as tarifas médias por MWh aplicadas à indústria (a preços (em reais³⁴) constantes de 2006) pela Eletrobrás (2008)³⁵. Isso permitiu uma estimação do montante teórico potencial economizado pelas unidades produtoras ao evitarem a aquisição de energia das distribuidoras através do consumo da sua própria energia, bem como dos potenciais ganhos provenientes da venda da energia excedente.

Como apontam Moreira e Goldemberg (1999: 237) em média são gerados 280 kg de bagaço por tonelada de cana-de-açúcar³⁶, sendo que 90% deste bagaço é utilizado na alimentação das caldeiras para geração de vapor. Parte desse vapor acciona os *turbo-geradores* que produzem a energia eléctrica que é empregue no processo ou vendida para as distribuidoras (Vianna, 2006: 69). Sob as condições da maioria das unidades de produção no Brasil são gerados em média entre 15 a 20 KWh/tonelada de cana-de-açúcar de electricidade.

O Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO, 2008: 4) propõe que o potencial para geração de energia pode ser calculado multiplicando-se a eficiência do processo (KW/tonelada de cana-de-açúcar) pela quantidade de cana colhida, sugerindo a seguinte fórmula:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = (\text{tonelada de cana} * \delta) / (1000 * 5563)$$

Considerou-se para o efeito que o sistema opera somente com os resíduos gerados durante a colheita (Abril a Novembro) resultando em 5563 horas de operação por ano e uma capacidade de geração (δ) de 20 KWh/tonelada de cana.

Conforme exposto no quadro nº 2A (ver apêndices), a energia eléctrica potencial gerada no período foi de cerca de 140,1 mil MWh, implicando num montante total de aproximadamente 8,04 milhões de reais por hora. Considerando então 5563 horas fornecidas

³³ Energia excedente nas unidades produtoras comercializadas com redes distribuidoras.

³⁴ A moeda vigente no Brasil (BRL\$).

³⁵ Companhia distribuidora de energia eléctrica no país.

³⁶ São produzidos 280 kg bagaço/tonelada de cana-de-açúcar, com 50% de humidade, PCI de 1.800 kcal/ kg, e PCS de 2.260 kcal/kg (Macedo *et al*, 2004: p.36).

por ano o valor potencial de geração de energia eléctrica foi de aproximadamente 44,7 mil milhões de reais, sendo que 42,07 mil milhões de reais seria o montante teórico poupado pelas destilarias e 2,63 mil milhões de reais o valor estimado gerado pelo excedente eléctrico. No entanto, importa destacar que esses valores foram estimados de modo absoluto, consoante a produção de cana-de-açúcar e a actual tecnologia, e não condizem exactamente ao valor efectivo de geração de energia eléctrica durante este período, pois a tecnologia e a capacidade instalada não foram as mesmas no decorrer dos anos.

5.3. Custos directos

Os custos directos são, em essência, o agregado geral dos encargos suportados pelo processo produtivo como um todo, derivado do valor monetário que cada item representa no processo. Envolvem os custos: das matérias-primas (nomeadamente cana-de-açúcar); com bens de capital (equipamentos e máquinas); com o capital humano; do uso de água e electricidade; logísticos da cana-de-açúcar; de processamento, fermentação e destilação; à distribuição e abastecimento de combustível (que vão desde a saída do bioetanol das destilarias até a sua oferta ao consumidor nos postos de combustíveis); e os subsídios.

– Custos agrícolas e industriais da produção de bioetanol

A Organização dos Plantadores de Cana-de-açúcar da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA) calculou para o mês de Outubro de 2000 que os custos operacionais da produção de cana-de-açúcar, apresentados no quadro nº 10, eram de cerca de 17,11 reais (a preços correntes) por tonelada de cana-de-açúcar produzida. Estes custos têm evoluído positivamente a partir deste período, chegando a representar 91,2% do preço pago ao produtor em 2004, como demonstra o quadro nº 11.

Quadro nº 10 - Custo Operacional da Produção de cana-de-açúcar no ano de 2000.	
Item	reais/ton. de cana
Plantio	3,36
Tratos Culturais Planta	0,83
Tratos Culturais <i>Soqueira</i>	4,96
Corte	3,52
Carregamento	1,44
Transporte	3
TOTAL	17,11
Fonte: ORPLANA (2000).	

Quadro nº 11 - Evolução dos Preços ao produtor e Custo Operacional da Produção de cana-de-açúcar (reais/ton. de cana, a preços correntes).						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Preço	27,88	29,96	35,99	30,22	35,13	42
Custo Operacional	18,91	20,07	25,19	27,56	28,18	28,95
Custo/Preço	67,8%	67,0%	70,0%	91,2%	80,2%	68,9%
Fonte: ORPLANA (2006).						

A União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) calcula que os custos da produção de bioetanol a partir de cana-de-açúcar atingiram em 2007 cerca de 67,87 reais por tonelada de cana-de-açúcar utilizada, sendo que 42,15 reais são custos agrícolas e 25,73 reais custos industriais, como pode ser observado no quadro nº 12.

Quadro nº 12 – Custo da Produção do Bioetanol (reais/ton. de cana)		
Agrícola	Formação do canavial	5,06
	Tratos Culturais (cana planta e <i>soqueira</i>)	8,48
	Colheita	11,81
	Administração Agrícola	4,59
	Arrendamento	7,04
	Sub-Total	36,99
	Depreciação	1,91
	Juros	3,25
	Total	42,15
Industrial	Processamento, Fermentação e Destilação.	7
	Manutenção	3,64
	Administração	3,35
	Comercialização	0,13
	Sub-Total	14,11
	Depreciação	3,35
	Juros	8,17
	Total	25,73
Agrícola + Indústria		67,87
Fonte: UNICA (2007)		

Considerando então a produção de cana-de-açúcar da colheita de 2006/2007, que foi da ordem de 457,2 milhões de toneladas (segundo o IBGE), teríamos um custo estimado de cerca de 31,03 mil milhões de reais para a produção de todo o bioetanol no Brasil.

- **Electricidade**

Apesar de ser considerada como um custo no processo, a questão da electricidade merece considerações especiais. O uso de energia eléctrica no processo tem sido gradualmente solucionado. Actualmente muitas são as destilarias que já atingiram a auto-suficiência do seu abastecimento, conseguindo gerar, através do uso do próprio bagaço segregado no processo, a energia necessária para as movimentar. Desta forma reduzem-se (ou até se eliminam) os montantes despendidos na produção do bioetanol.

- **Utilização de água**

O uso de água para lavagem, mesmo sob possibilidade de reciclagem³⁷, representa um dos grandes fluxos hídricos na cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Há casos em que é descartada como efluente, embora, actualmente, esteja a se efectuar uma mistura com a vinhaça para aplicação no solo, como forma de aproveitá-la e evitar-se tal acto.

Como aponta Macedo (2002: 6) a captação e uso de água nas *usinas* é ainda muito elevada. Segundo o autor, um estudo realizado pela COPERSUCAR, em 1997, numa amostra de 36 *usinas* processando 60 milhões de toneladas de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, indicou uma média de 5 m³ de água captada por tonelada de cana processada, com a amostra variando de 0,7 até 20 m³ por tonelada de cana. Considerando estes valores e a quantidade de cana-de-açúcar produzida, foi possível estimar os montantes potenciais utilizados de água nestes 3 cenários como pode ser observado no quadro nº 3A (ver apêndices). Sob uma utilização mínima seriam potencialmente consumidos aproximadamente 7,5 mil milhões de m³ de água, na máxima cerca de 148,8 mil milhões e na média 37,2 mil milhões.

Como aponta Bernardo (2006: 75) o consumo diário de água no cultivo cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do país, dependendo da variedade, do estágio de desenvolvimento da cultura, da demanda *evapotranspirométrica*, em função do mês e da região (variação temporal e espacial), em geral tem variado de 2,0 a 6,0 litros/m² por dia, enquanto por exemplo o trigo em média consome 3,2 litros/m² por dia (Libardi e Costa, 1997: 16), e o feijão de 0,39 a 4,68 litros/m² por dia (Junqueira et al., 2004: 51). Como pode ser observado no quadro nº 13, a utilização de água na cultura da cana-de-açúcar é superior (em

³⁷ Passando-as por decantadores antes de voltarem às mesas de lavagem.

termos absolutos) a várias culturas³⁸, até mesmo a de eucalipto, necessitando entre 1000 a 2000 litros de água por metro quadrado cultivado. Com isso pode também ser considerado como um custo indirecto, pois pode influenciar a disponibilidade deste recurso e exercer pressão sobre o seu processo de escassez. Contudo, o uso da vinhaça na *fertirrigação* aliado a suficiência da irrigação natural pela chuva, tem minorado o uso de água para irrigação, especialmente na região Centro-Sul do Brasil.

Quadro nº 13 - Quantidade de água necessária durante um ano ou ciclo da cultura.	
Cultura	Consumo de água (litros/ m²)
Cana-de-açúcar	1000 – 2000
Café	800 – 1200
<i>Citrus</i>	600 – 1200
Eucalipto	800 – 1200
Milho	400 – 800
Feijão	300 – 600
Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2008).	

Considerando, por exemplo, a área cultivada no país em 2006, que foi de aproximadamente 6,15 milhões de hectares (IBGE, 2006), seriam necessários entre 61,5 a 123 mil milhões de m³ de água.

- **Bens de capital**

O BNDES, em 2003, realizou um estudo para analisar os investimentos necessários à expansão da produção de bioetanol no Brasil³⁹. Considerando uma *usina* com cerca de 15600 hectares de área total plantada, sendo a área de corte anual de 13000 hectares (com produtividade de 76 toneladas de cana/hectare) e produção anual (colheita) de 80 milhões de litros de bioetanol, constatou que os valores do investimento industrial estariam entre 80

³⁸ No entanto, vale lembrar que cada cultura tem um tempo cíclico diferente, sendo necessário para uma melhor análise comparar-se o rendimento em termos de utilização de água e produção de bioetanol entre as diversas fontes de bioetanol.

³⁹ Considerou-se para o efeito uma *usina* com as seguintes características: capacidade de moagem de 5.625 toneladas de cana dia (24h de funcionamento); 1 milhão de toneladas de cana por colheita; duração total de colheita de 210 dias; aproveitamento do tempo de 86%; 180 dias úteis de colheita; rendimento de 80 litros de álcool anidro por tonelada de cana; produção diária de 450 mil litros de bioetanol anidro; equipada com 2 ternos de moenda 37" x 66", 4 ternos de moenda 34" x 54", 1 desfibrador DHI – 66", 1 faca oscilante *Fol* 66", 1 faca COP 8-66", 1 Caldeira AT 150 toneladas de vapor por hora e 1 destilaria de 500.000 litros álcool anidro/dia (BNDES, 2003: p.6).

milhões de reais e 110 milhões de reais e o investimento agrícola seria de cerca de 40 milhões de reais (valores de 2003) (BNDES, 2003: 6).

5.4. Benefícios indirectos

– Balança de pagamentos e taxas de juro

A produção de um combustível alternativo ao petróleo num país tem um carácter económico muito positivo, pois pode contribuir, mesmo de forma marginal, na questão da balança de pagamentos e nos juros. Tomando como exemplo o caso brasileiro, vimos que o país tem vindo a poupar com a balança comercial através da redução da importação de petróleo. Isto é resultado, em grande parte, do aumento da produção nacional de petróleo, mas existe uma parcela de contribuição da produção de bioetanol ao substituir a gasolina. Como um devedor externo, também poupa com o pagamento de juros. Deste modo, o aumento da produção doméstica de bioetanol pode ser visto como um factor benéfico indirecto, porque pode gerar ao país receitas e contribuir para o equilíbrio da balança, através das duas vias descritas acima.

– Geração de emprego

Adicionalmente, e de igual modo importante, a produção de bioetanol gera influências nas áreas rurais. Ao impulsionar o desenvolvimento de tecnologias e a expansão da agro-indústria, contribui também para a geração de emprego. Isto possibilita uma melhoria das condições sociais, geração de renda e desenvolvimento nestas áreas, e deste modo é mais um tema a ser adicionado aos benefícios indirectos provenientes da sua implementação.

Para se analisar a evolução do volume de empregos criados pelo bioetanol no período de 1975 a 2006 foi utilizado como base um estudo realizado por Macedo (1995: 5) para o Estado de São Paulo (possuidor do maior nível tecnológico e produtor de cerca de 60% da cana-de-açúcar no país). Embora os dados sejam referentes ao sector da cana-de-açúcar como um todo, e tendo a produção de açúcar e de bioetanol custos comuns (produção da cana-de-açúcar, transporte às unidades produtoras, preparação da cana-de-açúcar, moagem e outros) eles podem servir de base para se avaliar a contribuição do bioetanol em particular.

Pela estimativa do autor, cada 1 milhão de toneladas de cana-de-açúcar processada por ano gera cerca de 2200 empregos directos, sendo que 1600 são para a área agrícola e 600 para o sector industrial. Deste montante 30% são correspondentes a supervisores agrícolas e trabalhadores industriais com habilitações, 10% são trabalhadores com habilitações medianas

(por exemplo, condutores de tractor e camião) e 60% de trabalhadores sem habilitações (dedicados ao plantio, cultivo, colheita e trabalhadores industriais de nível hierárquico mais baixo). Estimou-se ainda que são gerados cerca de 660 empregos indirectos (30% dos directos) provenientes da manufactura de equipamentos, manutenção, produção de suprimentos químicos e engenharia. O autor ainda destaca que para se estimar o número de empregos criados no Brasil como um todo os números seriam superiores, pois as outras regiões apresentam maior necessidade de mão-de-obra devido a menores níveis de produtividade da terra, diferenças na eficiência dos trabalhadores e níveis tecnológicos. No entanto, para a estimação foram considerados os números do Estado de São Paulo.

Os dados expostos no quadro nº 4A apontam para um crescimento gradual do nível absoluto teórico de empregos no período, reflexo do aumento da quantidade de cana-de-açúcar colhida, considerando também *ceteris paribus* que isso não implicaria redução de empregos noutras actividades agrícolas ou mesmo no sector dos demais combustíveis.

Contudo, é necessário considerar outros factores que actuam em sentido inverso, quantificá-los e aplicá-los na estimação para que se aproximem mais dos valores reais. Macedo (1995: 8) aponta que o aumento da produtividade dos trabalhadores da colheita de cana-de-açúcar, que passou de 4,5 para 7 toneladas diárias, tem reduzido a utilização de mão-de-obra. Adicionalmente, a expansão da mecanização da colheita, imposta no Estado pela lei 11.241⁴⁰, sob pressão do controlo das emissões na queima da cana-de-açúcar, tem contribuído para que a quantidade de empregos também fosse reduzida. Uma máquina de colher sob determinada tecnologia, e considerando-se uma produtividade média de 7 toneladas por pessoa por dia em São Paulo, pode reduzir a utilização de cerca de 50 trabalhadores. O autor ainda destaca que o plantio também está a ser gradualmente mecanizado, embora as implicações para o nível de emprego sejam menores. Contudo, a utilização da palha produzida (pois a sua queima é evitada pelas máquinas) como fonte energética pode ser fonte de geração de novos postos de trabalho na área agrícola.

