

JOSE MARIA BELTRAMINO

EVOLUÇÃO E DIFUSÃO TECNOLÓGICA DO ÁLCOOL CARBURANTE NO BRASIL
DE 1975 A 2010.

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito obrigatório para a obtenção do Grau de Bacharelado.

Orientador: Prof.º Dr. Luiz Alberto Esteves

CURITIBA
2013

JOSE MARIA BELTRAMINO

EVOLUÇÃO E DIFUSÃO TECNOLÓGICA DO ÁLCOOL CARBURANTE NO
BRASIL DE 1975 A 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a graduação.

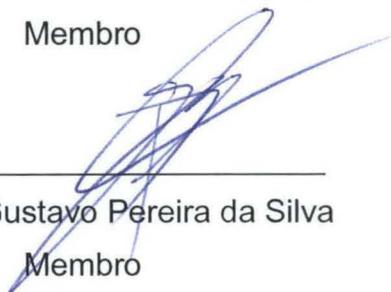
COMISSÃO EXAMINADORA



Professor Luiz Alberto Esteves
Orientador



Professor Armando Vaz Sampaio
Membro



Professor Gustavo Pereira da Silva
Membro

Curitiba, 21 de Março de 2013.

RESUMO

O objetivo desta monografia é definir os principais determinantes da difusão tecnológica e da evolução do mercado de etanol entre 1975 e 2010, verificando através de modelos de difusão da inovação a aderência dos mesmos sob uma perspectiva histórica, considerando aspectos internos e externos. Sob a ótica econométrica, busca-se analisar em relação a demais produtos e tecnologias lançadas o sucesso da difusão da tecnologia do motor com etanol como fonte combustível. Como resultado obtêm-se coeficientes de inovação e de imitação que confirmam a baixa difusão do motor numa análise inicial.

Palavras-chave: Difusão tecnológica. Mercado de etanol. Econométrica.

RESUMEN

El objetivo de esta monografía es definir los principales determinantes de la difusión tecnológica y de la evolución del mercado de alcohol entre 1975 y 2010, verificando a través de modelos de difusión de la innovación la adherencia de los mismos sobre una perspectiva histórica, considerando aspectos internos y externos. Sobre la óptica econométrica, se busca analizar en relación a los demás productos y tecnologías lanzadas el suceso de la difusión de la tecnología del motor con alcohol como fuente combustible. Como resultado obtenemos coeficientes de innovación y de imitación que confirman una baja difusión del motor en un primer análisis.

Palabras clave: Difusión tecnológica. Mercado de alcohol. Econométrica.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CURVA DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA.....	13
GRÁFICO 2 – PROPORÇÃO DE VEÍCULOS PRODUZIDOS MOVIDOS A ETANOL, ENTRE 1979 E 1985.....	25
GRÁFICO 3 – PROPORÇÃO DE VEÍCULOS PRODUZIDOS MOVIDOS A ETANOL, ENTRE 1986 E 1994.....	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – INCENTIVOS FUNAGRI, ENTRE 1976 E 1979..	21
TABELA 2 – INCENTIVOS FUNAGRI, ENTRE 1980 E 1985	23
TABELA 3 – ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO E RENDIMENTO, ENTRE 1980 E 1985	24
TABELA 4 – NÚMERO DE MONTADORAS PRODUTORAS DE CARROS MOVIDOS A ETANOL, DE 1975 A 1986.....	30
TABELA 5 – PRODUÇÃO DE ETANOL, DE 1975 A 1986.....	31
TABELA 6 – PROPORÇÃO DE PRODUÇÃO CARROS MOVIDOS A ETANOL, DE 1975 A 2010	32
TABELA 7 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, MODELO DE BASS CLÁSSICO	35
TABELA 8 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, MODELO DE BASS AUMENTADO	35
TABELA 9 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, COMPARAÇÃO DE MODELOS.....	36
TABELA 10 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, OUTROS PRODUTOS.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 TEORIAS DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO	11
3 EVOLUÇÃO ECONÔMICA DO PRÓ-ÁLCOOL	19
3.1 NASCIMENTO E PERÍODO ENTRE CRISES: 1975-1979	19
3.2 EXPANSÃO E INVESTIMENTO: 1980-1985	22
3.3 DECLÍNIO: 1986-1994	26
3.4 NOVO AUGE: 1995-2010	28
4 ANÁLISE EMPÍRICA	30
4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	30
4.2 MODELO ECONÔMETRICO	32
4.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39
ANEXOS	43

1 INTRODUÇÃO

Após a crise do petróleo de 1973 o Brasil, assim como outros países, buscaram diminuir a dependência de petróleo na sua matriz energética. O Programa Nacional do Álcool surgiu do governo como proposta alternativa aos derivados do petróleo, junto com os programas Procarvão, Proóleo. Com fortes incentivos estatais o país teve a oportunidade de diminuir a dependência externa.

O programa Pró-Álcool iniciou-se em 1975, com a intenção de substituir a gasolina importada pelo álcool combustível. “O Brasil, neste período, dependia em 80% do petróleo oriundo do exterior. Por conseguinte correspondeu ao dispêndio de US\$ 8,6 bilhões para a importação de petróleo referente ao triênio 1974-75-76”. Comparado com o triênio anterior no qual a importação foi de US\$1,4 bilhões tratava-se de um aumento considerável (SHIKIDA, 1998).

A segunda crise do petróleo, em 1979, colocou em xeque as bases do Proálcool, a elevação do preço internacional do barril de petróleo de US\$ 22 para US\$ 87 no mesmo ano (EIA, 2010) ocasionou uma pressão maior sobre o programa, demandando assim investimentos estatais para o aumento da produção, ou como cita SHIKIDA, “de o produtor estar sujeito a uma série de arranjos institucionais patrocinados pelo Estado” (SHIKIDA, 1998).

Segundo o Instituto da cana-de-açúcar e do Álcool (IAA), em 1975/76 produzia-se cerca de 500 milhões de litros de álcool, já na safra 2009/2010 foram produzidos 25,8 bilhões de litros (MDIC, 2010). Este exponencial aumento deu-se pela escalada do preço do petróleo com as duas crises do petróleo, pela efetividade do programa

Proálcool, e pela alteração e transformação da frota automotiva, dentre outros fatores.

Neste trabalho procura-se definir os principais determinantes na evolução do mercado de álcool combustível no Brasil por meio da análise da difusão tecnológica, desde 1975 até 2010; verificando a dispersão tecnológica-produtiva comparativamente à sua produção e buscar desenvolver um modelo de regressão que avalie os impactos das difusões por meio do modelo de Bass.

Não encontrei na literatura nenhum trabalho deste tipo, o que permite criar uma linha de estudo comparativo graças à obtenção de coeficientes de inovação e de imitação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O fenômeno da difusão do Etanol como combustível automotriz é abordado com base na Teoria da Difusão da Inovação, e busca-se visualizar sua dispersão por meio de uma análise econométrica. Considera-se a introdução do motor à Etanol como uma nova tecnologia e é analisada com base nos diferentes modelos de difusão tecnológica.

