

Using the Theory of Constraints in a preliminary analyses of Brazilian biodiesel market with emphasis on oil plants.

Reception of originals: 10/12/2008
Release for publication: 04/30/2009

Flávia do Nascimento Reis dos Santos

Mestranda em Ciências Contábeis pela FACC/UFRJ
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro
Endereço: Av. Pasteur, 250 – Campus da Praia Vermelha – Urca
Rio de Janeiro - RJ. CEP: 22.290-240
E-mail: flaviaisrael18@gmail.com

Esdras Silva de Jesus

Mestrando em Ciências Contábeis pela FACC/UFRJ
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro
Endereço: Av. Pasteur, 250 – Campus da Praia Vermelha – Urca
Rio de Janeiro - RJ. CEP: 22.290-240
E-mail: esdras17@ig.com.br

Antônio Nunes Pereira

Mestrando em Gestão e Estratégia em Negócios pelo PPGEN/UFRRJ
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: BR 465, Km 7
Seropédica – RJ. CEP: 23.890-000
E-mail: anpence2004@yahoo.com.br

Samuel Cogan

Doutor em Engenharia de Produção pela
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro
Endereço: Av. Pasteur, 250 – Campus da Praia Vermelha – Urca
Rio de Janeiro - RJ. CEP: 22.290-240
E-mail: scogan@uol.com.br

Abstract

This paper looks for discuss the process of choice of basic materials for the chain of biodiesel in Brazilian energy profile, using a simulation of application of the Theory of Constraints. It shows an overview of National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels – ANP's bids that were created to guarantee a trading market of biodiesel, so that reduces the risk of investments in production of biodiesel from oil plant. The Theory of Constraints is used to analyze two aspects of this market: the installed capacity compared to biodiesel demand between 2006 and 1st half of 2008 and the efficiency in biodiesel production using different oil plants (vegetable oil is used to produce biodiesel). The discussion of this study seems to indicate that the flexibility of others sources of oil plants to produce biodiesel, in addition to soybeans, is an important alternative to this high cost, and the lack of production scale of another alternative culture.

Keywords: Biodiesel, Theory of Constraints, Oil Plants.

1. Introdução

Atualmente, o biodiesel despontou globalmente como alternativa factível ao uso do petróleo devido à redução da oferta de petróleo e aos aumentos constantes de seu preço. Contudo, em âmbito nacional dificuldades na viabilização dessa fonte alternativa podem ensejar estudos no intuito de acelerar o alcance dos objetivos dos agentes privados e públicos que atuam nessa cadeia ou pelo menos reduzir as chances de perda de valor.

É recorrente a referência do biodiesel desde o final do século XIX com a criação dos motores diesel. Diversos testes com óleos vegetais foram realizados por Rudolf Diesel, inventor do motor a diesel. Ainda que os resultados fossem satisfatórios, o baixo custo do óleo diesel de fonte mineral levou a descontinuidade do uso de óleo vegetal como combustível de longa utilização (AGARWAL, 2007).

No Brasil, a trajetória do biodiesel começou a ser delineada com as iniciativas de estudos pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT), na década de 20 do século XX, e ganhou destaque em meados de 1970, com a criação do Pró-óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, que nasceu na esteira da primeira crise do petróleo (SEBRAE, 2007, p. 16).

Em 1980, o Conselho Nacional de Energia ampliou o escopo do então defasado Pró-Óleo com o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Fins Energéticos. O objetivo do programa era promover a substituição de até 30% de óleo diesel apoiado na produção de soja, amendoim, colza e girassol. Novamente aqui, a estabilização dos preços do petróleo e a entrada do Proálcool, juntamente com o alto custo da produção e esmagamento das oleaginosas, foram fatores determinantes para a desaceleração do programa (SEBRAE, 2007, p. 16).

Segundo Ryan et al (1984 apud ALI; HANNA, 1994), periodicamente, durante as crises de petróleo, o biodiesel tem sido utilizado como diesel, porém devido ao restabelecimento do preço econômico do diesel derivado do petróleo, o biodiesel não permanece na matriz energética.

Verifica-se então uma história de avanços e retrocessos na produção do biodiesel brasileiro que emerge como alternativa em momentos de crise do petróleo e, em seguida, sucumbem à capacidade de produção de derivados de petróleo e do biocombustível álcool anidro.

Em 13 de janeiro de 2005, foi sancionada a Lei 11.097, que introduziu o biodiesel na matriz energética que permitiu a mistura de 2% de biodiesel no diesel e estipulou prazo de três anos para a mistura se tornar obrigatória, conforme Figura 1. Em 2013, oito anos após a promulgação da lei, o percentual obrigatório de mistura será de 5%.