– Eficiência no cultivo

Por outro lado, a pressão para a expansão do montante produzido de cana-de-açúcar no Brasil de forma a atender as necessidades do sector do açúcar e do bioetanol, embora tenha determinado uma expansão da área cultivada teve, em grande parte, a sua procura satisfeita pelo aumento da produtividade, como apresenta a figura nº 6.

⁴⁰ Ver anexos.

Este progresso qualitativo no nível da produção do sector teve basicamente a contribuição da inserção de novas espécies de cana-de-açúcar mais produtivas e que apresentavam maiores teores de açúcar, adicionado a melhorias no cultivo. Este aumento gradual da produtividade, com uma média de crescimento de 1,37% ao ano, além de favorecer o controlo do alargamento da cultura para outras áreas serve de fundamento para se defender da proposição de que tal cultura possa estar a aduzir uma degradação do solo, que tem sido um problema sério em agriculturas intensivas. Ou seja, o alcance de melhores níveis de produtividade, e de forma contínua, pode fornecer argumentos para que se passe a não considerar o processo produtivo agrícola da cana-de-açúcar como gerador de um custo externo, pois constata-se que a utilização do solo tem sido feita de forma positiva.

– **Recurso renovável, dependência de combustíveis fósseis e importação de petróleo**

A grande vantagem ambiental que o bioetanol da cana-de-açúcar possui sobre a gasolina é ser produzido por uma fonte renovável, e que ao contrário do petróleo, não possui previsão de esgotamento⁴¹. Este facto é considerado muito favorável e ganha mais importância, uma vez que, se vislumbra, cada vez mais, a extinção das fontes de petróleo ou mesmo do aumento dos custos de sua extracção que inviabilizarão gradualmente o seu comércio. Assim, a relevância em ter um recurso energético que é proveniente de uma fonte que pode ser regenerada num, relativamente, curto espaço de tempo, é considerada benéfica.

Adicionalmente, o caso brasileiro pode ser considerado como um exemplo do benefício causado pela efectivação de um combustível alternativo para evitar a dependência externa no fornecimento de petróleo e promover uma maior fiabilidade e segurança na oferta de energia interna.

Apesar de ter atingido a auto-suficiência na oferta de petróleo e de estar menos volátil a estes efeitos sobre a sua oferta de energia, o Brasil emprega o bioetanol como uma fonte de auxílio a fim de evitar a importação deste produto. Para isso, usa as opções tanto da substituição directa da gasolina pelo bioetanol hidratado, como do aumento (ou redução) da sua percentagem na mistura com a gasolina, para flexibilizar e amortecer os impactos no sector dos combustíveis.

⁴¹ Dadas as condições de utilização da cana-de-açúcar em conformidade com a sua capacidade regenerativa (característica dos produtos renováveis) e a relação entre o tempo de regeneração do petróleo e a sua taxa de exploração (apesar de se saber que o processo extractivo e a escassez de tal recurso, promoverão o aumento dos seus custos de tal forma que a sua extinção completa pode não ser atingida).

Como citado anteriormente, esse melhor posicionamento em relação à oferta mundial de combustíveis, principalmente face aos derivados do petróleo, possibilita ao país liberar-se do fornecimento de petróleo proveniente de nações politicamente instáveis (como é o caso do Médio Oriente), evitando, também por este meio, com que o seu abastecimento de energia seja comprometido.

– Emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC)

A contribuição do bioetanol para o cenário de emissões dos GEE é um dos factores importantes de sua opção. Esta pode não somente vir do abatimento das emissões directamente pelos veículos, mas também através do ciclo de crescimento da biomassa, que fixa o carbono existente no CO₂ da atmosfera através do processo de fotossíntese (apesar de, em contrapartida, ser reemitido parte deste CO₂ pela queima da cana-de-açúcar para a colheita). No caso dos combustíveis fósseis, o carbono retirado do subsolo é emitido à atmosfera como CO₂, sem possibilidade de ser reciclado⁴².

A estimativa do montante de GEE emitido pelos veículos a bioetanol serve de base para uma quantificação dos benefícios ou custos externos líquidos, em termos de emissões, que a sua opção pode estar a trazer ao cenário do Aquecimento Global. Permite realizar uma comparação entre os valores obtidos ao se consumir este combustível e os que supostamente seriam atingidos pelos movidos a gasolina.

Para realizar-se a quantificação do volume de emissões provenientes da utilização do bioetanol foram necessárias algumas etapas. Primeiramente foi estimado o volume de gasolina equivalente face ao volume de bioetanol hidratado consumido no período de 1979 a 2006⁴³. Ou seja, aplicando a relação de 1 litro de etanol hidratado para 0,7 litros de gasolina⁴⁴, permitiu-se conhecer o volume de gasolina que seria despendido caso esse fosse o combustível utilizado.

A segunda etapa consistiu em estimar o consumo médio anual de combustível por veículo. Devido à ausência de dados específicos sobre a frota de automóveis a bioetanol em actividade existente no país em cada ano do período estudado, foi realizada uma estimativa

⁴² Salvo os casos onde há a utilização de uma tecnologia para sequestro de carbono.

⁴³ Dados fornecidos pela União da Indústria de Cana-de-açúcar (ÚNICA, 2007).

⁴⁴ Embora não seja possível a comparação directa de motores a bioetanol, a *gasohol* (a gasolina com adição de bioetanol) e a gasolina no Brasil, a equivalência mais aceite hoje, em função dos desempenhos relativos (veículos novos), o que envolve a qualidade da gasolina, as propriedades dos aditivos e dos motores, é de 1 litro de bioetanol hidratado equivalente a 0,7 litros de gasolina e 1 litro de bioetanol anidro (mistura) equivalente 1 litro de gasolina (Macedo *et al*, 2004: p.36).

para o efeito. Para isto, foram utilizados os dados das vendas de automóveis novos movidos a bioetanol no Brasil neste período fornecido pela *Associação Nacional dos Fabricante de Veículos Automotores* (ANFAVEA, 2007: 68). Foi considerado que o total de veículos disponíveis em cada período era composto pela soma dos veículos novos vendidos no respectivo ano com o montante de veículos do período anterior sob uma taxa de depreciação de 5%. Essa taxa de depreciação foi considerada com base no estudo realizado por Meyer (2001: 53), que estimou em 20 anos o tempo de vida útil médio para a frota brasileira.

Na terceira etapa, utilizando os valores dos limites máximos legais das emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogénio (NOx) e de aldeídos (CHO) em veículos novos, estabelecidos pelo *Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores* (PROCONVE)⁴⁵ e considerando para o cálculo um rendimento médio de 8 km/litro de bioetanol, foi estimado o volume máximo de gases que cada veículo em média poderia ter emitido em cada ano.

Em seguida, foram estimados os valores máximos das emissões em cada ano. Para isto, foi realizado um somatório do montante de emissões ponderando-se o volume acumulado de veículos por ano de fabrico e respectivas taxas limites de emissão. Ou seja, identificou-se a contribuição do montante dos veículos remanescente de cada ano de fabrico para o volume das emissões em cada ano. O que pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$X = \sum_{t=0}^{\infty} ((a + b) c)$$

onde:

X é igual ao montante de emissões em cada ano;

a é igual ao volume de veículos acumulado por ano de fabrico sob a taxa de depreciação consoante os anos de uso no período em questão;

b representa o volume médio emitido por unidade consoante o seu ano de fabrico;

c é igual ao consumo médio de combustível por veículo no ano em questão.

Finalmente, foram comparados os valores das emissões de cada gás referente aos dois combustíveis, possibilitando identificar se a utilização do bioetanol em vez de gasolina conduziu a um benefício ou um custo.

Conforme destaca o quadro nº 5A (ver apêndices), o valor acumulado no período para as emissões de CO para o bioetanol foi de aproximadamente 17,27 milhões de toneladas

⁴⁵ Ver anexos.

contra 19,63 milhões de toneladas para o equivalente em gasolina, implicando um benefício líquido de cerca de 2,36 milhões de toneladas (equivalentes a cerca de 8,67 milhões de toneladas de CO₂)⁴⁶. Para o HC o montante foi de aproximadamente 1,72 milhões de toneladas para o bioetanol contra 1,78 milhões de toneladas para o equivalente em gasolina, gerando um benefício líquido de cerca de 60,4 mil toneladas.

5.5. Custos indirectos

Os custos indirectos encontrados na produção do bioetanol, apresentados no quadro nº 8, dizem respeito:

- à emissão de óxidos de nitrogénio (NO_x) e *aldeídos* (CHO) pelos veículos;
- à energia requerida para todas as etapas do processo (desde a produção e distribuição de fertilizantes, plantio, colheita, transporte e algumas secções da manufactura) que ainda provém dos combustíveis fósseis;
- ao incentivo para a expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar;
- à emissão de NO₂ do solo na adubação;
- à questão da “necessidade” de se efectuar a queima da cana-de-açúcar antes de se realizar a colheita, a fim de facilitar o seu corte.

– Emissões de óxidos de nitrogénio (NO_x) e *aldeídos* (CHO)

Utilizando o mesmo processo de estimação já descrito no ponto anterior, constata-se que os saldos se demonstraram negativos para o NO_x e para os *aldeídos*⁴⁷, com valores da ordem de 127.721 e 124.898⁴⁸ de toneladas respectivamente (ver quadro nº 6A dos apêndices), indicando que a utilização do bioetanol como combustível em substituição à gasolina para estes gases implicou num custo externo.

⁴⁶ Para converter carbono em dióxido de carbono, multiplica-se o carbono por 3,667 ou por 44/12 (relação entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono (C)) (USEPA, 2004).

⁴⁷ Os óxidos de nitrogénio podem contribuir para a formação de ozónio fotoquímico que pode provocar redução da visibilidade e provocar danos a saúde humana. Os *aldeídos* liberam compostos orgânicos voláteis, cujos efeitos são negativos para a atmosfera e para a saúde dos seres humanos, quando combinados com outros poluentes. Podem gerar sintomas de dor de cabeça, irritação dos olhos, da pele e problemas respiratórios, e portanto também devem receber alguma atenção neste tipo de análise (IVIG, 2008).

⁴⁸ Estes gases não possuem um valor exacto de GWP, apesar de influenciarem indirectamente sobre a potencialização dos efeitos de outros gases. No entanto esse efeito é de difícil mensuração, e requer cálculos mais complexos e especializados.

– Combustível fóssil utilizado no processo

O uso dos combustíveis fósseis no processo deve ser considerado como um factor negativo, porque além de ir contra os próprios princípios da existência de um combustível “limpo e renovável”, gera a emissão de gases poluentes, que devem ser ponderados no balanço real da sua contribuição para com a questão ambiental. No entanto, tem-se notado uma evolução na mitigação deste problema. Por um lado, a utilização dos próprios resíduos da cana-de-açúcar (como é o caso do bagaço que substitui o gásóleo nas caldeiras) têm reduzido (ou eliminado) o uso de combustíveis fósseis em alguns processos. Por outro, o gásóleo que abastece os camiões e maquinarias agrícolas tem sido gradualmente substituído por uma mistura de bioetanol e gásóleo. Até mesmo, em alguns casos, a pulverização das plantações tem sido realizada por aeronaves que consomem o bioetanol na sua forma pura.

– Aumento da área de cultivo e consequências para o abastecimento de alimentos

É importante também avaliar quais as implicações sobre o abastecimento e preços dos alimentos promovidos pela implementação deste sector. Isto fica ainda mais indispensável no caso do bioetanol produzido a partir de sementes. A cana-de-açúcar apesar de não ser um alimento de consumo directo pelo ser humano, pode gerar um (o açúcar), e por isso este factor também deve ser ponderado no balanço da produção de bioetanol. Mas por outro lado, como anteriormente citado, o processo de fabricação do bioetanol permite ter uma flexibilidade entre a produção dos dois produtos, o que contribui para que se controle e adeque mais facilmente este *trade-off* entre os dois *outputs*.

O impulso dado à produção de biocombustíveis, nomeadamente do bioetanol a partir da cana-de-açúcar, pode também gerar impactes negativos sobre o dimensionamento da área destinada para o cultivo. O aumento da procura por biocombustíveis pode levar a uma dinâmica nova de afectação das culturas agrícolas.

Conforme aumenta a atractividade da cultura da cana-de-açúcar, gerada por maiores possibilidades de ganhos aos produtores que fornecem matéria-prima ao sector, pode estimular outros produtores a uma substituição da cultura agrícola à qual se dedicam. Isto é, conforme os ganhos em produzir a cana-de-açúcar se mostrem mais favoráveis que qualquer outra cultura, os produtores podem abandonar a cultura a que se dedicam, e passarem a produzir a cana-de-açúcar.

Este facto pode ter implicações, como dito anteriormente, para o abastecimento e preço dos alimentos, não somente pela redução da oferta provocada ao direccionar um produto alimentar à produção de biocombustíveis, mas num sentido mais indirecto, onde a própria expansão da cultura da cana-de-açúcar pode vir a gerar reduções das áreas destinadas ao cultivo de outras culturas. Ou seja, a expansão do espaço destinado à cana-de-açúcar pode causar impactos estruturais na área cultivada de outros vegetais e, de certa forma, alterar a situação de mercado para determinadas culturas, ao promover menor oferta, possibilidades de desabastecimento e consequentes aumentos de preços.

Por outro lado, são também postos em causa os impactos desta expansão sobre a afectação territorial nacional. Isto é, a cultura da cana-de-açúcar pode implicar novos ordenamentos do espaço, forçando o desbravamento de novas áreas. Isto pode contribuir para a melhoria da qualidade produtiva nacional, ao ocupar (ou forçar outras culturas a tal) terras não utilizadas ou improdutivas, mas, por outro lado, pode também promover o desmate de áreas florestais e selvagens, acarretando danos à biodiversidade.

Através dos dados do IBGE (2006), constata-se que a cultura da cana-de-açúcar com uma área colhida de aproximadamente 6,15 milhões de hectares na colheita de 2006/2007 representa cerca de 10,7% do montante global da área colhida destinada a produção das 20 principais culturas no Brasil, que ocupam aproximadamente 57,42 milhões de hectares do território⁴⁹. Posiciona-se como a terceira maior actividade agrícola no país, ficando atrás da produção de soja e milho que abrangem respectivamente 38,4% e 21,97%, conforme demonstra a figura nº 14.

⁴⁹ Ver anexos.