2.1 TEORIAS DE DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

Segundo Schumpeter, a mudança tecnológica na produção, a abertura de novos mercados, novas fontes de oferta, a instalação de novos produtos, ou qualquer outro processo com impactos econômicos pode ser definido como “inovação”. Quando uma nova função de produção é montada ou estabelecida satisfatoriamente, torna-se mais fácil para outros realizarem a mesma mudança e até mesmo melhorá-la.

Para Rogers e Schoemaker, a difusão tecnológica é “o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais, através do tempo, entre membros de um sistema social” (ROGERS, 1971). Estes canais podem ser definidos como estratificações do mercado, conformado por agentes passivos e ativos.

O processo de interação direta, ou indireta, das firmas é chamado, segundo Schumpeter, de “destruição criativa”. Este fato ocorre no mercado concorrencial no qual as empresas competem entre si em busca de diferenciações produtivas que lhes auferam ganhos frente aos seus concorrentes. Por sua vez, esta corrida pela diferenciação de produtos ou processos impacta na medida em que o

produtor inovador retira dos demais produtores os seus consumidores (ganho de market share) graças à inovação, e por consequência retira também o lucro destes produtores (GREENHALAGH, 2010). Outro aspecto da destruição criativa é o fato desta “destruir” as tecnologias ou processos anteriores, definindo-os como obsoletos frente à inovação introduzida.

É analisada a partir desta ótica, por exemplo, a difusão da tecnologia de combustão dos motores com ciclo Otto tendo o etanol como fonte carburante, tendo em vista os gargalos e as crises energéticas sofridas pelo país.

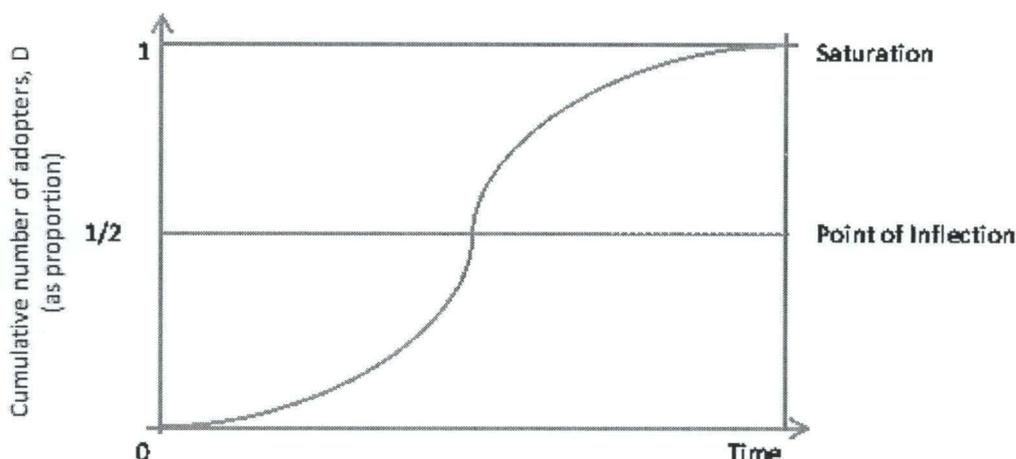
Segundo Rogers e Schoemaker, existem vários modelos de difusão, dentre eles:

I. Modelo de difusão epidêmica (ou por contágio):

Este modelo descreve a difusão da inovação emprestando termos da biologia, no qual a característica negativa de alastramento de uma doença é o fato positivo da obtenção de informação de um novo produto, ou processo, por um indivíduo e escolhendo adquiri-la.

Neste modelo existe uma população de potenciais adotantes, “N”, todos com características idênticas a não ser a adoção ou não da inovação.

“B” representa a probabilidade de um adotante encontrar um não-adotante e torná-lo um adotante. Esta probabilidade é maior se a proporção da população “D” é majoritariamente adotante. Por consequência, a probabilidade de um adotante encontrar um não-adotante é de “D(1-D)”. Exposta no gráfico a seguir:



Este gráfico ilustra o modelo de contágio, podendo ser identificado num dos subperíodos da análise como será visto adiante, e que contrasta com o modelo de Bass a ser apresentado e aplicado para todo o período histórico.

Tendo estas premissas descritas podemos expressar a taxa de adoção da nova tecnologia, ou de difusão, (dD/dt), na sua variante de tempo contínuo e discreto, como sendo:

$$\boxed{\frac{dD}{dt} = BD(1 - D)} \quad (1.1)$$

A taxa de difusão comporta-se como uma distribuição normal, tendo inicialmente somente os pioneiros e criadores da inovação, seguidos por um numero maior de adotantes num segundo momento. Com o passar do tempo o mercado absorverá completamente a inovação, tornando-se saturado, e eventualmente sendo substituída por um novo produto ou processo. Devemos ressaltar, porém, neste modelo de difusão a exclusão de variáveis como preço, custo e barreiras de entrada ou de difusão.

de difusão a exclusão de variáveis como preço, custo e barreiras de entrada ou de difusão.

No caso do mercado brasileiro de produtores de automóveis podemos notar a produção de um veículo movido a etanol como sendo a inovação introduzida.

Para Tigre (2006) esta função em forma de S representa os quatro estágios da difusão tecnológica ou do produto:

1. Introdução: Estágio no qual há um pequeno número de adotantes da difusão ou da tecnologia por conta da incerteza da inovação;
2. Crescimento: Neste estágio há a percepção das melhorias progressivas de desempenho devido à inovação, sendo muitas vezes complementada pelos demais adotantes (inovações incrementais);
3. Maturação: Nesta fase as vendas tendem a se estabilizar, as inovações incrementais não são tão freqüentes e os processos decorrentes desta inovação tornam-se um padrão;
4. Declínio: Esta última não abarcada no gráfico acima, estágio nos quais produtores e consumidores deixam de utilizar a determinada tecnologia em detrimento de uma nova.

II. Modelo econômico (ranking) de difusão:

A título de exemplo, este modelo permite identificar diferenças entre os membros da amostra utilizada, N , quanto à probabilidade de adoção da inovação. À diferença do modelo anterior é possível inserir as diferentes preferências do adotante da inovação, que segue a formula abaixo:

$$\boxed{h(z)/r \geq p} \quad (2.1)$$

Onde:

“z” é o ranking de firmas ou consumidores ordenados de acordo com a maior tendência de adotar a inovação seguindo uma distribuição normal;

“h(z)” é o fluxo de lucro adicional ou excedente do consumidor decorrente da adoção da inovação;

“r” é a taxa de juros pelo seu fluxo futuro;

“p” é o custo de aquisição e de instalação da inovação ou do processo.