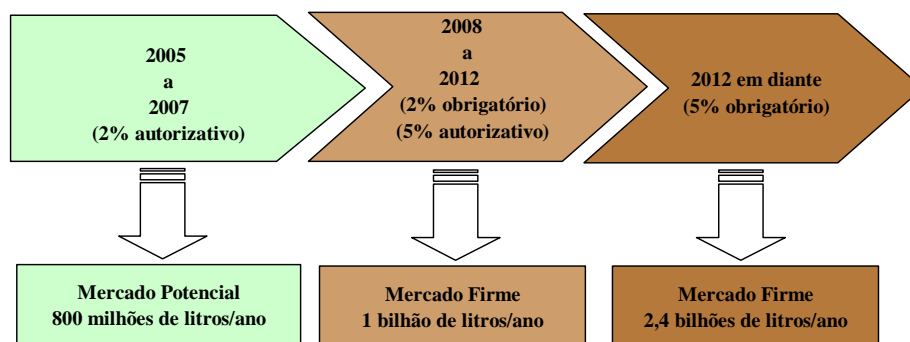


Figura 1 – Cronograma de evolução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

Fonte: Adaptado de Sebrae (2007).

No entanto o mercado de biodiesel no Brasil se iniciou, de fato, em 2006, com compras de combustível via leilão da ANP.

Pela lei brasileira o biodiesel é definido como “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”.

Sendo que as especificações para biodiesel no Brasil, tratadas na Resolução da ANP nº 42 de 24/11/2004, são menos restritivas que na Europa, de forma a permitir a produção do biodiesel com base em diversas matérias-primas. Essa flexibilização das especificações pode contribuir não só para maior competitividade entre matérias-primas, mas também para a diversificação da produção em termos regionais.

Nesse ponto, o estudo objetiva identificar fatores que possam ser tratados à luz da Teoria das Restrições no processo de escolha dos insumos básicos da produção do biodiesel. A utilização dessa metodologia pode sugerir *insights* para os gestores e empreendimentos dessa cadeia produtiva inovadora.

2. Metodologia

A presente pesquisa pode ser considerada exploratória e descritiva (MARTINS; THEÓPHILO, 2008). Foram selecionadas informações junto a fontes oficiais, eventos científicos com foco em gestão e literatura sobre o tema. Destacam-se nos materiais, os marcos regulatórios e as séries de produção do biodiesel que materializam as políticas dessa relevante alternativa energética. Em especial, os documentos foram coletados prioritariamente de portais governamentais como o do biodiesel e da ANP, além de fontes bibliográficas como relatórios setoriais do BNDES e do Ministério de Minas e Energia.

Para atender o objetivo de simulação da aplicação da Teoria das Restrições na escolha da matéria-prima no processo produtivo do biodiesel, em comparação ao óleo de soja, buscou-se identificar informações básicas de produtividade disponíveis sobre o biodiesel e as diversas oleaginosas. A partir da pesquisa bibliográfica construiu-se essa simulação no mercado brasileiro com a utilização de planilha eletrônica comercial para os cálculos e simulações.

Assim, neste estudo, o boletim do Ministério de Minas e Energia forneceu as informações de preço e volumes. Enquanto que do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) utilizou-se os custos de produção por região geográfica.

As propriedades químicas e energéticas do biodiesel padronizado por oleaginosa não são escopo desse trabalho, sendo adotada a premissa de geração energética idêntica independente da oleaginosa adotada, o que constitui uma limitação.

3. O Biodiesel

O biodiesel é um combustível derivado de fontes naturais e renováveis, seja proveniente de gordura animal ou óleo vegetal *in natura* ou residual. O biodiesel resultante é menos poluente do que o óleo diesel convencional, além de ser semelhante ao diesel em suas principais características. Pode ser utilizado puro ou misturado ao diesel em quaisquer proporções, em motores do ciclo diesel, sem a necessidade de grandes modificações (AGARWAL, 2007).

Holanda (2004 apud AMORIM, 2005) apresenta como potenciais matérias-primas do biodiesel a babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de

amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. O autor também menciona que entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros. Mesmo óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial podem ser utilizados como material-prima do biodiesel.

O biodiesel tem sido obtido por diferentes processos químicos, tais como esterificação, transesterificação e craqueamento térmico. No caso da esterificação, um éster é obtido a partir da reação de um ácido com um álcool. Na transesterificação, o processo inicia-se juntando o óleo vegetal ou gordura animal com álcool (metílico ou etílico) e ainda um catalisador (hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio) para acelerar o processo. Após a reação, obtêm-se a glicerina e o éster (biodiesel). O craqueamento é um processo químico que tem como objetivo dividir em partes menores um composto pela ação de calor e/ou catalisador.

A transesterificação é o processo mais difundido no mundo e no Brasil. Dependendo do tipo de álcool empregado na reação, o biodiesel pode ser do tipo metil-éster (oriundo da utilização do metanol) ou etil-éster (etanol), que gera como subprodutos o farelo, a torta e a glicerina. A glicerina é um produto de alto valor agregado quando utilizado na indústria farmacêutica, de cosméticos e alimentos e bebidas, entre outros.

É provável que outros processos surjam ou estejam em franca utilização no Brasil e no mundo. Poder-se-ia antecipar a descrição e a comparação dos mesmos, contudo, a apresentação da síntese de Parente (2003) faz-se necessária e suficiente para os objetivos do presente.