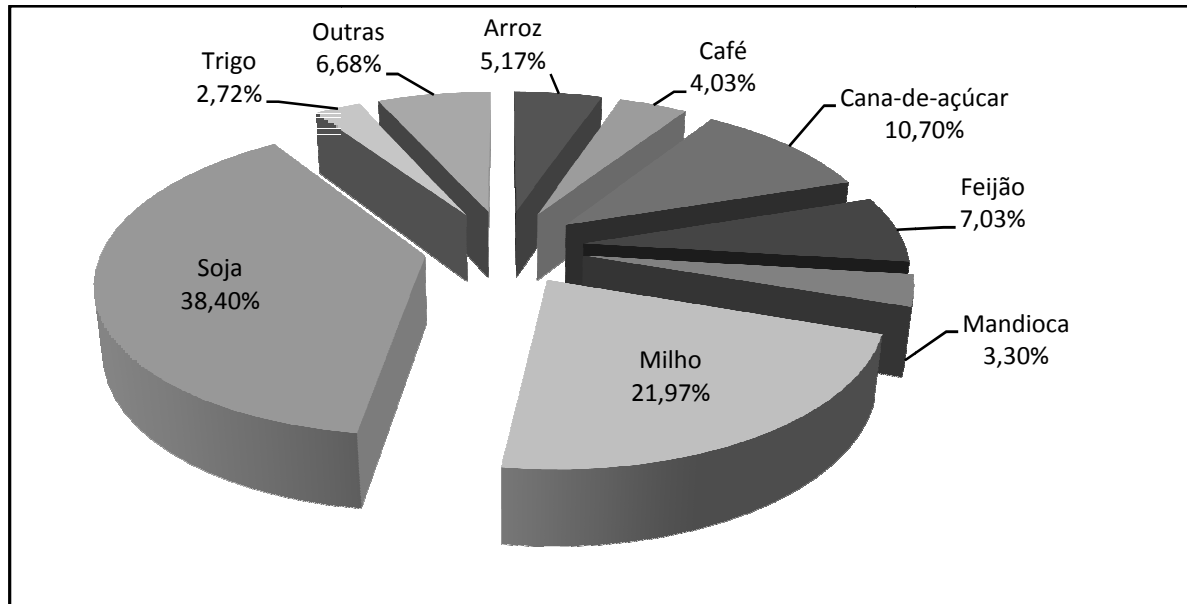


Figura nº 14 - Área Colhida no Brasil em 2006 (%)⁵⁰.

A actividade da cana-de-açúcar tem-se expandido de modo sustentado entre os anos de 1970 a 2006, conforme observado na figura nº 15. Tem apresentado uma taxa de crescimento média da ordem de 3,69% ao ano. A área colhida total no país tem igualmente apresentado um crescimento médio positivo de cerca de 1,32% ao ano, embora seja menor e apresente oscilações maiores em torno da sua linha tendencial e com maiores variações no decorrer do período que a cana-de-açúcar.

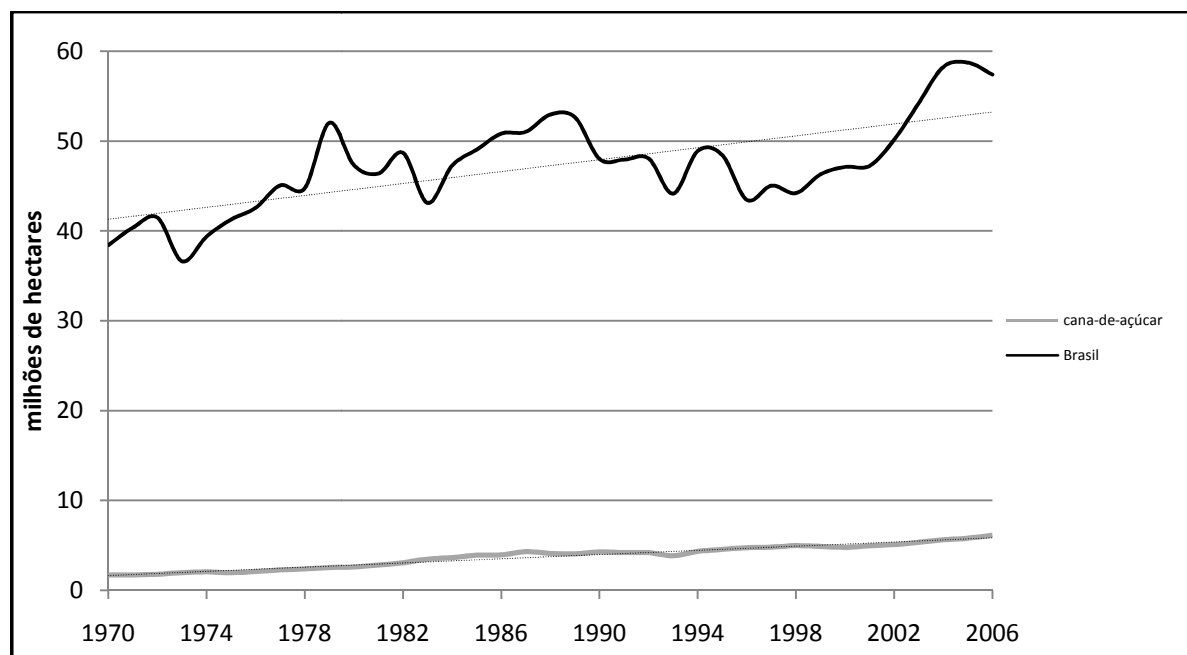


Figura nº 15 - Evolução da área colhida total e da cana-de-açúcar no Brasil⁵¹.

⁵⁰ Elaborado a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).

Um aspecto a ser destacado na evolução da actividade de produção agrícola brasileira tem sido o processo de ajustamento e de distribuição territorial entre as diversas culturas. Apesar de se constatar uma taxa de crescimento médio positiva no montante global, é notória a expansão da área de algumas culturas e o declínio de outras. O caso mais evidente é o da soja, que partiu de uma cultura marginal em 1970 para hoje se destacar como a principal actividade agrícola no país, ostentando uma taxa de crescimento médio de 9,07% ao ano. A cana-de-açúcar, apresenta a mesma característica e durante este período expandiu-se de forma a actualmente dedicar mais áreas do que as culturas que eram mais extensas em 1970, como o arroz, café, feijão, mandioca e trigo. O milho, por sua vez, tem apresentado menores variações na sua extensão territorial e tem-se mantido num nível estável nestes últimos períodos, depois de ter sofrido reduções entre 1975 e 1995, como pode ser observado na figura nº 16.

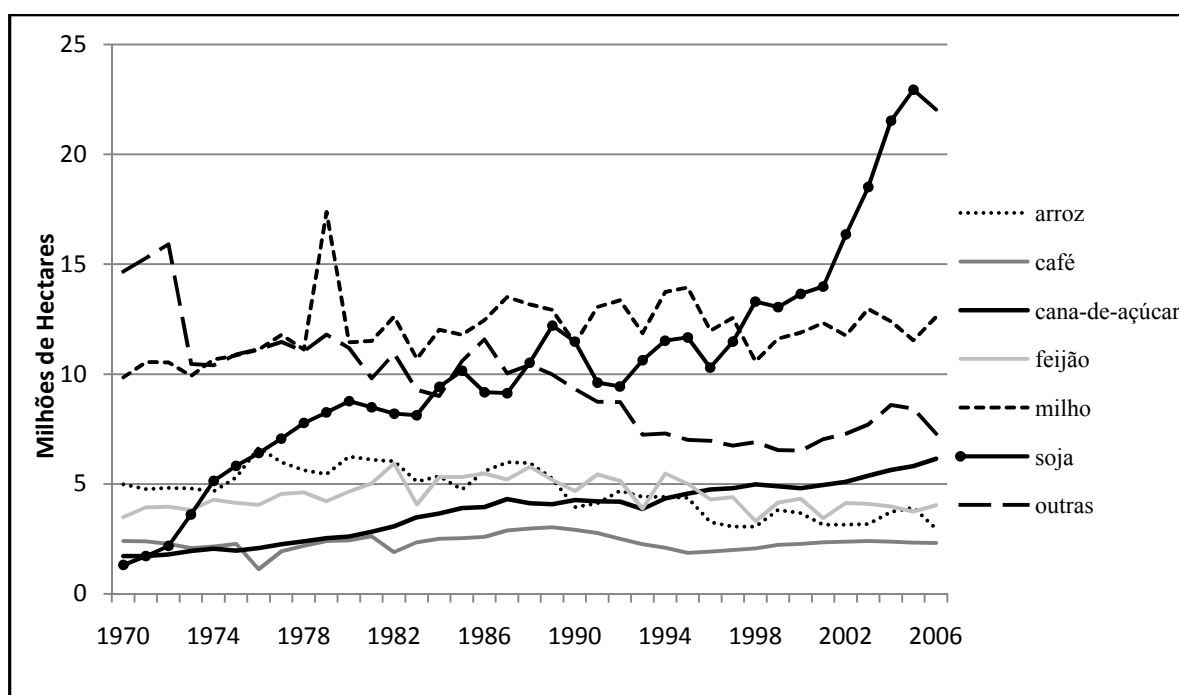


Figura nº 16 - Evolução da área colhida por cultura no Brasil⁵².

O processo de ajustamento entre as diversas culturas pode ser uma fonte de elucidação da questão de como essa expansão vem acontecendo, sua influência sobre as demais culturas e conseqüentemente da disponibilidade de alimentos, pois de facto a cana-de-açúcar vem ocupando o espaço de outras actividades agrícolas.

Contudo, levanta-se a hipótese dessa expansão poder estar a ocorrer sob o ónus da ocupação de áreas destinadas a pastagens ou mesmo a troco de devastação de matas e

⁵¹ Elaborado a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).

⁵² Elaborado a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008).

florestas. Ao confrontar os dados dos censos agro-pecuários do Brasil entre os anos de 1970 a 2006 (ver quadro nº 14 e figura nº 17), nota-se que as áreas destinadas às florestas e matas no país têm apresentado taxas positivas de crescimento, descartando a possibilidade de ter sido este o caminho adoptado à expansão do sector. Já as áreas de pastagens apresentam oscilações no decorrer do período, tendo crescido de 1970 até 1985 e a partir de então declinado. Esse decréscimo mais recente pode assim sustentar a tese de que uma das vias da expansão da cultura não só da cana-de-açúcar, mas principalmente da soja, tem vindo a ser a ocupação destas áreas de pastagens.

Fica assim difícil afirmar, de forma absoluta, que o processo de expansão da cana-de-açúcar vem acontecendo ou pelo processo de ajustamento entre as diversas culturas ou pela ocupação das áreas de pastagens. A conclusão mais correcta seria que o mesmo vem ocorrendo por uma combinação dos dois factores.

Quadro nº 14 - Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agro-pecuários do Brasil de 1970 a 2006.

Dados estruturais	Censos					
	1970	1975	1980	1985	1995	2006
Estabelecimentos	4 924 019	4 993 252	5 159 851	5 801 809	4 859 865	5 204 130
Área total (ha)	294 145 466	323 896 082	364 854 421	374 924 929	353 611 246	354 865 534
Utilização das terras (ha)						
Lavouras (1)	33 983 796	40 001 358	49 104 263	52 147 708	41 794 455	76 697 324
Pastagens (2)	154 138 529	165 652 250	174 499 641	179 188 431	177 700 472	172 333 073
Matas e florestas (3)	57 881 182	70 721 929	88 167 703	88 983 599	94 293 598	99 887 620

Nota: Lavoura permanente somente foi pesquisada a área colhida para os produtos com mais de 50 pés em 31.12.2006.
 (1) Lavouras permanentes, temporárias e cultivo de flores, inclusive hidroponia e plasticultura, viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação e forrageiras para corte. (2) Pastagens naturais, plantadas (degradadas e em boas condições). (3) Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, matas e/ou florestas naturais, florestas com essências florestais e áreas florestais também usadas para lavouras e pastoreio de animais.

Fonte: IBGE (2006: 42).

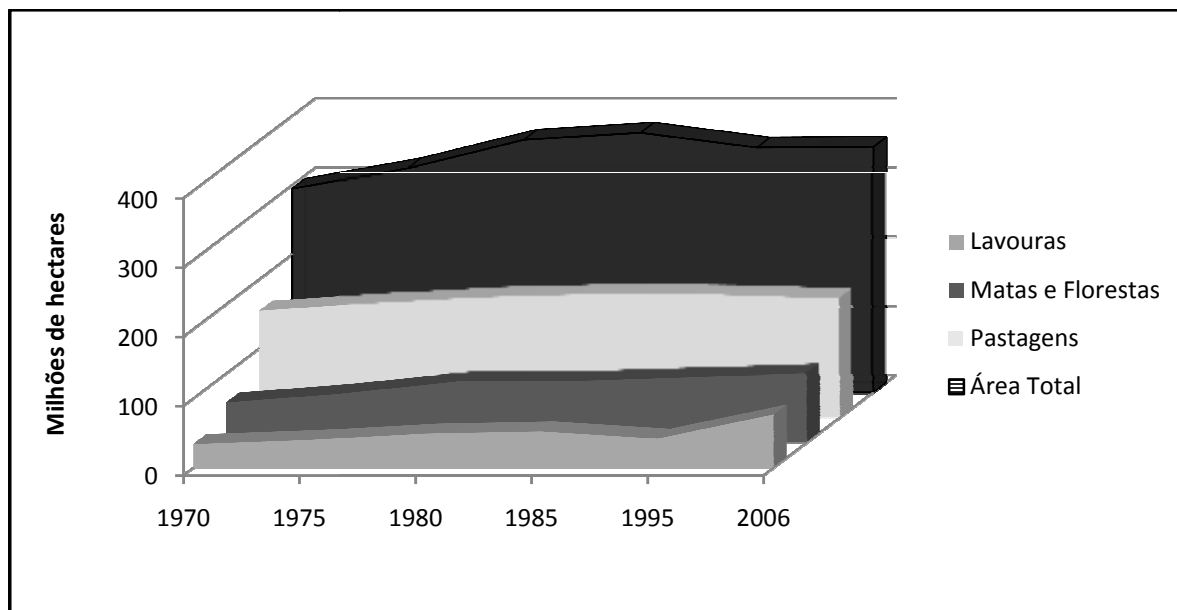


Figura nº 17 - Evolução da área utilizada no Brasil de 1975 a 2006⁵³.

Mesmo ao estar a alargar os seus espaços produtivos e a ocupar áreas antes destinadas a outras actividades, não se pode alegar que a cultura da cana-de-açúcar tem acarretado problemas ao abastecimento de alimentos. Todas as 20 culturas abrangidas pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do IBGE apresentaram taxas de produtividades médias positivas no período⁵⁴, o que pode indicar uma compensação pela perda de espaço. Ou seja, mesmo ao perderem área de cultivo as outras culturas têm, entretanto, apresentado melhorias na utilização do espaço, e desta forma podem ter atenuado os efeitos de tal redução.