Para Stoneman (2002) o rank model é rico por permitir que o modelo seja construído com base no racional de maximizar o lucro ou a utilização da inovação ou do produto. Porém em comparação com o modelo de difusão epidêmica, podemos ver que não se trata de um modelo de auto-propagação por existir um novo equilíbrio cada vez que se alcança uma equalização da ordem das firmas ou dos consumidores intencionados em adquirir o novo produto. A direção do caminho de difusão é dada por condicionantes externos como: localização, histórico e tamanho da firma; taxas de desconto (“r” no modelo acima) e comportamentos em relação ao risco; preços, tecnologia e expectativas de mercado e; mudança em qualquer uma destas.

Outro fato destacado por Stoneman é que este modelo considera que o retorno da firma em adotar a nova tecnologia é independente de seu uso e do número de outros produtores que venham a adotar tal tecnologia, analisando somente o componente. Caso que foge um pouco ao sistema brasileiro de propagação tecnológica da década de 1970 por considerar-se sim a presença de concorrentes e a necessidade de atender à nova demanda do mercado nacional.

III. Modelo de Reinganum:

Neste modelo considera-se que a introdução da inovação ou da tecnologia impactará reduzindo os custos produtivos, considerando-se inicialmente que todos os produtos são iguais em características e custos, além de ter perfeita fluidez de informações.

Para Reinganum (1981) a adoção de uma tecnologia impacta em um ganho, um lucro, decorrente da adoção (comparando com as taxas de lucro anteriores sem a tecnologia). Porém não significa que é lucrativo para todas as firmas adquirir a determinada tecnologia no mesmo momento. O número de adotantes varia com o tempo, e com o custo de oportunidade da adoção da inovação. Quanto menor for o custo de adoção, e maiores forem os ganhos decorrentes de adotar a inovação, maior será o número de firmas adotantes.

Desta forma, o número de adotantes aumenta com o tempo a medida que há uma facilidade maior de adoção da inovação. O baixo custo de aquisição da tecnologia significa que um número maior de firmas pode adotar a inovação de forma lucrativa. Por outro lado o ganho marginal dos possuidores da inovação e early adopters tende a cair com os novos entrantes.

No caso do mercado brasileiro, este modelo de difusão representa a facilidade de adoção desta tecnologia a partir da década de 2000 com o aparecimento do veículo flex, como será visto adiante, graças à queda do custo de produção de motores movidos à etanol e a gasolina.

IV. Modelo Schumpeteriano:

Schumpeter (1989) define que quando se estabelece uma nova função de produção as quantidades dos fatores variam em relação à função anterior, porém quando altera-se a forma da função temos uma inovação.

A inovação permite ao empresário a gerar maior lucro, ou redução de custos, que atrairá novos competidores. A firma observa a oportunidade de obter lucro com a inovação e persegue esta inovação a modo de obtê-la.

Segundo Schumpeter (1989) podemos definir inovação também pela sua referência ao custo. Sempre que há uma redução na quantidade de insumos ou no custo dos mesmos, sem que haja alteração de preços, houve inovação em algum dos estágios do processo produtivo. Não pode se dizer que inovação provoca queda da curva de custos marginais, porém, que a inovação cria uma nova curva de custo marginal com a sua introdução.

Um efeito análogo ao da inovação pode ser verificado quando a firma não controla os preços dos seus insumos, e há uma variação, se apresenta uma nova curva de custo. Este fato, aliado do aparecimento de inovações, evidencia a dificuldade de se construir um modelo teórico capaz de capturar todos estes efeitos.

Os custos da inovação são analisados pelo fato da possibilidade de existir financiamento estadual ou privado (innovation by Banks, ou Credit Innovation), tendo impactos macroeconômicos.

Admite-se no modelo schumpeteriano, assim como no modelo de Reinganum, que há total fluidez de informações, concorrência perfeita e

igualdade de condições de custos e preços. Desta forma não se verificam variações nos preços dos produtos finais nem dos insumos. Fato que, para aplicabilidade deste trabalho, não ocorre. O aumento nos preços dos combustíveis carburantes (etanol e gasolina principalmente) levou à necessidade das demais firmas desenvolverem veículos movidos a etanol, para adaptar-se e também para não ficarem fora do mercado.

3 EVOLUÇÃO ECONÔMICA DO PROÁLCOOL

A progressão do Programa Nacional do Álcool iniciado em novembro de 1975 teve uma trajetória marcada pelas relações de preços internacionais entre o álcool e outros produtos, neste caso de estudo, com o petróleo e os seus derivados. Nos parágrafos seguintes temos uma periodização do processo evolutivo do Proálcool.

3.1 NASCIMENTO E PERÍODO ENTRE CRISES: 1975-1979

A crise do petróleo de 1973 ocasionou uma grande transferência de divisas para o exterior em virtude do padrão de consumo nacional. Denominado como um “hiato potencial de divisas” era necessário um ajuste no consumo de diversos bem importados, como por exemplo o petróleo, dentre outras coisas para combater também a inflação (GREMAUD, 2007).

Lançou-se o II Plano Nacional de Desenvolvimento no final de 1974, com o objetivo de alterar a estrutura de oferta de longo prazo, diminuindo as importações e fortalecendo a capacidade de exportar da nossa economia (GREMAUD, 2007). Uma das políticas do plano previa a criação de três programas energéticos de modo a combater a dependência de combustíveis fósseis: o Proóleo, o Procarvão e o Proálcool.

Neste subperíodo, o programa nacional do álcool previa uma utilização da capacidade ociosa das destilarias já existentes no país segundo SHIKIDA (1998). Houve um sensível aumento da produção, de 500 milhões de litros em 1975/76 para 2,5 bilhões de litros em 1978/79 (IAA), isto se deve em maior parte aos incentivos estatais de e às promessas de consolidação como produto de um

determinado mercado que estava em formação. Os ganhos não foram maiores devido a este panorama de incerteza (SHIKIDA, 1998). O Brasil importava neste período 80% do petróleo consumido internamente (SHIKIDA, 1998), porém não havia grandes garantias de que o álcool se estabeleceria como uma fonte energética duradoura e estável.

Segundo BERTELLI (2005), o preço do barril de petróleo aumentou de U\$S 3,62 em 1973 para U\$S 12,4 em 1974, enquanto o barril de etanol custava US\$ 75 (AIAA). Este fato dificultava a produção porém a necessidade de diminuir a dependência externa fez com que o etanol fosse responsável de suprir a demanda energética nacional.

O Proálcool significou para o Estado a economia de divisas via equilíbrio da balança comercial; a diminuição das desigualdades regionais por conta do aumento da produção agrícola e por consequência da retenção da renda nas unidades rurais; crescimento da renda interna do país graças à geração de valor pelo programa; diminuição do desemprego; e expansão da produção de bens de capital e de bens de uso duráveis. Quanto à produção de bens de capital, houve grande apóio e investimento do Estado, contribuindo com cerca de 75% do US\$ 1,02 bilhão investido no Proálcool de 1975 a 1980, investimentos utilizados em 209 projetos (LOPES, 1996).

O governo buscou diminuir o panorama de incertezas existente no país quanto ao sucesso do novo programa, fornecendo crédito e investindo de forma direta em projetos de infra-estrutura de escoamento produtivo e de distribuição.

Uma necessidade das usinas sucroalcooleiras era a presença de uma destilaria anexa ou próxima com o objetivo de processar o açúcar

e/ou o álcool (RAMOS, 1999). Este fato poderia ser considerado uma limitação tecnológica ou técnica, que buscou ser eliminado pelo auxílio estatal, principalmente para a instalação de destilarias próprias.

O incentivo estatal do Proálcool era proveniente do Orçamento Monetário Nacional, administrados pelo Banco Central por meio do Fundo Geral para Agricultura e Indústria (FUNAGRI). Houveram também recursos internacionais provenientes do Banco Mundial para financiamento do programa. (SHIKIDA, 1996). Podem ser vista na tabela abaixo as aplicações totais do FUNAGRI no Proálcool:

TABELA 1 – INCENTIVOS FUNAGRI, ENTRE 1976 E 1979

Ano	Participação no FUNAGRI	Participação no crédito Adroindustrial do FUNAGRI
1976	0,10	1,10
1977	2,40	19,00
1978	8,50	50,00
1979	16,00	71,10

Fonte: BACEN

Como pode ser visto a participação relativa do Proálcool no FUNAGRI não era de grande relevância nos primeiros anos do programa, chegando em 1979 apenas a 16% do volume financiável do fundo.

Estas linhas de crédito oferecidas pelo Estado servem para quebrar, segundo Schumpeter, o movimento cíclico da produção. Graças a estes financiamentos é possível criar inovações, considerando o investimento dos fundos em P&D, mesmo que num momento subsequente seja necessário o pagamento do serviço desta dívida (SCHUMPETER, 1939). Schumpeter destaca que a inovação obtida por meio do financiamento de terceiros, chamada de "credit

creation by banks” ou “credit innovation”, permanece na firma após o pagamento das obrigações e que somente teria sido possível graças à existência deste financiamento.

O aumento nesta plataforma de financiamento e em outras tem como objetivo diminuir o panorama de incertezas existente quanto ao Proálcool.

3.2 EXPANSÃO E INVESTIMENTO: 1980-1985

A segunda crise do petróleo em 1979 fez com que o preço do barril de petróleo se elevasse novamente, passando de U\$S 12,26 em 1978 para U\$S 28,70 em 1980 (MAGALHÃES, 1991), o que propiciou um aumento considerável do investimento na produção e a criação de órgãos como o Conselho Nacional do Álcool (CNAL) e a Comissão Executiva Nacional do Álcool. Aliado a este fato a frota automotiva brasileira sofreu um sensível aumento dos carros movidos a álcool hidratado, chegando em 1985 a representar 96% dos veículos produzidos movidos a este combustível (ANFAVEA, 2003).

Outra forma de incentivar a produção e o consumo do etanol foi por meio da nova regulamentação da porcentagem de álcool anidro adicionado à gasolina, de 22% frente aos 17% anteriores (AIAA). Houve uma diminuição da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e da Taxa Rodoviária Única (atual Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores) para veículos movidos à etanol, isenção do IPI para táxis movidos à essa fonte e um limite do preço do álcool de 65% do valor da gasolina (SHIKIDA, 1996).

Os investimentos do governo davam-se em forma de subsídios, diminuição de impostos, e programas de financiamento como o

FUNAGRI. Houve um aumento considerável do crédito agroindustrial como pode ser visto na tabela abaixo:

TABELA 2 – INCENTIVOS FUNAGRI, ENTRE 1980 E 1985

Ano	Participação no FUNAGRI	Participação no crédito Adroindustrial do FUNAGRI
1980	28,90	77,40
1981	43,30	84,10
1982	52,00	87,20
1983	41,00	93,10
1984	33,80	79,40
1985	16,60	80,10

Fonte: BACEN

Vale notar, porém, que houve uma diminuição na participação estatal no volume de recursos aplicados de 1980 a 1984, neste período sendo de 56% do total de US\$ 5,4 bilhões (LOPES, 1996). Este fato pode ser atribuído não à diminuição dos investimentos do Estado mas ao aumento do investimento do setor privado.

O aumento da produção de cana de açúcar foi sensível nesta etapa do programa, houve um aumento médio de 8,36% ao ano na área plantada e de 11,01% de aumento médio anual na produção total de cana, o que reflete um aumento real de produtividade. A seguir os valores realizados no período de 1980 a 1985:

TABELA 3 – ÁREA PLANTADA, PRODUÇÃO E RENDIMENTO, ENTRE 1980 E 1985

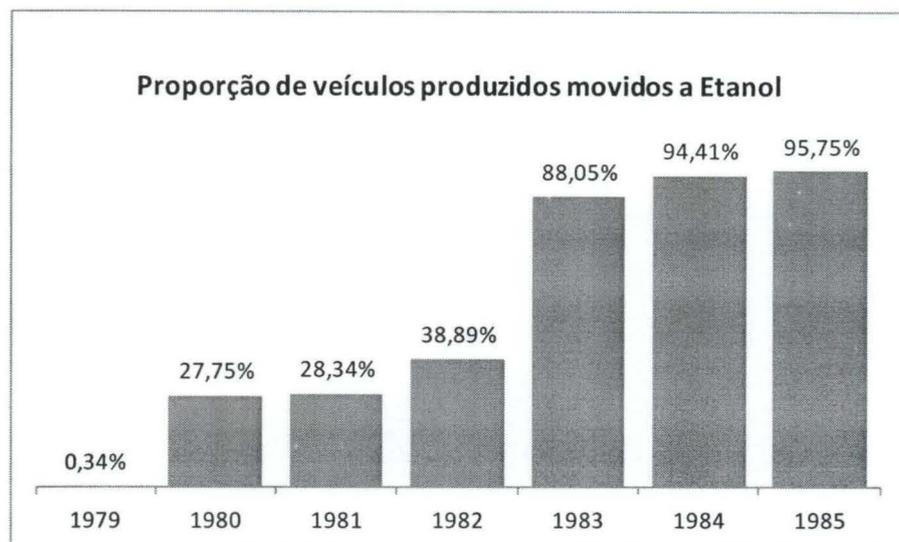
Ano	Area plantada (em milhares de hectares)	Produção (em milhões de toneladas)	Rendimento (Ton/Ha)
1980	2,61	146,23	56,03
1981	2,8	153,78	54,92
1982	3,08	186,38	60,51
1983	3,48	216,45	62,20
1984	3,86	241,39	62,54
1985	3,9	246,54	63,22

Fonte: UNICA

O aumento de rendimento verificado na tabela acima traduz-se no aumento de produtividade evidenciado pelo investimento intensivo em máquinas e equipamentos, pela introdução de novos defensivos agrícolas e pelo trato do terreno após cada corte/safra (SHIKIDA, 2001).

Em setembro de 1979 houve a assinatura de um protocolo entre a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e o Governo nacional para a produção de um número mínimo de veículos movidos a etanol (BELIK, 1992). Este fato foi importante para o estabelecimento de um marco de uma demanda mínima de veículos e por conseqüência de um volume demandado de combustível objeto do protocolo, o etanol.