– Emissão de óxido nitroso (N₂O) do solo

A questão da utilização da terra também pode ser analisada em termos de emissão de N₂O do solo proveniente da adubação (adubação nitrogenada). Macedo et al. (2004: 35) estimou o valor para a cultura da cana-de-açúcar, utilizando algumas hipóteses:

- As emissões de N₂O dependem da quantidade de fertilizante nitrogenado utilizada, da forma de aplicação (NO₃ ou NH₄) e das condições do solo;
- As emissões atingem cerca de 0,5% a 1,5% do fertilizante aplicado.

Neste estudo, o autor tomou como base as condições da região Centro-Sul do Brasil (maior produtora), onde cerca de 28 kg N/hectare são usados no plantio da cana-de-açúcar e

⁵³ Elaborado a partir dos dados dos Censos agro-pecuários do IBGE de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006 (IBGE, 2006: p.42).

⁵⁴ Ver quadro nº 7A nos apêndices.

87 kg N/hectares para cada *soqueira*⁵⁵, resultando em 75 kg N/ (hectare ano) para o ciclo⁵⁶. A maior parte do fertilizante é do tipo NH₄. Considerando esses valores o autor chegou ao resultado de uma emissão de 1,76 kg N₂O/hectare, correspondendo a 521 kg CO₂e por hectare ao ano ou 6,3 kg CO₂ por tonelada de cana. Com base nestes dados, essa relação foi aplicada ao montante de área destinada a cultura de cana-de-açúcar no período de 1975 a 2006, como se apresenta no quadro nº 15.

Quadro nº 15 - Emissões de N₂O do solo							
Ano	Cana-de-açúcar Hectare	N ₂ O (ton)	CO ₂ e/ano (ton)	Ano	Cana-de-açúcar Hectare	N ₂ O (ton)	CO ₂ e/ano (ton)
1970	1.725.121	3.036	898.719	1989	4.075.839	7.173	2.123.349
1971	1.728.003	3.041	900.220	1990	4.272.602	7.520	2.225.855
1972	1.802.648	3.173	939.108	1991	4.210.954	7.411	2.193.739
1973	1.958.776	3.447	1.020.444	1992	4.202.604	7.397	2.189.389
1974	2.056.691	3.620	1.071.454	1993	3.863.702	6.800	2.012.834
1975	1.969.227	3.466	1.025.888	1994	4.345.260	7.648	2.263.707
1976	2.093.483	3.685	1.090.621	1995	4.559.062	8.024	2.375.089
1977	2.270.036	3.995	1.182.598	1996	4.750.296	8.361	2.474.714
1978	2.391.455	4.209	1.245.852	1997	4.814.084	8.473	2.507.945
1979	2.536.976	4.465	1.321.663	1998	4.985.819	8.775	2.597.412
1980	2.607.628	4.589	1.358.470	1999	4.898.844	8.622	2.552.102
1981	2.825.879	4.974	1.472.170	2000	4.804.511	8.456	2.502.958
1982	3.084.297	5.428	1.606.795	2001	4.957.897	8.726	2.582.866
1983	3.478.785	6.123	1.812.308	2002	5.100.405	8.977	2.657.107
1984	3.655.810	6.434	1.904.531	2003	5.371.020	9.453	2.798.087
1985	3.912.042	6.885	2.038.017	2004	5.631.741	9.912	2.933.912
1986	3.951.842	6.955	2.058.752	2005	5.805.518	10.218	3.024.443
1987	4.314.146	7.593	2.247.498	2006	6.144.286	10.814	3.200.927
1988	4.117.375	7.247	2.144.988	Total	139.274.664	245.123	72.556.529

O resultado foi um montante acumulado de aproximadamente 245,2 mil toneladas de N₂O emitidos (o que equivale a cerca de 72,6 milhões de toneladas de CO₂e)⁵⁷, ou seja, apresenta-se como um custo externo da cultura da cana-de-açúcar.

⁵⁵ Chama-se *soqueira* de cana-de-açúcar, as raízes que sobram dentro e fora da terra, após o seu corte, cerca de um palmo acima do solo.

⁵⁶ O processo de cultivo da cana-de-açúcar tem um ciclo de 5 anos. No primeiro ano é realizado o plantio das mudas. Nos quatro anos posteriores a própria *soqueira* remanescente do corte é utilizada na produção da planta. Assim ponderando a utilização de 28 kg N/ha usados no plantio da cana-de-açúcar e 87 kg N/ha para cada *soqueira*, o resultado é de 75 kg N/ha por ano.

⁵⁷ Considerando que o N₂O tem um efeito estufa potencialmente 296 vezes maior que o CO₂.

– Emissão de gases e poluentes pela queima da cana-de-açúcar

A queima da cana-de-açúcar antes da colheita acarreta além de emissões dos GEE (CH_4 e N_2O), a liberação de fumo e partículas de cana-de-açúcar queimadas (limalhas) para a atmosfera⁵⁸. Este problema tem sido gradualmente solucionado pela introdução, tanto da mecanização da colheita, que extingue a necessidade desta queima, como por medidas administrativas realizadas pelo Estado (Lei 11241) no controlo a este tipo de actividade, determinando condições para sua realização.

Como destaca Macedo et al. (2004: 34) para emissões de metano na queima de cana-de-açúcar há um único estudo completo, com metodologia adequada, em túnel de vento, realizado em 1994 por Jenkins et al. (1994)⁵⁹. O autor destaca ainda que o *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC: 2001)⁶⁰ recomenda usar valores “gerais” para as emissões da queima de resíduos agrícolas quando não houver dados específicos. Esses valores são mais elevados do que os medidos por Jenkins et al. (1994) para a cana-de-açúcar. Considerando tais dados e utilizando os valores de GWP-100⁶¹ (equivalência do gás com o CO_2 em função da sua reactividade num período de 100 anos), Macedo et al. (2004) obteve os dados apresentados no quadro nº 16. Estes foram considerados para a estimação da quantidade emitida de CH_4 na queima da cana-de-açúcar durante o período de 1975 a 2006, apresentada no quadro nº 17. O autor ainda estimou o montante emitido de N_2O na queima da cana-de-açúcar no campo e obteve o valor de 2,4 kg CO_2e por tonelada de cana-de-açúcar⁶², que também foi utilizado para a estimação apresentada no quadro nº 17.

⁵⁸ O fumo e as partículas ao se deslocarem às cidades próximas ao canavial, consoante a direcção do vento, reduzem a qualidade do ar.

⁵⁹ Jenkins, B., Turn, S., Williams, R., Goronea, M., Abdel-Fattah, H., Mehlschau, N., Raubach, N.; Whalen, S., Chang, D., Kang, M., Teague, S., Raabe, O., Campbell, D., Cahill, T., Pritchett, L., Chow, J., Jones, A., (1994). *Atmospheric pollutant emission factor from open burning of sugar cane by wind tunnel simulation - Final Report*. University of California, USA.

⁶⁰ *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC), (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge Express, New York.

⁶¹ *Global Warming Potential* (GWP) é uma medida métrica usada para comparar as emissões de vários GEE com base no seu Potencial de Aquecimento Global.

⁶² Conforme Macedo *et al* (2004) as emissões de N_2O na queima da palha da cana-de-açúcar podem ser estimadas usando-se os índices indicados pelo IPCC para a queima de resíduos agrícolas em geral:

- Teor de carbono no resíduo: 0,50 kg C/kg resíduo (base seca)
- Teor de nitrogénio no resíduo: N/C = 0,010 – 0,020
- Coeficiente de emissão de N_2O : 0,007 kg N/kg N no resíduo

Assim, considerando-se que a relação ton. palha/ton.cana é de 0,101 e assumindo N/C = 0,015, resulta:

- Conteúdo de carbono na palha = 0,50 kg C/kg palha x 0,101 kg palha/ton.cana = 50 kg C/ton.cana
- Conteúdo de nitrogénio na palha = 0,015 x 50 = 0,75 kg N/ton.cana
- Emissões de N_2O = 0,75 kg N (palha)/ton.cana x 0,007 kg N/kg N (palha) = 0,00525 kg N/ton.cana = 0,00825 kg N_2O /ton.cana

Quadro nº 16 - Emissões de metano na queima do canavial					
	Coef. Emissão (kg CH ₄ /t palha)	Ton. palha/ ton. Cana (a)	Emissão (kg CH ₄ /ton cana)	GWP	Kg CO ₂ e / ton. Cana
IPCC	2,83	0,101	0,286	23	6,6
Jenkins	0,41	0,101	0,041	23	0,94

(a) 140 kg (MS) de resíduos/TC(a) 140 kg (MS) de resíduos/TC, com 82,4 TC/ha; queima de 90% (incompleta), e cerca de 80% de área queimada.

Fonte: Macedo et al. (2004: 34).

Quadro nº 17 - Emissões de gases na queima da cana-de-açúcar no campo								
Período	Produção		IPCC				Jenkins	
	Cana-de-açúcar (ton.)	Palha (ton.)	CH ₄ (ton)/ ton. de cana	CO ₂ e/ton. de cana	N ₂ O (ton)/ton.de cana	CO ₂ e/ton. de cana	CH ₄ / ton. de cana	CO ₂ e/ton. de cana
1975	68.322.619	6.900.585	19.529	450.929	564	166.844	2.801	64.223
1976	87.826.664	8.870.493	25.103	579.656	725	214.473	3.601	82.557
1977	104.633.795	10.568.013	29.907	690.583	863	255.516	4.290	98.356
1978	107.626.377	10.870.264	30.763	710.334	888	262.824	4.413	101.169
1979	112.648.423	11.377.491	32.198	743.480	929	275.087	4.619	105.890
1980	123.006.681	12.423.675	35.159	811.844	1.015	300.382	5.043	115.626
1981	132.886.342	13.421.521	37.983	877.050	1.096	324.508	5.448	124.913
1982	166.178.592	16.784.038	47.499	1.096.779	1.371	405.808	6.813	156.208
1983	196.742.941	19.871.037	56.235	1.298.503	1.623	480.446	8.066	184.938
1984	201.218.937	20.323.113	57.514	1.328.045	1.660	491.377	8.250	189.146
1985	223.635.879	22.587.224	63.922	1.475.997	1.845	546.119	9.169	210.218
1986	225.539.928	22.779.533	64.466	1.488.564	1.861	550.769	9.247	212.008
1987	222.434.653	22.465.900	63.578	1.468.069	1.835	543.185	9.120	209.089
1988	220.104.380	22.230.542	62.912	1.452.689	1.816	537.495	9.024	206.898
1989	222.902.343	22.513.137	63.712	1.471.155	1.839	544.328	9.139	209.528
1990	222.429.160	22.465.345	63.577	1.468.032	1.835	543.172	9.120	209.083
1991	229.222.243	23.151.447	65.519	1.512.867	1.891	559.761	9.398	215.469
1992	223.382.793	22.561.662	63.850	1.474.326	1.843	545.501	9.159	209.980
1993	218.336.005	22.051.937	62.407	1.441.018	1.801	533.177	8.952	205.236
1994	240.712.907	24.312.004	68.803	1.588.705	1.986	587.821	9.869	226.270
1995	251.827.212	25.434.548	71.980	1.662.060	2.078	614.962	10.325	236.718
1996	287.809.852	29.068.795	82.265	1.899.545	2.374	702.832	11.800	270.541
1997	303.057.415	30.608.799	86.623	2.000.179	2.500	740.066	12.425	284.874
1998	314.922.522	31.807.175	90.014	2.078.489	2.598	769.041	12.912	296.027
1999	306.965.623	31.003.528	87.740	2.025.973	2.532	749.610	12.586	288.548
2000	257.622.017	26.019.824	73.636	1.700.305	2.125	629.113	10.563	242.165
2001	293.050.543	29.598.105	83.763	1.934.134	2.418	715.629	12.015	275.468
2002	320.650.076	32.385.658	91.651	2.116.291	2.645	783.027	13.147	301.411
2003	359.315.559	36.290.871	102.703	2.371.483	2.964	877.449	14.732	337.757
2004	386.119.910	38.998.111	110.365	2.548.391	3.185	942.905	15.831	362.953
2005	386.584.387	39.045.023	110.497	2.551.457	3.189	944.039	15.850	363.389
2006	426.002.444	43.026.247	121.764	2.811.616	3.515	1.040.298	17.466	400.442
Total	7.443.719.222	751.815.641	2.127.638	49.128.547	61.411	18.177.562	305.192	6.997.096

Assim, os valores acumulados no período, apresentados no quadro nº 17, foram de aproximadamente 2,13 milhões de toneladas de CH₄ (equivalentes a 49,13 milhões de

Utilizando o GWP = 296 (IPCC, 2001), obtém-se então que as emissões de N₂O = 2,4 kg CO₂e/ton.cana.

toneladas de CO₂) tendo como referência os parâmetros do IPCC, e 305,2 mil toneladas de CH₄ (equivalentes a cerca de 7 milhões de toneladas de CO₂) sob os parâmetros de Jenkins et al. (1994). Para as emissões de N₂O chegou-se a um montante de aproximadamente 61,4 mil toneladas (equivalentes a 18,2 milhões de toneladas de CO₂).

5.6. Apreciação final

O trabalho de Wheals *et al* (1999) e a análise dos dados recolhidos para alguns dos elementos proporcionaram condições para a identificação, classificação e, em certa medida, da quantificação de alguns dos custos e benefícios do bioetanol.

Através das estimativas e análise dos dados apresentados foi possível verificar uma redução de alguns dos custos do sector neste período, nomeadamente associados ao aumento da produtividade industrial e agrícola, à auto-suficiência em energia eléctrica e vapor das explorações, e da diminuição relativa dos gastos com capital humano (apesar de em termos absolutos os números apontarem para uma tendência crescente de trabalhadores utilizados).

No entanto, foi igualmente possível identificar custos externos crescentes ao nível da utilização de terras para cultivo de cana-de-açúcar, presumindo que provavelmente têm sido ocupadas áreas de pastagens e de outras culturas. Igualmente negativa apresenta-se a emissão de N₂O do solo, proveniente da adubação, com um montante acumulado de 72,6 milhões de toneladas de CO₂e para o período. O uso do bioetanol em substituição à gasolina nos automóveis também se revelou nocivo no que se refere às emissões de NO_x e CHO, que provocaram um saldo negativo estimado de cerca de 127.721 e 124.898 toneladas, respectivamente. Adicionalmente, a queima da cana-de-açúcar antes da colheita gerou danos entre 305 (Jenkins *et al*) e 2.128 (IPCC) mil toneladas de CH₄ (equivalentes a 7 e 49,13 milhões de toneladas de CO₂, respectivamente). Foram ainda emitidos cerca de 61,4 mil toneladas de N₂O (equivalentes a 18,2 milhões de toneladas de CO₂) (apesar da mecanização da colheita ter minorado esta prática). Outro elemento que deve ser considerado como negativo é o montante de água utilizado tanto no processo industrial (que sob condições de consumo mínimas utilizaria pelo menos 7,5 mil milhões de m³ de água), como para a produção agrícola (que utilizaria, sob condições mínimas, aproximadamente 61,5 mil milhões mil milhões de m³ de água).