GRÁFICO 2 – PROPORÇÃO DE VEÍCULOS PRODUZIDOS MOVIDOS A ETANOL, ENTRE 1979 E 1985



Fonte: ANFAVEA, elaboração do autor.

Em julho de 1979 foi lançado o primeiro veículo movido a etanol, pela Fiat. O modelo 147, que chegou quatro meses depois do início da distribuição do etanol em postos de combustíveis (G1, 2009. Acessado em 31 de julho de 2012). A Volkswagen havia sido a primeira a apresentar um carro movido a etanol, porém a Fiat foi quem antecipou seu lançamento. O movimento das firmas buscando explorar a inovação introduzida o antes possível com o objetivo de estabelecer uma nova função de produção e ganhar market share (Schumpeter, 1989).

O baixo custo do etanol frente ao da gasolina, o panorama internacional, e o aumento da produção sucroalcooleira, junto com o programa Proálcool criaram um Novo Paradigma Tecnoeconômico no qual houve a alteração de todo o aparato econômico, envolvendo mudanças técnicas, organizacionais e institucionais, estabelecendo uma linha de inovações por várias décadas (TIGRE, 2006). Segundo Tigre, uma tecnologia é definida como um novo paradigma tecnoeconômico quando supre as seguintes condições:

Custos baixos com tendências declinantes: pode se verificar a queda nos custos por tonelada produzida de cana de açúcar graças às novas tecnologias e ao aumento de produtividade;

Oferta aparentemente ilimitada: o Brasil é o maior produtor de cana de açúcar e de etanol do mundo, mantendo esta posição desde o século XIX (MAPA, 2012);

Potencial de difusão em muitos setores e processos: é possível a aplicação do etanol como fonte carburante em qualquer motor do ciclo Otto, podendo ainda ser utilizado em motores de ciclo Diesel em misturas menores (KOIKE, acesso em 28 de agosto de 2012);

O Proálcool desenvolveu-se plenamente neste período, e consolidava-se como uma fonte combustível nacional e alternativa aos combustíveis fósseis provenientes do exterior. Aliado ao panorama de incertezas internacionais o mercado interno estabelecia um cenário altamente favorável ao mercado alcooleiro, e dependente unicamente da sua força interna para o seu crescimento.

3.3 DECLÍNIO: 1986-1994

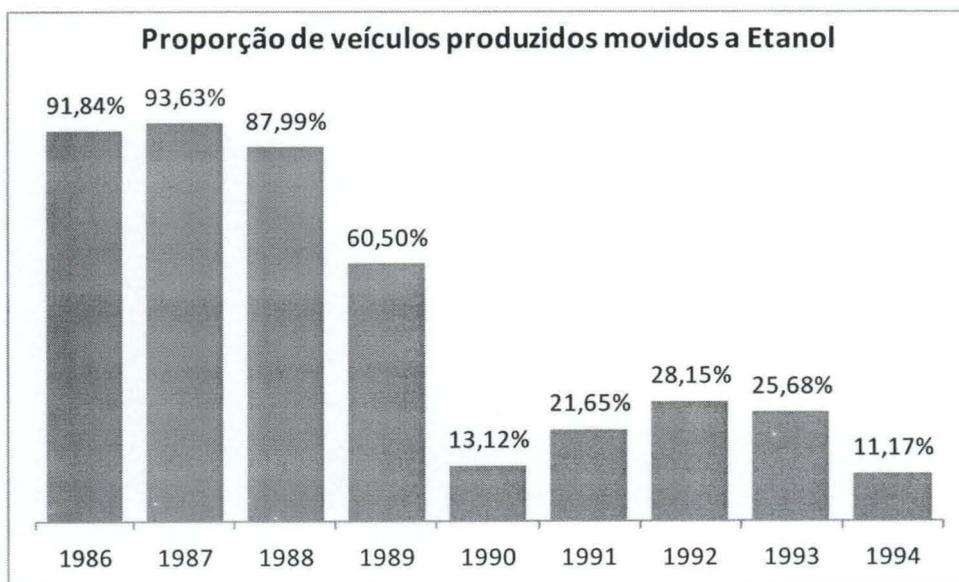
Na safra de 1985/86 a produção alcooleira chegou a um novo marco histórico, 3,2 bilhões de litros (IAA), porém o combate à inflação fez com que fossem necessárias políticas restritivas, contendo principalmente gastos e investimentos (SHIKIDA, 1998). Junto com a queda dos investimentos o preço do barril de petróleo caiu ao patamar de 13 dólares (BERTELLI, 2005) o que desencadeou um desestímulo à produção alcooleira e uma retomada das importações. Aliada à queda de preços do barril de petróleo houve um aumento do preço internacional do açúcar direcionando os produtores alcooleiros a

produzir açúcar e destiná-lo ao mercado externo, este trade off era comum no setor, que direcionava a produção de açúcar ou de etanol de acordo com o preço mais atrativo.

A produção de veículos movidos a etanol não conseguiu manter os patamares anteriores em consequência do aumento do preço do álcool hidratado de 64,5% em 1979 para 80% do preço da gasolina em meados da década de 1990 e da diminuição do estímulo do IPI (PARRO apud SHIKIDA, 1996).

Pode ser vista a evolução da produção de veículos movidos a álcool carburante a seguir:

GRÁFICO 3 – PROPORÇÃO DE VEÍCULOS PRODUZIDOS MOVIDOS A ETANOL, ENTRE 1986 E 1994



Fonte: ANFAVEA, elaboração do autor.

Pode ser visto no gráfico acima um aumento e crescimento sentido no triênio de 1990 a 1992 em decorrência da comercialização de veículos com motorização de 1.000 cilindradas (GATTI, 2010).

A indústria automotiva sofreu um grande impacto na década de 1990 por conta da abertura do mercado por meio da liberação da importação de automóveis pelo governo do presidente Collor. A exposição à concorrência internacional impeliu que a indústria nacional e que os padrões produtivos fossem revisados (GATTI, 2010).

Outro fato resgatável eram os níveis de produtividade das usinas de cana-de-açúcar, que não haviam acompanhado o desenvolvimento do mercado e demonstravam índices de aproveitamento ineficientes (SHIKIDA, 1998). O processo de divulgação de tecnologias e inovações havia se dado pelo processo de learning-by-doing que demanda um maior tempo de absorção (SHIKIDA, 1998).

Neste subperíodo o IAA foi extinto em março de 1990, e iniciou-se uma fase de desregulamentação e diminuição da intervenção estatal no controle produtivo do mercado sucroalcooleiro, houve também uma redução generalizada dos subsídios e créditos destinados à produção de etanol.

3.4 NOVO AUGÉ: 1995-2010

A retomada do crescimento produtivo deu-se graças a um aumento do investimento em produtividade agrícola, que resultou em 1995/96 numa safra de 12 bilhões de litros de etanol (SHIKIDA, 1998), representando um ganho de produtividade de 7,4% em comparação com o ano anterior. Houve também um aumento da área plantada de 4,62 milhões de hectares para 4,9 milhões de hectares (ÚNICA, 2011).

Outro fato importante que contribuiu com a elevação do consumo do álcool carburante foi o aumento do percentual adicionado à gasolina, de 18% para 25% conforme a lei N° 8.723, de 28 de outubro

de 1993, que estimulou ainda mais a produção de álcool anidro. Percentual máximo reduzido em 1998 para 24% pela medida provisória Nº 1.662.

Em 2003 com o aparecimento do veículo Flex a demanda por etanol aumentou consideravelmente, o número de veículos produzidos em 2010 com esta tecnologia foi de mais de 2.625 mil unidades, em 1995 o número de veículos produzidos movidos somente a etanol era próximo de 41 mil unidades (ANFAVEA, 2010). O consumo de etanol também aumentou sensivelmente, o consumo médio anual de 1995 a 2010 aumentou 60,45% (de 237 mil barris para 381 mil barris anuais)(ANP, 2010).

Outro incentivo ao consumo foi o aumento do preço do barril de petróleo em 1995, aumentando 7,9% em relação aos preços do ano anterior, frete ao aumento de 1,1% do etanol. Este tradeoff entre o preço do etanol e do petróleo manteve-se até o final da década. As crises internacionais do México, da Rússia, e os atentados terroristas de 11/2001 impactaram negativamente no preço do combustível fóssil (GREMAUD, 2007, 610).

Neste estágio há uma redução dos custos de aquisição da tecnologia para a produção de veículos flex. No ano 2003 apenas 5 firmas possuíam esta tecnologia e no final de 2010 eram 12 (Anfavea). Esta diminuição no custo de aquisição da inovação, segundo Reiganum (1981), deve-se ao fato da queda do ganho marginal das firmas possuidoras da tecnologia.

4. ANÁLISE EMPÍRICA

Nesta seção do trabalho é feita a apresentação, análise, tratamento e exposição de resultados dos dados utilizados para fundamentar o trabalho.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Para a análise econométrica foram coletados os seguintes dados e séries. Abaixo temos a variação do número de montadoras produtoras de motores que utilizam etanol como fonte carburante (ymontadoras). Toma-se o aumento do número de montadoras que adotaram a tecnologia do etanol como combustível como a difusão desta tecnologia. Desta forma, esta é a variável dependente considerada no modelo estendido.

TABELA 4 – NÚMERO DE MONTADORAS PRODUTORAS DE CARROS MOVIDOS A ETANOL, DE 1975 A 1986

Ano	Número de montadoras	Ano	Número de montadoras	Ano	Número de montadoras
1975	1	1987	5	1999	5
1976	1	1988	5	2000	5
1977	1	1989	5	2001	5
1978	2	1990	5	2002	5
1979	3	1991	5	2003	5
1980	4	1992	5	2004	6
1981	4	1993	5	2005	6
1982	5	1994	5	2006	7
1983	5	1995	5	2007	8
1984	5	1996	5	2008	8
1985	5	1997	5	2009	11
1986	5	1998	5	2010	12

Fonte: Elaboração do autor

Esta variável é não estacionária, com desvio padrão de 2,21 e variância de 4,90, além de uma taxa média anual de crescimento de 7,36%.

Outra variável explicativa do modelo é a produção de etanol em milhares de metros cúbicos (prode). Trata-se de uma variável não estacionária com desvio padrão de 6.824,02 e taxa média anual de crescimento de 11,45%.

TABELA 5 – PRODUÇÃO DE ETANOL, DE 1975 A 1986

Ano	Etanol	Ano	Etanol	Ano	Etanol
1975	580,00	1987	12.340,00	1999	13.021,80
1976	642,00	1988	11.523,00	2000	10.593,04
1977	1.388,00	1989	11.809,00	2001	11.536,03
1978	2.248,00	1990	11.515,15	2002	12.623,23
1979	2.854,00	1991	12.716,18	2003	14.808,71
1980	3.676,00	1992	11.675,51	2004	15.416,67
1981	4.207,00	1993	11.276,37	2005	15.946,99
1982	5.618,00	1994	12.682,37	2006	17.719,21
1983	7.951,00	1995	12.578,32	2007	22.526,82
1984	9.201,00	1996	14.344,13	2008	27.512,96
1985	11.563,00	1997	15.396,46	2009	27.681,24
1986	9.983,00	1998	13.848,03	2010	25.738,68

Fonte: ÚNICA

Outra variável explicativa do modelo é o número de veículos movidos a etanol e flex frente ao total de veículos produzidos (s) exposta abaixo. Os dados foram obtidos da Anfavea (Agência Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores), porém não há discernimento do tipo de veículos produzidos de 1975 a 1978, período recortado da análise. Esta variável possui um desvio padrão de 0,39 e uma variância de 0,15. Possui uma taxa média anual de crescimento de 19,81% ao longo do período avaliado.

TABELA 6 – PROPORÇÃO DE PRODUÇÃO CARROS MOVIDOS A ETANOL, DE 1975 A 2010

Ano	Proporção Etanol+Flex/ Total	Ano	Proporção Etanol+Flex/ Total	Ano	Proporção Etanol+Flex/ Total
1975	0,00%	1987	93,63%	1999	0,97%
1976	0,00%	1988	87,99%	2000	0,78%
1977	0,00%	1989	60,50%	2001	1,28%
1978	0,00%	1990	13,12%	2002	4,18%
1979	0,34%	1991	21,65%	2003	6,84%
1980	27,75%	1992	28,15%	2004	26,03%
1981	28,34%	1993	25,68%	2005	54,78%
1982	38,89%	1994	11,17%	2006	81,90%
1983	88,05%	1995	2,55%	2007	89,08%
1984	94,41%	1996	0,47%	2008	91,48%
1985	95,75%	1997	0,06%	2009	92,29%
1986	91,84%	1998	0,09%	2010	92,96%

Fonte: Anfavea

Não há a necessidade de deflacionar nenhuma das séries uma vez que são trabalhados apenas volumes e quantidades, o que elimina a possível distorção decorrente do deflacionamento.

4.2 MODELO ECONOMÉTRICO

O modelo considerado na análise é o “Modelo de Bass” adaptado à análise de difusão tecnológica, utilizado na sua forma clássica, e apresentado na sua forma aumentada com mais variáveis. Segundo Bass, (BASS, 1969) alguns indivíduos decidem adotar a inovação sem serem influenciados por outros, ou pelo sistema social, podendo estes ser considerados inovadores, após estes temos os adotantes primários, a primeira maioria, a maioria tardia e os retardatários. Considera porém a existência de imitadores. O racional comportamental pode ser visualizado no fragmento abaixo:

“Initial purchases of the product are made by both ‘innovators’ and ‘imitators’, the important distinction between an innovator and a imitator being the buying influence. Innovators are not influenced in the timing of

their initial purchase by the number of people who have already bought the product, while imitators are influenced by the number of people of previous buyers. Imitators 'learn' in some sense, from those who have already bought". (BASS, 1969 p.217).