Por outro lado, o sector produtivo tem obtido benefícios directos proporcionados pela venda do bioetanol, de co-produtos e da energia excedente. Como benefícios externos provenientes do bioetanol constatou-se a diminuição da poluição de CO e HC resultantes do

uso do bioetanol em substituição da gasolina nos veículos, estimando-se um saldo positivo de cerca de 2,37 milhões de toneladas para o CO (equivalentes a cerca de 8,67 milhões de toneladas de CO₂) e de 60.422 toneladas para o HC. Verificou-se também que o sector tem conquistado ganhos na produtividade agrícola, atingindo 74,42 toneladas de cana-de-açúcar por hectare, um possível indício de que a actividade da cana-de-açúcar não tem degradado a qualidade do solo. Adicionalmente, foi verificado um volume crescente de empregos criados pelo sector, atingindo cerca de 1,22 milhões no ano de 2006. Foi ainda possível verificar que o montante de gasolina substituído pelo bioetanol hidratado nos veículos foi de aproximadamente 128,1 milhões de metros cúbicos no período, com repercussão benéfica ao nível das necessidades de importação (ou mesmo extracção interna) de petróleo.

É importante destacar que a análise realizada neste capítulo 5 é ainda um exercício embrionário, que apresenta lacunas importantes, a exemplo de nem todos os custos e benefícios se encontrarem estimados/traduzidos em termos de valores monetários, mas muitos deles apenas sob quantificação em termos de unidades de medida físicas. Importa igualmente referir que, mesmo quando traduzidos em termos de valores monetários, não foi realizado qualquer processo de actualização dos valores dos custos e/ou benefícios ocorridos em diferentes momentos do tempo, condição fundamental para a realização de qualquer análise de custo benefício. Significa isto que há consciência da necessidade da recolha e tratamento de maior diversidade e volume de dados, de modo a poderem quantificar-se todos os custos e benefícios, e não apenas alguns, como aconteceu neste trabalho.

Contudo a realização deste trabalho possibilita, de uma forma geral, colocar em discussão a forma de avaliação que normalmente é empreendida pelo mercado, que nem sempre deixa os biocombustíveis numa posição vantajosa perante os fósseis, pois retém-se apenas em avaliar os custos e benefícios directos, ou de outro modo, a considerar o valor de troca destes produtos. De facto, o alargamento desse balanço, considerando também os custos e benefícios externos pode tornar o cenário mais profícuo a estes combustíveis alternativos, pois neste contexto algumas de suas vantagens em relação aos derivados do petróleo passam também a ser apreciadas.

6. Conclusão

O emprego de biocombustíveis provenientes de biomassa em substituição aos derivados do petróleo tem obtido cada vez maior destaque no cenário mundial, embora existam divergências quanto à legitimidade deste tipo de “projectos”. Um dos principais biocombustíveis utilizados actualmente é o bioetanol, e que tem sido utilizado já há alguns anos no Brasil como um substituto da gasolina nos automóveis.

A utilização do bioetanol no Brasil está assaz relacionada com a história da produção da cana-de-açúcar. A relevância e influência desta cultura na economia e política do país possibilitaram não apenas a evolução e sobrevivência do complexo *sucroalcooleiro*, mas também o desenvolvimento e fortalecimento de uma fonte energética alternativa.

O programa de bioetanol brasileiro tem significativo relevo a nível nacional, com repercussões sobre os campos económico, social e ambiental. Este projecto conseguiu estimular diversos agentes à implantação e desenvolvimento de uma matriz energética alternativa, que aumentou as opções de abastecimento no sector automóvel. A sua opção proporcionou, entre outros, um maior desenvolvimento do sector agro-industrial, transformações na indústria automóvel, mudanças na oferta de energia e desenvolvimentos nas actividades de investigação.

O processo de introdução da produção e utilização de bioetanol no Brasil, e nomeadamente do PROALCOOL, foi um exemplo de como a intervenção governamental pode criar e/ou estimular um mercado para o uso de recursos energéticos renováveis. De facto, através dos esforços do Estado - na modelação de políticas agrícolas e industriais, no investimento de recursos públicos em investigação, na regulação e atribuição de incentivos, não só para que o sector privado se dedicasse a inovar e a investir em actividades relativas ao bioetanol como aos proprietários de carros movidos a bioetanol - determinaram-se grandes transformações no mercado dos combustíveis no Brasil.

O decorrer desse processo foi marcado por uma sucessão de eventos que influenciaram a sua direcção e evolução, tendo determinado, basicamente, 7 fases, com base em características e políticas distintas. O momento determinante para a trajectória deste combustível no Brasil ocorreu no período posterior à primeira crise do petróleo, em meados de 1970, que pode ser considerado como o marco da intensificação da sua produção e utilização no país. Nesta primeira fase, a prioridade do Programa assentou no combate aos efeitos sobre a economia da subida do preço do petróleo, ao mesmo tempo apoiava a actividade da cana-de-açúcar. Seguiram-se duas fases (2 e 3) em que se acentuaram os

esforços estatais no aumento da participação do bioetanol na matriz energética nacional, promovendo-se a expansão do Programa (que atingiu o seu auge em meados de 1980). Seguiu-se um período (fase 3) em que o sector foi fortemente abalado, principalmente como resultado da redução dos preços do petróleo e de cortes nos investimentos estatais. Passou-se então por uma fase de estagnação e até mesmo de contracção, principalmente após 1990 (fases 4 e 5). No entanto, o actual cenário, tanto ambiental, como energético, tem reaberto novas oportunidades às fontes alternativas. De facto, a subida do preço do petróleo, desde início dos anos 2000, aliada ao reforço das preocupações com o ambiente e, particularmente para o caso brasileiro, ao surgimento da tecnologia *flexfuel*, têm contribuído para a reanimação do sector *sucroalcooleiro*, constituindo um novo período evolutivo e de crescimento para o bioetanol no Brasil.

Importa igualmente destacar que além de alterações no próprio sector *sucroalcooleiro* este processo promoveu transformações na indústria automóvel, obrigando-a a adaptar-se às imposições do Estado quanto ao *mix* de combustíveis a ser utilizado. Isto proporcionou não apenas mudanças estruturais e o desenvolvimento desse sector, mas ao mesmo tempo a criação de um mercado consumidor para o bioetanol no país.

No entanto, são frequentemente apontadas críticas relativas às políticas empregues no programa, nomeadamente apontando-se os subsídios e outros incentivos estatais como factores desfavoráveis, estimulantes da ineficiência na afectação de recursos e da retracção da capacidade de inovação do sector. Também a actividade de *rent seeking*, em particular no início do programa, tem sido apontada como podendo ter induzido decisões erróneas, com ónus para a sociedade.

Todavia, é possível contrapor que o carácter de “emergência” das medidas e a limitação ao nível das opções que o Estado dispunha para manter a actividade económica, bem como os níveis de fornecimento de energia em momento de crise, apresentam-se como justificações possíveis para esta opção. Importa ainda referir que estes subsídios e incentivos também se demonstraram fundamentais na criação de um ambiente mais profícuo para o desenvolvimento e consolidação do bioetanol no país, pois sem os mesmos, provavelmente, o programa não teria conseguido fazer face a concorrência da gasolina, principalmente nos períodos em que o preço desta foi menor do que o do bioetanol.

Importa ainda destacar que, presentemente, a necessidade de intervenção estatal no sector se tem demonstrado quase nula. De facto, conforme já destacado, factores como a própria ascensão dos preços do petróleo, e a disponibilidade da tecnologia *flexfuel*, têm criado um ambiente propício à expansão do mercado e ao desenvolvimento do bioetanol no Brasil.

Adicionalmente, a adequada internalização das externalidades resultantes da combustão das alternativas fósseis poderá contribuir para um cenário ainda mais favorável ao bioetanol.

Desta forma, não é possível afirmar, em absoluto, que a intervenção estatal no programa foi benéfica ou prejudicial; de facto, existiram períodos (nomeadamente nas primeiras fases) em que esta foi imprescindível para a sustentação e desenvolvimento do sector, mas seguiram-se outros (nomeadamente a partir da fase 4) em que o cada vez maior “afastamento” do Estado foi fundamental para que o sector tivesse desenvolvido esforços significativos de modernização e inovação.

Em suma, por outras palavras, é possível afirmar que a postura “paternalista” que o Estado brasileiro assumiu foi fundamental para que o programa do bioetanol pudesse crescer e desenvolver-se. Hoje em dia o sector já atingiu um nível em que consegue “caminhar com as suas próprias pernas”, pelo que a participação do Estado além de dispensável, deve mesmo ser cada vez menor, de modo a que a liberdade de acção possa conduzir o sector a novos progressos.

A partir de contributos científicos desenvolvidos por outros autores, e em particular de Wheals *et al* (1999), bem como da recolha e tratamento de dados pelo próprio, foi igualmente possível proporcionar condições para a determinação e quantificação de alguns dos custos e benefícios do bioetanol no Brasil. Nesse sentido, as estimativas efectuadas permitiram fundamentar a classificação de alguns dos elementos, assim como mensurar (umas vezes em termos físicos, outras em termos monetários) a magnitude da sua participação no âmbito do bioetanol brasileiro.

Sumariamente, pode afirmar-se que ao nível dos benefícios se destacaram: o desenvolvimento agro-industrial, a criação de emprego, reduções nas necessidades de importação de petróleo, redução das emissões de CO e HC pelos veículos, e influências marginais positivas sobre a balança de pagamentos e taxas de juro. Em contrapartida, como principais custos apontaram-se: a expansão e alterações na utilização das áreas cultiváveis, eventuais *trade-offs* ao nível do abastecimento de alimentos, aumento das emissões de CHO e de NO_x pelos veículos, a utilização de combustíveis fósseis no processo de produção, as emissões provenientes da queima da cana-de-açúcar e as emissões de N₂O do solo.

Deste modo, com base nos desenvolvimentos deste trabalho e pela conclusão do relatório da Comissão Europeia, o bioetanol brasileiro pode apresentar algumas vantagens e, desta forma, ter um papel fundamental neste processo de transição, pois a actual procura energética mundial tem impulsionado mudanças iminentes. Contudo, como anteriormente

referido, apenas a efectivação de uma análise custo benefício poderá confirmar ou não estas considerações.

A este propósito, é fundamental destacar que a análise realizada neste trabalho, e muito em particular no capítulo 5 é ainda um exercício embrionário, que apresenta lacunas importantes e que necessitará de desenvolvimentos assinaláveis em trabalhos futuros. De facto, de entre as diversas limitações é importante destacar que, por exemplo, nem todos os custos e benefícios se encontram estimados/traduzidos em termos de valores monetários e não foi realizado qualquer processo de actualização dos valores dos custos e/ou benefícios ocorridos em diferentes momentos do tempo, condição fundamental para a realização de qualquer análise de custo benefício. Significa isto que há consciência da necessidade da recolha e tratamento de maior diversidade e volume de dados, de modo a poderem quantificar-se todos os custos e benefícios, e não apenas alguns, como aconteceu neste trabalho. Mais ainda, que será necessário um sustentáculo maior para que seja possível realizar a valorização económica de todos os custos e benefícios, para assim ser possível implementar uma análise custo benefício. Contudo, tal tarefa é ambiciosa e a sua realização envolve meios e desenvolvimentos que suplantam os objectivos estabelecidos para este trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ABRAF (2008), “Por dentro do eucalipto: aspectos sócias, ambientais e económicos de seu cultivo”, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Brasil.
<http://www.abraflor.org.br/duvidas/cartilha.asp>, 18-04-2008.

Ambiente Brasil (2007), “Biomassa”, Ambiente Brasil, Brasil.
<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/biomassa.html#oquee>, 15-12-2007.

ANFAVEA (2007), *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, Brasil.

ANP (2008). *Dados estatísticos*, IPEADATA, Agência Nacional do Petróleo, Brasil.
http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=1574502405&Tick=1213091769530&VAR_FUNC_AO=Ser_TemasFonte%28128%2C432%29&Mod=M, 02-01-2008.

Baccarin, J., (2005), *A desregulamentação e o desempenho do complexo sucroalcooleiro no Brasil*, Tese de doutoramento, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

Baumol, W. and Oates, W. (1988), *The theory of environmental policy*, 2. Ed., Cambridge University Press, USA.

Berasaluce, L. (1997), *Economía y Mercado del Medio Ambiente*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Bernardo, S. (2006), “Manejo da irrigação da cana-de-açúcar”. *Alcoolbrás*, São Paulo, 10 Out. de 2006, pp. 72-80.

BNDES (2003), “Ampliação da produção de etanol e co-geração de energia elétrica”, *Seminário: Álcool: Potencial Gerador de Divisas e Empregos*, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Brasil.
http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_alcool.asp, 25-03-2008.

BNDES (2007), *Dados estatísticos* (Cedidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

Bourne Jr, J. (2007), “Sonhos Verdes”, *National Geographic Portugal*, Nov. 2007, pp. 8-31.

Bromley, D. (1991), *Environment and Economy – Property Rights and Public Policy*, Blackwell, USA.

Calle, F. and Cortez, L. (1998), “Towards PROALCOOL II – a review of the Brazilian bioethanol programme”, *Biomass and Bioenergy*, 14 (2), pp. 115-124.

CENBIO (2008), *Panorama do Potencial de Biomassa do Brasil – Metodologias de cálculo para conversão energética*, Centro Nacional de Referência em Biomassa, São Paulo.
<http://www.cenbio.org.br/pt/downloads/documentos/metodologia.pdf>, 06-05-2008.

Connelly, J. and Smith, G. (2003), *Politics and the Environment*, 2. Ed., Routledge, New York.

Dermibas, M. and Balat, M. (2006), “Recent advances on the production and utilization trends of bio-fuels: A global perspective”, *Energy Conversion & Management*, 47, pp. 2371-2381.

De Santi, G., Edwards, R., Szekeres, S., Neuwahl, F., Mahieu, V. (2008), *Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties*, European Commission, Netherlands.

Eletrobrás (2008), *Dados Estatísticos*, Eletrobrás, Brasil.
<http://www.eletrobras.gov.br/elb/portal/data/Pages/LUMISF4721174PTBRIE.htm>, 04-01-2008.

Elsworth, S. (1990), *A dictionary of the environment: a practical guide today's most important environmental issues*, Paladin Grafton Books, London.

Faucheux, S. e Noël, J. (1995), *Economia dos recursos naturais e do meio ambiente*, Instituto Piaget, Lisboa.

Field, B. and Field, M. (2002), *Environmental Economics – An introduction*, 3. Ed., McGraw-Hill, New York.

Fisher, A. (1981), *Resource and Environmental Economics*, Cambridge University Press, USA.

Goldemberg, J., Coelho, S., Lucon, O. (2004a), “How adequate policies can push renewables”, *Energy Policy*, 32, pp. 1141-1146.