Compras iniciais são feitas por inovadores e imitadores, a importante distinção entre um inovador e um imitador é a influência na compra. Inovadores não são influenciados no momento da sua compra pelo número de indivíduos que já compraram o seu produto, enquanto imitadores são influenciados pelo número de compradores anteriores. Imitadores "aprendem" de algum modo, daqueles que já compraram. (Tradução do autor).

Tendo este referencial como base, Bass define dois coeficientes centrais no seu modelo, "p" que é o coeficiente de inovação, e "q" que é o coeficiente de imitação. Apresenta-se o modelo na sua forma normal conforme a equação abaixo:

$$S(T) = p.m + (q - p)Y(T) - q / mY^2(T) \quad (3.1)$$

No qual:

"p": Coeficiente de inovação;

"q": Coeficiente de imitação;

"m": Número de vendas/produção;

"S(T)": Vendas no momento T;

"Y(T)": Vendas cumulativas no período T-1.

Em outra apresentação, e com tomando a equação acima, temos:

$$S_t = a + bY_{t-1} + cY_{t-1}^2 \quad (3.2)$$

Adicionalmente temos as seguintes fórmulas derivadas do modelo de Bass que permitirão a obtenção dos coeficientes:

$$a=p.m \quad (3.3)$$

$$b=q-p \quad (3.4)$$

$$c=-q/m \quad (3.5)$$

Especificamente no modelo básico as variáveis utilizadas foram: “total de veículos produzidos movidos a etanol” [S(T)], “total de veículos produzidos em base cumulativa” (Y) e o seu quadrado (Y²).

No modelo aumentado temos as seguintes variáveis: “produção de etanol em barris” [S(T)], “total de barris produzidos em base cumulativa” (Y), o seu quadrado (Y²) e o “número de firmas produtoras de veículos movidos a etanol” (N).

O método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é inconsistente, inferências e conclusões tendo a presença de heterocedasticidade levariam a resultados incertos. Portanto, aplicamos o método dos Mínimos Quadrados Ponderados (MQP), buscando tratar a heterocedasticidade das variáveis tidas como base por meio da matriz de White. Aplicou-se uma regressão robusta de modo a manter as propriedades estatísticas dos dados (GUJARATI, 2006).

A inclusão de novas variáveis no modelo tem como objetivo incorporar efeitos externos e torná-los endógenos do modelo ajustando a sua aderência, tornando-o um modelo de Bass aumentado.

4.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Apresentamos abaixo os dados obtidos com o software estatístico Stata. O modelo clássico acima aplicado ao contexto de difusão da tecnologia de motores com etanol como fonte carburante apresenta-se da seguinte forma:

$$St = 322.503,5 - 0,1040885Y + 0,0000000186Y^2 \quad (4.1)$$

Foram utilizadas 31 observações de cada variável. Com base nos resultados do modelo, todas as variáveis são estatisticamente significativas a 10% de significância. Geraram-se as seguintes estatísticas:

TABELA 7 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, MODELO DE BASS CLÁSSICO

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Teste t	P valor
y	-0,1040885	0,0567799	-1,83	0,077
Y2	1,86E-08	3,91E-09	4,77	0,00
C	322503,5	177192,1	1,82	0,079

Fonte: Elaboração do autor

No modelo de Bass aumentado, temos 36 observações de cada variável, e todas as variáveis como sendo significantes a um grau de 5% de significância. A seguir as estatísticas obtidas:

TABELA 8 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, MODELO DE BASS AUMENTADO

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Teste t	P valor
y	0,0555579	0,0130093	4.27	0.000
Y2	-9,90E-06	2,62E-06	-3.77	0.001
N	3,80E+05	5,62E+06	6.77	0.000
C	67,14882	24	-2,78	0,009

Fonte: Elaboração do autor

Com base nos resultados estatísticos obtidos chegamos aos diferentes coeficientes de inovação e de imitação:

TABELA 9 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, COMPARAÇÃO DE MODELOS

	Bass Clássico	Bass Aumentado
p	0,0413	0,0381
m	7.814.864	1.762
q	0,1454	0,0174

Fonte: Elaboração do autor

O modelo de Bass permite delimitar e estimar os coeficientes de inovação e de imitação que determinam a velocidade de propagação de uma nova tecnologia ou produto. Um baixo coeficiente de inovação determina que a inovação tornou-se presente na mão de poucas empresas inicialmente (BASS, 1969), um coeficiente de inovação muito alto determina que a inovação encontra-se presente desde a sua introdução num grande número de empresas, o que pode levar ao entendimento de que o seu custo de adoção não é muito alto e em consequência, segundo Schumpeter, o ganho da firma em relação aos seus concorrentes não seria tão expressivo.

Por outro lado, um coeficiente de imitação baixo determina que a inovação não é tão atrativa, ou que seus custos de adoção são muito elevados (o que alimenta um ganho comparativo maior por parte dos inovadores pioneiros). Um coeficiente de imitação elevado demonstra uma alta aceitação da inovação, ou do produto.

A seguir seguem alguns produtos e os seus coeficientes “p” e “q” obtidos seguindo o modelo de Bass:

TABELA 10 – COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS, OUTROS PRODUTOS

Produto ou tecnologia	Coefficiente de inovação "p"	Coefficiente de imitação "q"
Televisão	0,028	0,25
Televisão a cores	0,005	0,84
Ar condicionado	0,010	0,42
Secadora de Roupas	0,017	0,36
Suavizante de roupas	0,018	0,3
Record Players	0,025	0,65
Celular	0,004	1,76
Ferro a vapor	0,029	0,33
Moteis	0,007	0,36
Mc Donalds	0,018	0,54
Milho híbrido	0,039	1,01
Cobertor elétrico	0,006	0,24

Fonte: Sultam, Farley e Lehman

Comparando estes índices com os encontrados no modelo clássico deste trabalho podemos ver a aproximação do coeficiente "p" de 0,041 do veículo movido à etanol com o do Milho híbrido de 0,039, porém quando verificamos o coeficiente de imitação não temos uma difusão tão grande, 0,14 frente a 1,01. Os coeficientes obtidos no modelo aumentado acentuam ainda mais essa diferença.

Vale a pena notar que o coeficiente de imitação encontrado é inferior a todos os comparáveis selecionados, o que leva a questionar o recorte do modelo, ou aos demais coeficientes que são confrontados. Outro fato relevante que deve ser levantado é o número de observações, podendo ser melhor analisado com a inclusão ou ampliação do espectro temporal, assim como a inclusão de novas variáveis a fim de melhorar o modelo, atentando para a redução dos graus de liberdade, sendo estas proposições para próximos trabalhos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Pró-Álcool foi um programa que teve como objetivo difundir o etanol como combustível, porém as insuficiências de mercado, pressões externas, o alto custo de difusão, a substituibilidade do etanol por gasolina ou outros combustíveis, dificultaram a ascensão e consolidação do etanol como uma fonte energética nacional. O veículo flex propiciou um renascimento do álcool carburante, porém não se trata ainda de um combustível e um mercado consolidado e capaz de se auto-sustentar, necessitando ainda controle e incentivo governamental.