Goldemberg, J., Coelho, S., Nastari, P., Lucon, O. (2004b), “Ethanol learning curve – the Brazilian experience”, *Biomass and Bioenergy*, 26, pp. 301-304.

Governo do Estado de São Paulo (2002), Lei Estadual nº 11241, de 19 de Set., Governo do Estado de São Paulo, Brasil.
http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2002_Lei_Est_11241.pdf, 25-01-2008.

Hamelinck, C. and Faaij, A. (2005), “Outlook for advanced biofuels”, *Energy Policy*, pp. 1-16.

Hartwick, J. and Olewiler, N. (1998), *The economics of Natural resource use*, 2. Ed., Addison Wesley, USA.

IBGE (2006), *Censo Agro-pecuário 2006*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil.
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>, 28-12-2007.

IBGE (2008), *Dados Estatísticos*, IPEADATA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Brasil.
http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=1574502405&Tick=1213091769530&VAR_FUNC_AO=Ser_TemasFonte%28128%2C432%29&Mod=M, 03-01-2008.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Intergovernmental Panel of Climate Change, New York.
http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm, 23-05-2008.

IPEADATA (2008), *Dados estatísticos*, Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, Brasil.
http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=1574502405&Tick=1213091769530&VAR_FUNC_AO=Ser_TemasFonte%28128%2C432%29&Mod=M, 15-04-2008.

IVIG (2008), *Transporte e Mudanças Climáticas*, Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais, Rio de Janeiro.
http://www.ivig.coppe.ufrj.br/pbr/livro01_glossario.htm, 20-05-2008.

Jenkins, B., Turn, S., Williams, R., Goronea, M., Abdel-Fattah, H., Mehlschau, N., Raubach, N.; Whalen, S., Chang, D., Kang, M., Teague, S., Raabe, O., Campbell, D., Cahill, T., Pritchett, L., Chow,

- J., Jones, A. (1994), *Atmospheric pollutant emission factor from open burning of sugar cane by wind tunnel simulation - Final Report*, University of California, USA.
- Junqueira, A., André, R., Pinheiro, F. (2004), “Consumo de água pelo feijoeiro comum, cv. Carioca”, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 12 (1), pp. 51-56.
- Kim, S. and Dale, B. (2004), “Global Potential bioethanol production from wasted crops and crop residues”, *Biomass and Bioenergy*, 26, pp. 361-375.
- Libardi, V. e Costa, M. (1997), “Consumo d’água da cultura do trigo (*Tricutum Aestivum*, L.)”, *Revista da FZVA*, 4 (1), pp. 16-23.
- Macedo, I. (1995), “Converting Biomass to Liquid Fuels: Making Ethanol from Sugar Cane in Brazil”, in Goldemberg, J. and Johansson, T., (Org.). *Energy as an instrument for socio-economic development*, UNDP, New York, 1, p. 107-112.
- Macedo, I. (2002), “Energia da cana-de-açúcar no Brasil”, Universidade Estadual de Campinas, Brasil. http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Macedo.pdf, 20-03-2008.
- Macedo, I., Leal, M., Silva, J. (2004), *Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil*, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Brasil.
- McLaughlin, S. and Walsh, M. (1998), “Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy”, *Biomass and Bioenergy*, 14 (4), pp. 317-324.
- Meyer, C. (2001), *Implicações energético-ambientais de esquemas de sucateamento de automóveis no Brasil*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Ministério da infra-estrutura (1991), *Portaria nº 107*, de 11 de Mai., Ministério da infra-estrutura, Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes, Brasil. <http://www.fecombustiveis.org.br/juridico-portarias/anp/portaria-minfra-n-107-de-11.5.1991-dou-7.5.1991.html>, 27-03-2008.
- MME (2007), *Balanço Energético Nacional*, Ministério das Minas e Energia, Brasil. http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=14130, 05-01-2008.
- Moreira, J. and Goldemberg, J. (1999), “The alcohol program”, *Energy Policy*, 27, pp.229-245.
- Oliveira, J. (2002), “The policymaking process for creating competitive assets for the use of biomass energy: the Brazilian alcohol programme”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, pp. 129-140.
- OPEP (2006), *Annual Statistical Bulletin – 2006* [on line], Organização dos Países Exportadores de Petróleo, Vienna. <http://www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/ASB2006.htm>, 18-12-2007.
- ORPLANA (2000), “Custos de Produção - Como andam os números”, UDOP, Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil, Brasil. http://www.udop.com.br/download/estatistica/custos_prod_como_andam_numeros.pdf, 18-03-2008.
- ORPLANA (2006), “O setor sucroalcooleiro nacional”, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil, Brasil. http://cna.org.br/site/down_anexo.php?q=E15_146250SetorSucroalcooleiroNacional.pdf, 18-03-2008.

Palley, T. (2008), “Acabar com o monopólio Neoclássico em economia”, *Jornal de Negócios*, 13 de Fev., Portugal.

<http://www.jornaldenegocios.pt/index.php?template=SHOWNEWS&id=311270>, 03-03-2008.

Piacente, E. (2006), *Perspectivas do Brasil no Mercado Internacional de Etanol*, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Pillet, G. (1993), *Economia Ecológica*, Instituto Piaget, Lisboa.

PROCONVE (2007), *Programa de Controle da Poluição do ar por Veículos Automotores*, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasil.

http://www.embrapa.br/kwstorage/keyword.2007-06-05.5384072156/keyword_context_view, 28-12-2007.

Quintela, C. (1997), *Economia do Ambiente – Principais Conceitos Teóricos*, Universidade Técnica de Lisboa – Departamento de Economia Agrária e Sociologia Rural, Lisboa.

Ryan, L., Convery, F., Ferreira, S., (2005), “Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy”, *Energy Policy*, pp. 1-11.

Senado Federal (1931a) *Decreto n° 19717*, de 20 de Fev., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=35973>, 20-02-2008.

Senado Federal (1931b), *Decreto n° 20356*, de 1 de Set., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=87745>, 20-05-2008.

Senado Federal (1931c), *Decreto n° 20761*, de 7 de Dez., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=36146>, 20-05-2008.

Senado Federal (1933), *Decreto n° 22789*, de 1 de Jun., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=30061>, 16-02-2008.

Senado Federal (1975a), *Decreto n° 75966*, de 11 de Jul., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=205229>, 15-02-2008.

Senado Federal (1975b), *Decreto n° 76593*, de 14 de Nov., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>, 13-02-2008.

Senado Federal (1979), *Decreto n° 83700*, de 05 de Jul., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=212185>, 15-02-2008.

Senado Federal (1990), *Decreto n° 99240*, de 7 de Mai., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=133932>, 02-05-2008.

Senado Federal (2001), *Lei n° 10336*, de 19 de Dez., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=234096>, 25-03-2008.

Senado Federal (2002), *Lei n° 10453*, de 13 de Mai., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=234694>, 25-03-2008.

Senado Federal (2003), *Medida Provisória n° 135*, de 30 de Out., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=237706>, 25-03-2008.

Senado Federal (2004), *Decreto n° 5060*, de 30 de Abr., Senado Federal, Brasil.

<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=238615>, 23-02-2008.

Simmons, I. (1997), *Humanidade e Meio Ambiente – Uma ecologia cultural*, Addison Wesley, Estados Unidos da América.

Tietenberg, T. (2003), *Environmental and Natural Resource Economics*, 6. Ed., Addison Wesley, USA.

Turner, R., Pearce, D., Bateman, I. (1994), *Environmental Economics: an elementary introduction*, Pearson Education, London.

UNICA (2007), *Estatísticas da produção do sector sucroalcooleiro*, União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, Brasil.
<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=referencia&SubSecao=publicacoes>, 29-12-2007.

USDA (2008), *Sugar and Sweet data tables*, United States Department of Agriculture, USA.
<http://www.ers.usda.gov/Briefing/Sugar/Data.htm>, 10-04-2008.

USEPA (2004), *Unit conversions, emissions factors and other reference data*, United States Environmental Protection Agency, USA.
<http://www.epa.gov/appdstar/pdf/brochure.pdf>, 10-05-2008.

Vianna, F. (2006), *Análise de Ecoeficiência: avaliação do desempenho económico-ambiental do biodiesel e petrodiesel*, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Walter, A. (2001), “Biomass energy in Brazil: past activities and perspectives”, *Refocus*, 2 (1), pp. 26-29.

Wheals, A., Basso, L., Alves, D., Amorim, H. (1999), “Fuel ethanol after 25 years”, *Trends in Biotechnology*, 17 (12), pp. 482-487.

APÊNDICES

Quadro nº 1A – Evolução da Produção, Importação e Exportação de petróleo no Brasil de 1970 a 2006⁶³.

	Petróleo (mil m ³)					
	PRODUÇÃO	%	IMPORTAÇÃO	%	EXPORTAÇÃO	SALDO
1970	9.534	31,4%	20.848	68,6%	76	-20.772
1971	9.896	29,4%	23.732	70,6%	890	-22.842
1972	9.712	24,4%	30.032	75,6%	1.228	-28.804
1973	9.876	19,5%	40.890	80,5%	998	-39.892
1974	10.295	20,4%	40.261	79,6%	774	-39.487
1975	9.959	19,3%	41.683	80,7%	1.257	-40.426
1976	9.702	16,9%	47.828	83,1%	3.336	- 44.492
1977	9.331	16,5%	47.330	83,5%	1.573	- 45.757
1978	9.305	15,1%	52.275	84,9%	281	- 51.994
1979	9.607	14,2%	58.197	85,8%	-	- 58.197
1980	10.562	17,3%	50.564	82,7%	70	- 50.494
1981	12.384	20,2%	49.026	79,8%	856	- 48.170
1982	15.080	24,6%	46.291	75,4%	1.281	- 45.010
1983	19.141	31,1%	42.321	68,9%	59	- 42.262
1984	26.839	41,5%	37.791	58,5%	-	- 37.791
1985	31.710	50,1%	31.629	49,9%	-	- 31.629
1986	33.200	48,8%	34.872	51,2%	-	- 34.872
1987	32.829	47,8%	35.882	52,2%	-	- 35.882
1988	32.237	46,4%	37.165	53,6%	216	- 36.949
1989	34.543	50,2%	34.336	49,8%	-	- 34.336
1990	36.590	52,5%	33.121	47,5%	-	- 33.121
1991	36.145	54,2%	30.510	45,8%	-	- 30.510
1992	36.538	54,3%	30.748	45,7%	-	- 30.748
1993	37.329	55,9%	29.487	44,1%	-	- 29.487
1994	38.766	54,7%	32.061	45,3%	-	- 32.061
1995	40.216	57,9%	29.209	42,1%	780	- 28.429
1996	45.603	57,9%	33.095	42,1%	120	- 32.975
1997	48.832	59,4%	33.341	40,6%	148	- 33.193
1998	56.587	63,9%	31.933	36,1%	-	- 31.933
1999	63.921	70,1%	27.289	29,9%	34	- 27.255
2000	71.844	75,7%	23.109	24,3%	1.084	- 22.025
2001	75.014	75,6%	24.243	24,4%	6.428	- 17.815
2002	84.434	79,2%	22.163	20,8%	13.635	- 8.528
2003	87.024	81,4%	19.885	18,6%	14.030	- 5.855
2004	86.211	76,7%	26.162	23,3%	13.395	- 12.767
2005	94.997	82,7%	19.916	17,3%	15.930	- 3.986
2006	100.241	83,8%	19.421	16,2%	21.357	1.936

⁶³ Elaborado a partir de dados do Ministério das Minas e Energia (2007).

Quadro nº 2A - Valor Gerado pela Co-Geração de Energia Eléctrica

	Preço Energia Eléctrica R\$/Mwh	Produção de Bagaço (ton)	Potencial Eléctrico MW/h	Valor Total por Hora (R\$/Mwh)	Valor Energia Eléctrica Total (a)	Transformação (ton)	Potencial Transformação (MW/h)	Valor Total por Hora (R\$/MWh)	Valor Energia Eléctrica Transformação (b)	Valor Energia Eléctrica Sector do Etanol (a-b)
1975	0,0000000001	18.051	1.289	0,0000001	0,00	578	41	0,000000003	0,0000	0,0005
1976	0,0000000001	20.553	1.468	0,0000001	0,00	544	39	0,000000003	0,0000	0,0007
1977	0,0000000001	26.850	1.918	0,0000002	0,00	789	56	0,000000007	0,0000	0,0013
1978	0,0000000002	27.912	1.994	0,0000003	0,00	875	63	0,000000001	0,0001	0,0018
1979	0,0000000002	30.452	2.175	0,0000005	0,00	1.028	73	0,000000002	0,0001	0,003
1980	0,0000000005	32.978	2.356	0,0000001	0,01	979	70	0,000000003	0,000	0,006
1981	0,0000000001	35.637	2.546	0,0000003	0	1.122	80	0,00000010	0,001	0,02
1982	0,0000000002	40.426	2.888	0,000001	0	1.332	95	0,00000021	0,001	0,03
1983	0,0000000005	48.887	3.492	0,000002	0	1.809	129	0,00000006	0,00	0,09
1984	0,0000000016	52.113	3.722	0,000006	0	1.644	117	0,00000018	0,01	0,31
1985	0,000000005	56.867	4.062	0,000022	1	1.790	128	0,00000068	0,04	1,2
1986	0,000000012	52.685	3.763	0,000046	3	1.721	123	0,000015	0	2,5
1987	0,000000046	62.653	4.475	0,0021	12	1.963	140	0,000065	0	11
1988	0,00000035	57.337	4.096	0,01	80	1.938	138	0,00049	3	78
1989	0,000034	55.330	3.952	0,13	746	1.856	133	0,0045	25	721
1990	0,001	54.776	3.913	4	23.438	1.854	132	0,143	793	22.645
1991	0,005	58.801	4.200	21	119.023	1.995	143	0,73	4.038	114.984
1992	0,064	62.002	4.429	284	1.577.182	1.975	141	9	50.239	1.526.942
1993	1,36	60.564	4.326	5.881	32.713.633	1.929	138	187	1.041.949	31.671.684
1994	30,52	70.543	5.039	153.797	855.574.348	2.214	158	4.827	26.852.297	828.722.051
1995	43,59	69.847	4.989	217.474	1.209.805.768	2.463	176	7.669	42.661.125	1.167.144.643
1996	50,45	73.632	5.259	265.338	1.476.076.248	3.438	246	12.389	68.920.444	1.407.155.804
1997	54,61	82.039	5.860	320.011	1.780.219.520	3.714	265	14.487	80.592.588	1.699.626.932
1998	56,54	82.183	5.870	331.902	1.846.370.357	3.810	272	15.387	85.597.643	1.760.772.715
1999	63,11	82.487	5.892	371.840	2.068.543.762	4.102	293	18.491	102.866.712	1.965.677.050
2000	71,03	66.309	4.736	336.423	1.871.523.640	3.454	247	17.524	97.486.656	1.774.036.985
2001	82,18	78.040	5.574	458.095	2.548.381.372	4.406	315	25.863	143.877.093	2.404.504.280
2002	95,77	87.233	6.231	596.736	3.319.642.531	5.052	361	34.559	192.253.322	3.127.389.209
2003	111,86	97.321	6.952	777.595	4.325.759.817	6.440	460	51.456	286.247.503	4.039.512.314
2004	137,11	101.795	7.271	996.934	5.545.943.206	6.604	472	64.674	359.781.617	5.186.161.589
2005	184,97	106.470	7.605	1.406.695	7.825.444.199	7.176	513	94.810	527.429.906	7.298.014.293
2006	207,68	121.150	8.654	1.797.173	9.997.676.135	7.483	535	111.007	617.534.374	9.380.141.761
Total		1.973.923	140.994	8.036.203	44.705.395.020	88.077	6.291	473.341	2.633.198.327	42.072.196.693

Quadro nº 3A - Utilização de Água no Processo Industrial				
Período	Cana-de-açúcar	Água (m ³)		
	Toneladas	Mínima	Máxima	Média
1975	68.322.619	47.825.833	1.366.452.380	341.613.095
1976	87.826.664	61.478.665	1.756.533.280	439.133.320
1977	104.633.795	73.243.657	2.092.675.900	523.168.975
1978	107.626.377	75.338.464	2.152.527.540	538.131.885
1979	112.648.423	78.853.896	2.252.968.460	563.242.115
1980	123.006.681	86.104.677	2.460.133.620	615.033.405
1981	132.886.342	93.020.439	2.657.726.840	664.431.710
1982	166.178.592	116.325.014	3.323.571.840	830.892.960
1983	196.742.941	137.720.059	3.934.858.820	983.714.705
1984	201.218.937	140.853.256	4.024.378.740	1.006.094.685
1985	223.635.879	156.545.115	4.472.717.580	1.118.179.395
1986	225.539.928	157.877.950	4.510.798.560	1.127.699.640
1987	222.434.653	155.704.257	4.448.693.060	1.112.173.265
1988	220.104.380	154.073.066	4.402.087.600	1.100.521.900
1989	222.902.343	156.031.640	4.458.046.860	1.114.511.715
1990	222.429.160	155.700.412	4.448.583.200	1.112.145.800
1991	229.222.243	160.455.570	4.584.444.860	1.146.111.215
1992	223.382.793	156.367.955	4.467.655.860	1.116.913.965
1993	218.336.005	152.835.204	4.366.720.100	1.091.680.025
1994	240.712.907	168.499.035	4.814.258.140	1.203.564.535
1995	251.827.212	176.279.048	5.036.544.240	1.259.136.060
1996	287.809.852	201.466.896	5.756.197.040	1.439.049.260
1997	303.057.415	212.140.191	6.061.148.300	1.515.287.075
1998	314.922.522	220.445.765	6.298.450.440	1.574.612.610
1999	306.965.623	214.875.936	6.139.312.460	1.534.828.115
2000	257.622.017	180.335.412	5.152.440.340	1.288.110.085
2001	293.050.543	205.135.380	5.861.010.860	1.465.252.715
2002	320.650.076	224.455.053	6.413.001.520	1.603.250.380
2003	359.315.559	251.520.891	7.186.311.180	1.796.577.795
2004	386.119.910	270.283.937	7.722.398.200	1.930.599.550
2005	386.584.387	270.609.071	7.731.687.740	1.932.921.935
2006	426.002.444	298.201.711	8.520.048.880	2.130.012.220
Total	7.443.719.222	5.210.603.455	148.874.384.440	37.218.596.110

Quadro nº 4A - Número estimado de empregos criados pelo sector						
	Cana-de-açúcar (ton)	Directos			Indirectos	Directos e Indirectos
		Total	Produção	Processo		
1975	68.322.619	150.310	109.316	40.994	45.093	195.403
1976	87.826.664	193.219	140.523	52.696	57.966	251.184
1977	104.633.795	230.194	167.414	62.780	69.058	299.253
1978	107.626.377	236.778	172.202	64.576	71.033	307.811
1979	112.648.423	247.827	180.237	67.589	74.348	322.174
1980	123.006.681	270.615	196.811	73.804	81.184	351.799
1981	132.886.342	292.350	212.618	79.732	87.705	380.055
1982	166.178.592	365.593	265.886	99.707	109.678	475.271
1983	196.742.941	432.834	314.789	118.046	129.850	562.685
1984	201.218.937	442.682	321.950	120.731	132.804	575.486
1985	223.635.879	491.999	357.817	134.182	147.600	639.599
1986	225.539.928	496.188	360.864	135.324	148.856	645.044
1987	222.434.653	489.356	355.895	133.461	146.807	636.163
1988	220.104.380	484.230	352.167	132.063	145.269	629.499
1989	222.902.343	490.385	356.644	133.741	147.116	637.501
1990	222.429.160	489.344	355.887	133.457	146.803	636.147
1991	229.222.243	504.289	366.756	137.533	151.287	655.576
1992	223.382.793	491.442	357.412	134.030	147.433	638.875
1993	218.336.005	480.339	349.338	131.002	144.102	624.441
1994	240.712.907	529.568	385.141	144.428	158.871	688.439
1995	251.827.212	554.020	402.924	151.096	166.206	720.226
1996	287.809.852	633.182	460.496	172.686	189.955	823.136
1997	303.057.415	666.726	484.892	181.834	200.018	866.744
1998	314.922.522	692.830	503.876	188.954	207.849	900.678
1999	306.965.623	675.324	491.145	184.179	202.597	877.922
2000	257.622.017	566.768	412.195	154.573	170.031	736.799
2001	293.050.543	644.711	468.881	175.830	193.413	838.125
2002	320.650.076	705.430	513.040	192.390	211.629	917.059
2003	359.315.559	790.494	574.905	215.589	237.148	1.027.642
2004	386.119.910	849.464	617.792	231.672	254.839	1.104.303
2005	386.584.387	850.486	618.535	231.951	255.146	1.105.631
2006	426.002.444	937.205	681.604	255.601	281.162	1.218.367

Quadro nº 5A - Estimação das Emissões dos Automóveis a Bioetanol para o CO e o HC (1).

	Consumo	Consumo	Carros	Carros	Consumo	Consumo	CO	CO	CO	CO	CO	CO	CO	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	
Unidade	mil m3	0,7 etanol	Unidade	acumulada	mil m3/unid	mil m3/unid	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	Net	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	(g/km)	(Kg/m3)	Total (ton)	Net	
Modelo	Etanol	Gas C	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Gas C	Gas C	Eta x Gas	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Gas C	Gas C	Gas C	Eta x Gas
1979	16	11	2271	2.271	0,0070	0,0049	18	144	2.304	54	432	4.838	2534	1,6	12,8	205	4,7	37,6	421	216	
1980	429	300	226352	228.509	0,0019	0,0013	18	144	61.776	33	264	79.756	17980	1,6	12,8	5.491	3	24	7.246	1755	
1981	1.392	974	128679	345.763	0,0040	0,0028	18	144	200.445	33	264	258.205	57760	1,6	12,8	17.817	3	24	23.464	5646	
1982	1.674	1.172	211761	540.236	0,0031	0,0022	18	144	240.796	33	264	309.725	68929	1,6	12,8	21.404	3	24	28.150	6746	
1983	2.950	2.065	538401	1.051.625	0,0028	0,0020	18	144	423.982	33	264	544.710	120728	1,6	12,8	37.687	3	24	49.513	11826	
1984	4.575	3.203	503565	1.502.609	0,0030	0,0021	16,9	135,2	643.196	28	224	800.430	157234	1,6	12,8	58.372	2,4	19,2	71.511	13139	
1985	6.088	4.262	578177	2.005.655	0,0030	0,0021	16,9	135,2	843.975	28	224	1.030.088	186114	1,6	12,8	77.529	2,4	19,2	91.026	13498	
1986	8.397	5.878	61929	1.967.302	0,0043	0,0030	16	128	1.155.352	22	176	1.401.102	245750	1,6	12,8	106.421	2	16	123.880	17459	
1987	8.919	6.243	387176	2.256.112	0,0040	0,0028	16	128	1.204.001	22	176	1.410.722	206722	1,6	12,8	112.463	2	16	125.187	12725	
1988	9.760	6.832	49201	2.192.508	0,0045	0,0031	13,3	106,4	1.298.213	18,5	148	1.515.539	217326	1,7	13,6	122.099	1,7	13,6	134.549	12450	
1989	11.068	7.748	345598	2.428.480	0,0046	0,0032	12,8	102,4	1.406.471	15,2	121,6	1.586.598	180127	1,6	12,8	137.322	1,6	12,8	143.057	5735	
1990	10.212	7.148	70250	2.377.306	0,0043	0,0030	10,8	86,4	1.264.965	13,3	106,4	1.418.136	153171	1,3	10,4	124.220	1,4	11,2	128.231	4011	
1991	10.251	7.176	129139	2.387.580	0,0043	0,0030	8,4	67,2	1.213.596	11,5	92	1.352.318	138723	1,1	8,8	120.537	1,3	10,4	123.120	2583	
1992	9.387	6.571	164840	2.433.041	0,0039	0,0027	3,6	28,8	1.028.112	6,2	49,6	1.145.085	116972	0,6	4,8	103.511	0,6	4,8	104.430	919	
1993	9.675	6.773	227289	2.538.678	0,0038	0,0027	4,2	33,6	964.000	6,3	50,4	1.069.504	105504	0,7	5,6	99.186	0,6	4,8	97.718	-1468	
1994	9.760	6.832	119203	2.530.947	0,0039	0,0027	4,6	36,8	909.260	6	48	1.002.839	93579	0,7	5,6	94.686	0,6	4,8	91.829	-2857	
1995	9.946	6.962	32808	2.437.208	0,0041	0,0029	4,6	36,8	878.321	4,7	37,6	963.639	85318	0,7	5,6	92.083	0,6	4,8	88.452	-3631	
1996	9.785	6.850	6333	2.321.680	0,0042	0,0030	3,9	31,2	815.937	3,8	30,4	891.145	75208	0,6	4,8	86.031	0,4	3,2	81.911	-4121	
1997	8.305	5.814	924	2.206.520	0,0038	0,0026	0,9	7,2	646.499	1,2	9,6	702.384	55885	0,3	2,4	68.619	0,2	1,6	64.667	-3951	
1998	7.717	5.402	981	2.097.175	0,0037	0,0026	0,7	5,6	551.709	0,8	6,4	595.316	43607	0,2	1,6	59.055	0,1	0,8	54.927	-4128	
1999	7.051	4.936	9851	2.002.168	0,0035	0,0025	0,6	4,8	451.273	0,7	5,6	482.426	31153	0,2	1,6	48.883	0,1	0,8	44.647	-4236	
2000	5.443	3.810	9610	1.911.669	0,0028	0,0020	0,63	5,04	302.848	0,73	5,84	319.531	16683	0,18	1,44	33.344	0,13	1,04	29.704	-3640	
2001	4.257	2.980	14979	1.831.065	0,0023	0,0016	0,66	5,28	200.514	0,48	3,84	208.197	7684	0,15	1,2	22.528	0,11	0,88	19.482	-3046	
2002	4.609	3.226	47366	1.786.878	0,0026	0,0018	0,74	5,92	173.469	0,43	3,44	175.758	2290	0,16	1,28	20.100	0,11	0,88	16.648	-3453	
2003	3.762	2.633	33034	1.730.568	0,0022	0,0015	0,77	6,16	108.026	0,4	3,2	105.738	-2288	0,16	1,28	13.065	0,11	0,88	10.209	-2856	
2004	4.835	3.385	49801	1.693.840	0,0029	0,0020	0,82	6,56	103.106	0,35	2,8	97.433	-5673	0,17	1,36	13.116	0,11	0,88	9.705	-3411	
2005	5.656	3.959	30904	1.640.052	0,0034	0,0024	0,82	6,56	89.028	0,34	2,72	81.158	-7870	0,17	1,36	11.978	0,1	0,8	8.371	-3607	
2006	7.095	4.966	1650	1.559.700	0,0045	0,0032	0,67	5,36	87.385	0,33	2,64	79.167	-8217	0,12	0,96	12.185	0,08	0,64	8.303	-3881	
Total	183.014	128.110							17.268.558			19.631.488	2.362.931			1.719.937			1.780.359	60.422	

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção. Gas C: 78% gasolina + 22% etanol.

(2) Os valores considerados pelo PROCONVE são para veículos movidos a etanol de uma forma geral, por isso não é aplicável a distinção entre etanol e bioetanol.