Este controle governamental do setor, porém, criou um ambiente de insegurança e incerteza, que dificulta a solidificação da matriz energética e do mercado de etanol como um todo. Pode-se considerar este um dos fatores pelo qual o álcool ainda não vingou não só no cenário nacional, mas internacional, tendo o Brasil como maior produtor e os Estados Unidos em segundo lugar.

Os investimentos na produção sucroalcooleira da esfera privada se vêm desestimulados ainda hoje pelo alto risco envolvido em virtude da alta ingerência governamental no setor. Interferindo nos preços do etanol e da gasolina, no seu percentual adicionado, na carga tributária de ambos, no nível de importações e de exportações de substitutos, dentre outras medidas.

Com base nestas considerações podemos levantar algumas questões referentes ao tema como por exemplo: A estabilidade de preços controlada pelo mercado teria implicado numa difusão maior do motor movido à etanol? E dos investimentos no setor? Pode-se considerar benéfico para o consumidor o incentivo à produção de etanol e de veículos movidos a etanol mesmo em períodos de baixo preço da gasolina e do petróleo? De que forma o governo poderia ter implantado o Proálcool sem uma intervenção em demasia?

REFERÊNCIAS

BASS, F. **A New Product Growth for Model Consumer Durables**. Management Science, Vol. 15 No. 5 Theory Series. Ed. Informs, 1969. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/2628128>. Acesso em: 03/02/2013.

BELIK, W. **Agroindústria processadora e política econômica**. Campinas: Ed. Unicamp, 1992.

BERTELLI, L.. **A verdadeira história do ProÁlcool**. O Estado de São Paulo. 16 nov. 2005. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/historia/proalcool-historiaverdadeira.htm>. Acesso em: 03/02/2013.

CHESBROUGH, H. Et al. **Open Innovation: Researching a new paradigm**. New York: Ed. Oxford, 2006.

DE ANDRADE, A. E. I. **Açúcar e álcool**. 1. Ed. Rio de Janeiro: APEC, 1979.

Energy Information Administration - EIA. **Real U.S. Petroleum Prices**. Disponível em: <http://www.eia.gov/petroleum/data.cfm#prices> Acesso em: 21/12/2010.

FREEMAN, C; SOETE, L. **A Economia da Inovação industrial**. São Paulo: Ed. Unicamp, 2008.

GATTI, W. **35 anos da criação do Proálcool: do álcool-motor ao veículo flex fuel**. São Paulo: Ed. Semead, 2010.

GREENHALAGH, C.; ROGERS, M. **Innovation, Intellectual Property, and Economic Growth**. New Jersey: Ed. Princeton, 2010.

GREMAUD, P. **Economia Brasileira Contemporânea**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

JOHNSON, J.; DiNardo, J. **Métodos Econométricos**. Lisboa: Ed. McGraw-Hill, 2001.

HILL, C; GRIFFITHS, W. **Econometria**. São Paulo: Ed. Saraiva, 1999.

KOIKE, G. H. A. ; BEN, A. ; PASSARINI, L. C. . **Utilização de etanol em motores de ciclo diesel**. Revista Minerva, v. 3, São Paulo: Ed. USP, 2007.

KRUGMAN, P. R.; OBSTFELD, M. **Economia Internacional: Teoria e política**. 6. ed. reimp. São Paulo: Pearson, 2007.

LEFTWICH, R. H.. **O Sistema de Preços e a Alocação de Recursos**. 3. Ed. São Paulo: Pioneira, 1973.

LOPES, L.A. **Vinte anos de Proálcool: avaliações e perspectivas**. São Paulo: Ed. Economia & Empresa, 1996.

MAGALHÃES, P. **Pró-alcool: uma avaliação global**. Rio de Janeiro: Ed. Astel, 1991.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. 1. Ed. reimp. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2006.

Ministério de desenvolvimento, indústria e comércio exterior. **Financiamento à exportação**. Disponível em:

<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/financiamento/financiamento.pdf>

Acesso em: 17/02/2013.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica dos Estados Unidos da América no século XX**. São Paulo: Ed. UNICAMP, 2005.

OMETTO, J.G.S. **O Álcool Combustível e o Desenvolvimento Sustentado**. 1. Ed. São Paulo: PIC, 1998.

RAMOS, P. **Agroindústria Canavieira e Propriedade Fundiária no Brasil**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1999.

REINGANUM, M. **A Misspecification of Capital Asset Pricing: Empirical Anomalies Based on Earnings Yields and Market Values**. Em: *Journal of Financial Economics*, 1981.

SANDRONI, P. (Cons). **Dicionário de Economia: coleção os economistas**. São Paulo: Ed. Abril, 1985.

SCHUMPETER; J. A. **Business Cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process**. Philadelphia: Ed. Porcupine Press Inc., 1989.

SHIKIDA, P. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Cascavel: Ed. Unioeste, 1998.

STONEMAN, P. **The Economics of Technological Diffusion**. Oxford: Ed. Blackwell Publishers Ltd, 2002.

SULTAN, F.; FARLEY, J.U; LEHMANN, D.R.. **A Meta-analysis of diffusion models**. *Journal of Marketing Research*, 1990. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016920709090047F>

Acesso em: 23/02/2013.

TIGRE, P.B. **Gestão da Inovação: A economia da tecnologia no Brasil**. São Paulo: Ed. El Sevier, 2006.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR - UNICA. **Setor Sucreenergético – Mapa da Produção**. Disponível em:

<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={D6C39D36-69BA-458D-A95C-815C87E4404D}>. Acesso em: 21/12/2012.

ANEXOS

ANEXO I - Resultados da Regressão do modelo de Bass clássico:

Huber iteration 1: maximum difference in weights = .37336135
 Huber iteration 2: maximum difference in weights = .0510811
 Huber iteration 3: maximum difference in weights = .00767303
 Biweight iteration 4: maximum difference in weights = .15447772
 Biweight iteration 5: maximum difference in weights = .00794019

Robust regression Number of obs = 31
 F(2, 28) = 35.32
 Prob > F = 0.0000

s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
y	-.1040885	.0567799	-1.83	0.077	-.2203969	.0122199
Y2	1.86e-08	3.91e-09	4.77	0.000	1.06e-08	2.66e-08
_cons	322503.5	177192.1	1.82	0.079	-40458.08	685465

ANEXO II - Resultados da Regressão do modelo de Bass aumentado:

Huber iteration 1: maximum difference in weights = .01415672
 Biweight iteration 2: maximum difference in weights = .15120161
 Biweight iteration 3: maximum difference in weights = .02442485
 Biweight iteration 4: maximum difference in weights = .00816987

Robust regression Number of obs = 36
 F(2, 33) = 23.11
 Prob > F = 0.0000

s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
y	.058605	.0206673	2.84	0.008	.0165571	.1006529
Y2	-3.55e-06	3.84e-06	-0.92	0.362	-.0000114	4.26e-06
_cons	64.38414	21.22269	3.03	0.005	21.20626	107.562