Quadro nº 6A - Estimação das Emissões dos Automóveis a Bioetanol para o NOx e CHO ⁽¹⁾.																				
	Consumo	Consumo	Carros	Carros	Consumo	Consumo	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	CHO	CHO	CHO	CHO	CHO	CHO	CHO
Unidade	mil m3	0,7 etanol	unidade	acumulada	mil m3/unid	mil m3/unid	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	Net	(g/km)	(kg/m3)	Total (ton)	(g/km)	(Kg/m3)	Total (ton)	Net
Modelo	Etanol	Gas C	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Gas C	Gas C	Eta x Gas	Etanol	Etanol	Etanol	Gas C	Gas C	Gas C	Eta x Gas
1979	16	11,2	2271	2.271	0,0070	0,0049	1	8	128	1,2	9,6	108	- 20	0,16	1,28	20	0,05	0,4	4	- 16
1980	429	300,3	226352	228.509	0,0019	0,0013	1	8	3.432	1,4	11,2	3.359	- 73	0,16	1,28	549	0,05	0,4	120	- 429
1981	1392	974,4	128679	345.763	0,0040	0,0028	1	8	11.136	1,4	11,2	10.904	- 232	0,16	1,28	1.782	0,05	0,4	390	- 1.392
1982	1674	1171,8	211761	540.236	0,0031	0,0022	1	8	13.378	1,4	11,2	13.103	-274	0,16	1,28	2.140	0,05	0,4	468	- 1.672
1983	2950	2065	538401	1.051.625	0,0028	0,0020	1	8	23.555	1,4	11,2	23.078	- 477	0,16	1,28	3.769	0,05	0,4	824	- 2.944
1984	4575	3202,5	503565	1.502.609	0,0030	0,0021	1,2	9,6	38.936	1,6	12,8	37.464	- 1.471	0,18	1,44	6.083	0,05	0,4	1.277	- 4.806
1985	6088	4261,6	578177	2.005.655	0,0030	0,0021	1,2	9,6	53.587	1,6	12,8	51.073	- 2.514	0,18	1,44	8.266	0,05	0,4	1.696	- 6.570
1986	8397	5877,9	61929	1.967.302	0,0043	0,0030	1,8	14,4	75.051	1,9	15,2	70.708	- 4.343	0,11	0,88	11.221	0,04	0,32	2.313	- 8.908
1987	8919	6243,3	387176	2.256.112	0,0040	0,0028	1,8	14,4	87.572	1,9	15,2	78.013	- 9.559	0,11	0,88	11.141	0,04	0,32	2.361	- 8.779
1988	9760	6832	49201	2.192.508	0,0045	0,0031	1,4	11,2	95.340	1,8	14,4	84.901	-10.439	0,11	0,88	11.988	0,04	0,32	2.549	- 9.438
1989	11068	7747,6	345598	2.428.480	0,0046	0,0032	1,1	8,8	105.488	1,6	12,8	95.648	- 9.840	0,11	0,88	12.881	0,04	0,32	2.798	- 10.084
1990	10212	7148,4	70250	2.377.306	0,0043	0,0030	1,2	9,6	96.027	1,4	11,2	86.772	- 9.255	0,11	0,88	11.608	0,04	0,32	2.532	- 9.076
1991	10251	7175,7	129139	2.387.580	0,0043	0,0030	1	8	93.979	1,3	10,4	84.906	- 9.074	0,11	0,88	11.279	0,04	0,32	2.480	- 8.799
1992	9387	6570,9	164840	2.433.041	0,0039	0,0027	0,5	4	81.012	0,6	4,8	72.987	- 8.025	0,035	0,28	9.562	0,013	0,104	2.111	- 7.451
1993	9675	6772,5	227289	2.538.678	0,0038	0,0027	0,6	4,8	78.146	0,8	6,4	70.491	- 7.655	0,04	0,32	8.972	0,022	0,176	2.028	- 6.943
1994	9760	6832	119203	2.530.947	0,0039	0,0027	0,7	5,6	75.331	0,7	5,6	67.383	- 7.948	0,042	0,336	8.459	0,036	0,288	1.974	- 6.485
1995	9946	6962,2	32808	2.437.208	0,0041	0,0029	0,7	5,6	73.648	0,6	4,8	65.580	- 8.067	0,042	0,336	8.170	0,025	0,2	1.922	- 6.248
1996	9785	6849,5	6333	2.321.680	0,0042	0,0030	0,7	5,6	69.127	0,5	4	61.401	- 7.726	0,04	0,32	7.590	0,019	0,152	1.795	- 5.795
1997	8305	5813,5	924	2.206.520	0,0038	0,0026	0,3	2,4	55.409	0,3	2,4	49.119	-6.291	0,012	0,096	6.014	0,007	0,056	1.431	- 4.583
1998	7717	5401,9	981	2.097.175	0,0037	0,0026	0,2	1,6	47.985	0,2	1,6	42.431	- 5.555	0,014	0,112	5.132	0,004	0,032	1.230	- 3.901
1999	7051	4935,7	9851	2.002.168	0,0035	0,0025	0,2	1,6	40.055	0,2	1,6	35.294	-4.761	0,013	0,104	4.199	0,004	0,032	1.017	- 3.182
2000	5443	3810,1	9610	1.911.669	0,0028	0,0020	0,21	1,68	27.639	0,21	1,68	24.239	- 3.400	0,014	0,112	2.819	0,004	0,032	693	- 2.127
2001	4257	2979,9	14979	1.831.065	0,0023	0,0016	0,08	0,64	18.888	0,14	1,12	16.491	- 2.397	0,017	0,136	1.868	0,004	0,032	467	- 1.401
2002	4609	3226,3	47366	1.786.878	0,0026	0,0018	0,08	0,64	17.057	0,12	0,96	14.813	- 2.244	0,017	0,136	1.623	0,004	0,032	416	- 1.207
2003	3762,1	2633,47	33034	1.730.568	0,0022	0,0015	0,09	0,72	11.256	0,12	0,96	9.706	- 1.551	0,019	0,152	1.015	0,004	0,032	270	- 746
2004	4835	3384,5	49801	1.693.840	0,0029	0,0020	0,08	0,64	11.319	0,09	0,72	9.702	- 1.617	0,016	0,128	971	0,004	0,032	270	- 701
2005	5656,301	3959,4107	30904	1.640.052	0,0034	0,0024	0,08	0,64	10.281	0,09	0,72	8.789	- 1.492	0,016	0,128	851	0,004	0,032	248	- 603
2006	7094,646	4966,2522	1650	1.559.700	0,0045	0,0032	0,05	0,4	10.252	0,08	0,64	8.829	- 1.423	0,014	0,112	870	0,002	0,016	257	- 612
Total									1.325.013			1.197.292	- 127.721			160.841			35.943	- 124.898

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção. Gas C: 78% gasolina + 22% etanol.

Quadro nº 7A - Área colhida e taxas de crescimento das principais culturas agrícolas no Brasil.

Período	Área Colhida (hectares)										Taxa de crescimento da área colhida (%)									
	arroz	café	cana-de-açúcar	feijão	mandioca	milho	soja	trigo	outras	Brasil	arroz	café	cana-de-açúcar	feijão	mandioca	milho	soja	trigo	outras	Brasil
1975	5306270	2276921	1969227	4145916	2041416	10854687	5824492	2931508	5933616	41284053	13,75	5,66	-4,25	-3,33	1,75	1,71	13,24	18,63	0,02	4,81
1976	6656480	1121015	2093483	4059176	2093638	11117570	6417000	3539891	5498082	42596335	25,45	-50,77	6,31	-2,09	2,56	2,42	10,17	20,75	-7,34	3,18
1977	5992090	1941473	2270036	4551032	2175525	11797411	7070263	3153333	6131956	45083119	-9,98	73,19	8,43	12,12	3,91	6,12	10,18	-10,92	11,53	5,84
1978	5623515	2183673	2391455	4617259	2148707	11124827	7782187	2811189	6083534	44766346	-6,15	12,48	5,35	1,46	-1,23	-5,70	10,07	-10,85	-0,79	-0,70
1979	5452086	2406239	2536976	4212424	2111052	17378885	8256096	3830544	5863764	52048066	-3,05	10,19	6,09	-8,77	-1,75	56,22	6,09	36,26	-3,61	16,27
1980	6243138	2433604	2607628	4643409	2015857	11451297	8774023	3122107	6056144	47347207	14,51	1,14	2,78	10,23	-4,51	-34,11	6,27	-18,49	3,28	-9,03
1981	6101772	2617836	2825879	5026925	2067253	11520336	8501169	1920142	5815110	46396422	-2,26	7,57	8,37	8,26	2,55	0,60	-3,11	-38,50	-3,98	-2,01
1982	6024657	1895486	3084297	5926143	2122029	12619531	8203277	2827929	5997688	48701037	-1,26	-27,59	9,14	17,89	2,65	9,54	-3,50	47,28	3,14	4,97
1983	5108250	2346007	3478785	4064028	2061203	10705979	8137112	1879078	5345696	43126138	-15,21	23,77	12,79	-31,42	-2,87	-15,16	-0,81	-33,55	-10,87	-11,45
1984	5351473	2505435	3655810	5320150	1815501	12018446	9421202	1741673	5454941	47284631	4,76	6,80	5,09	30,91	-11,92	12,26	15,78	-7,31	2,04	9,64
1985	4754692	2533762	3912042	5315890	1868080	11798349	10153405	2675725	6049492	49061437	-11,15	1,13	7,01	-0,08	2,90	-1,83	7,77	53,63	10,90	3,76
1986	5584979	2591461	3951842	5477688	2051539	12465836	9181587	3864255	5671201	50840388	17,46	2,28	1,02	3,04	9,82	5,66	-9,57	44,42	-6,25	3,63
1987	5979792	2875641	4314146	5201791	1936028	13503431	9134291	3455897	4641545	51042562	7,07	10,97	9,17	-5,04	-5,63	8,32	-0,52	-10,57	-18,16	0,40
1988	5959100	2975245	4117375	5781248	1752026	13169003	10519972	3467556	5219473	52960998	-0,35	3,46	-4,56	11,14	-9,50	-2,48	15,17	0,34	12,45	3,76
1989	5250149	3026535	4075839	5181016	1880858	12931784	12211208	3281416	4817882	52656687	-11,90	1,72	-1,01	-10,38	7,35	-1,80	16,08	-5,37	-7,69	-0,57
1990	3946691	2908961	4272602	4680094	1937567	11394307	11487303	2680989	4713603	48022117	-24,83	-3,88	4,83	-9,67	3,02	-11,89	-5,93	-18,30	-2,16	-8,80
1991	4121597	2763439	4210954	5433642	1944895	13063701	9616648	2049461	4744945	47949282	4,43	-5,00	-1,44	16,10	0,38	14,65	-16,28	-23,56	0,66	-0,15
1992	4687022	2500324	4202604	5148698	1826262	13363609	9441391	1955621	4949928	48075459	13,72	-9,52	-0,20	-5,24	-6,10	2,30	-1,82	-4,58	4,32	0,26
1993	4411315	2259332	3863702	3884341	1811830	11869663	10635330	1482231	3944937	44162681	-5,88	-9,64	-8,06	-24,56	-0,79	-11,18	12,65	-24,21	-20,30	-8,14
1994	4414803	2097650	4345260	5471322	1850932	13748813	11525410	1348853	4103112	48906155	0,08	-7,16	12,46	40,86	2,16	15,83	8,37	-9,00	4,01	10,74
1995	4373538	1869984	4559062	5006403	1946163	13946320	11675005	994734	4077003	48448212	-0,93	-10,85	4,92	-8,50	5,15	1,44	1,30	-26,25	-0,64	-0,94
1996	3255477	1920253	4750296	4300513	1508918	11975811	10299470	1796005	3662332	43469075	-25,56	2,69	4,19	-14,10	-22,47	-14,13	-11,78	80,55	-10,17	-10,28
1997	3058127	1988186	4814084	4401770	1551971	12562130	11486478	1521545	3669398	45053689	-6,06	3,54	1,34	2,35	2,85	4,90	11,52	-15,28	0,19	3,65
1998	3062195	2070409	4985819	3313621	1578879	10585498	13303656	1408852	3917409	44226338	0,13	4,14	3,57	-24,72	1,73	-15,73	15,82	-7,41	6,76	-1,84
1999	3813266	2222925	4898844	4154194	1571167	11611483	13061410	1249764	3727369	46310422	24,53	7,37	-1,74	25,37	-0,49	9,69	-1,82	-11,29	-4,85	4,71
2000	3664804	2267968	4804511	4332545	1708875	11890376	13656771	1138687	3668752	47133289	-3,89	2,03	-1,93	4,29	8,76	2,40	4,56	-8,89	-1,57	1,78
2001	3142826	2336031	4957897	3450347	1667453	12335175	13985099	1728492	3651531	47254851	-14,24	3,00	3,19	-20,36	-2,42	3,74	2,40	51,80	-0,47	0,26
2002	3142051	2370891	5100405	4140528	1678029	11760965	16359441	2104902	3505630	50162842	-0,02	1,49	2,87	20,00	0,63	-4,66	16,98	21,78	-4,00	6,15
2003	3180859	2395501	5371020	4090568	1633568	12965678	18524769	2560231	3514378	54236572	1,24	1,04	5,31	-1,21	-2,65	10,24	13,24	21,63	0,25	8,12
2004	3733148	2368040	5631741	3978660	1754875	12410677	21538990	2807224	4036446	58259801	17,36	-1,15	4,85	-2,74	7,43	-4,28	16,27	9,65	14,86	7,42
2005	3915855	2325920	5805518	3748656	1901535	11549425	22948874	2360696	4181527	58738006	4,89	-1,78	3,09	-5,78	8,36	-6,94	6,55	-15,91	3,59	0,82
2006	2970918	2312154	6144286	4034383	1896509	12613094	22047349	1560175	3835052	57413920	-24,13	-0,59	5,84	7,62	-0,26	9,21	-3,93	-33,91	-8,29	-2,25
Total	5,17%	4,03%	10,70%	7,03%	3,30%	21,97%	38,40%	2,72%	6,68%	100%	-0,66	1,32	3,69	1,56	0,02	1,55	9,07	3,00	-0,98	1,32

ANEXOS

Quadro nº 8A - Factores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos ⁽¹⁾

Ano/Modelo	Combustível	CO	HC	NOx	CHO	Emissão Evaporativa de Combustível
		(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/teste)
PRÉ - 80	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05	ND
80 - 83	Gasolina C	33	3	1,4	0,05	ND
	Álcool	18	1,6	1	0,16	ND
84 - 85	Gasolina C	28	2,4	1,6	0,05	23
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10
86 - 87	Gasolina C	22	2	1,9	0,04	23
	Álcool	16	1,6	1,8	0,11	10
88	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10
89	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (00%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-08%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (00%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
92	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
95	Gasolina C	4,7 (-83%)	0,6 (-75%)	0,6 (-62%)	0,025 (-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-89%)
98	Gasolina C	0,8 (-97%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,7 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,014 (-92%)	1,3 (-87%)
99	Gasolina C	0,7 (-98%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,6 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,013 (-93%)	1,6 (-84%)
00	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
01	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)
02	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-95%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	ND
03	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	0,09 (-93%)	0,019 (-89%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	ND
	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	nd
04	Gasolina C	0,35 (-99%)	0,11 (-95%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,69 (-97%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,39 (-99%)	0,08 (-97%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,46 (-97%)	0,14 (-91%)	0,14 (-91%)	0,014 (-92%)	ND
05	Gasolina C	0,34 (-99%)	0,10 (-96%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,90 (-96%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,11 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,39 (-98%)	0,14 (-91%)	0,10 (-92%)	0,014 (-92%)	ND
06	Gasolina C	0,33 (-99%)	0,08 (-96%)	0,08 (-95%)	0,002 (-96%)	0,46 (-98%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,12 (-93%)	0,05 (-96%)	0,014 (-92%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,10 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	0,62 (-97%)
	Flex-Álcool	0,47 (-98%)	0,11 (-95%)	0,07 (-96%)	0,014 (-92%)	1,27 (-87%)

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção. ND: não disponível. (%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da actuação do PROCONVE. Gasolina C: 78% gasolina + 22% álcool.

Fonte: PROCONVE (2007)

Quadro nº 9A - Eliminação da Queimada da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo - Lei 11.241.

Período		Área mecanizável	% eliminação da queimada
1º ano	2002	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5º ano	2006	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10º ano	2011	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15º ano	2016	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20º ano	2021	100% da área cortada	100% da queima eliminada
		Área não mecanizável	% eliminação da queimada
10º ano	2011	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15º ano	2016	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20º ano	2021	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25º ano	2026	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30º ano	2031	100% da área cortada	100% da queima eliminada

Obs.: 1- áreas mecanizáveis: as plantações em terrenos acima de 150 hectares (cento e cinquenta hectares), com declive igual ou inferior a 12% (doze por cento), em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da actividade de corte de cana;
2 - áreas não mecanizáveis: as plantações em terrenos com declive superior a 12% (doze por cento), em demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da actividade de corte de cana.

Fonte: Governo do Estado de São Paulo (2002).