O fluxograma a seguir é uma forma simplificada de apresentar os elos das cadeias produtivas do biodiesel, considerando a multiplicidade de matérias-primas.

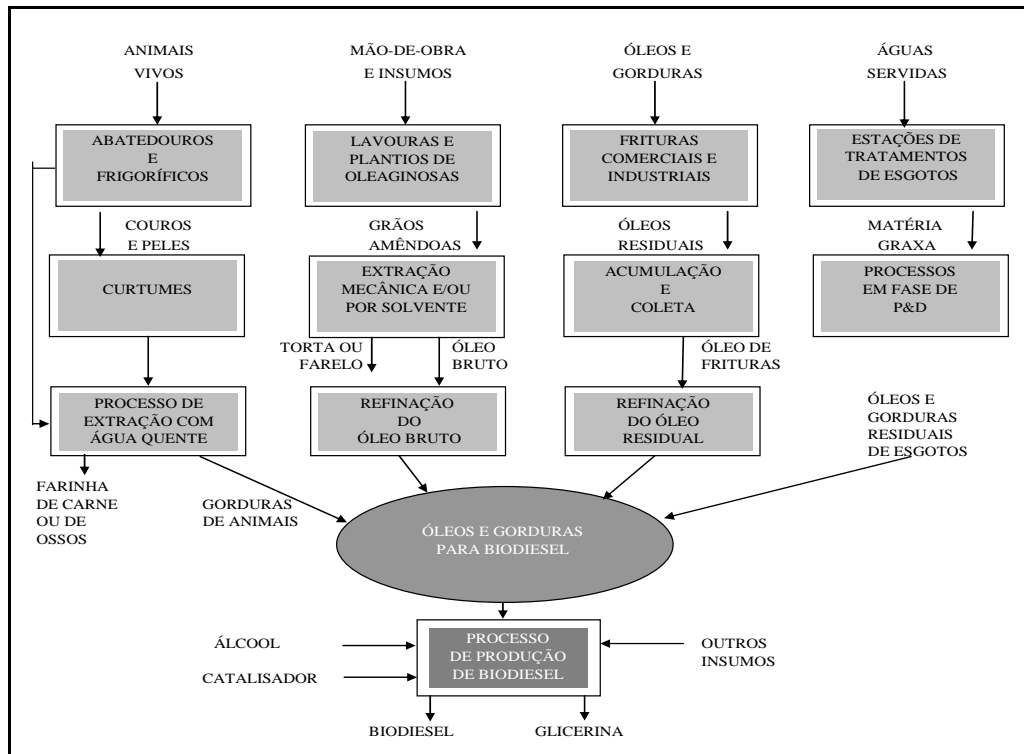


Figura 2 – Processo de produção do biodiesel

Fonte: Parente (2003 apud PRATES; PIEROBON; COSTA, 2007).

4. Leilões de Compra de Biodiesel pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

Em 2005, o Governo percebeu a necessidade de estudar mecanismos visando à antecipação da comercialização durante o período em que a mistura estava autorizada, porém em caráter voluntário. Para isso, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em 23/9/2005, por meio da Resolução nº 3, autorizou a realização dos leilões públicos pela ANP, sob a assessoria técnica do Ministério de Minas e Energia (MME). Esse, por meio da Portaria 483, de 03/10/2005, estabeleceu as diretrizes para realização, pela ANP, dos leilões públicos de aquisição de biodiesel, posteriormente regulamentados pela Resolução da ANP nº 31, de 04/11/2005.

Nessa Resolução, foram autorizados a comprar o biodiesel os produtores e importadores de diesel mineral, com fornecimento provido pelos produtores que possuam o Selo Combustível Social ou que possuam os requisitos necessários à obtenção do referido selo, o chamado Enquadramento Social. Além disso, a ANP indica as quantidades máximas

de combustível a serem adquiridas, assim como estabelece, para cada leilão, em seus respectivos editais, o preço (máximo) de referência (PEREIRA, 2008).

Esses leilões foram importantes para estimular os investimentos na produção de biodiesel, pois garantiam uma demanda pelo produto e, em tese, diminuiriam a incerteza do mercado no período em que a adição do biodiesel ao combustível mineral ainda era voluntária. Pois, antes, os produtores temiam que os distribuidores e postos não adquirissem a mistura, vez que seria provável que o biodiesel, produzido em menor escala, fosse mais caro que o diesel mineral. Estudos posteriores, entretanto, questionam a política de manutenção de preços como ferramenta de mitigação de riscos da cadeia face à ausência de matérias-primas, elevação de insumos e mercados alternativos de maior valor para os produtores.

Quadro 1 - Resumo dos Leilões

	Leilão 1	Leilão 2	Leilão 3	Leilão 4	Leilão 5	Leilão 6 e 7
Mês de realização	Nov/05	Mar/06	Jul/06	Jul/06	Fev/07	Nov/07
Volume (milhões de litros)	70	170	50	550	45	380
Preço Médio de Fechamento (R\$)	1,905	1,860	1,754	1,746	1,862	1,866
Prazo de Entrega	Em 2006	Jul/06 a jun/07	Em 2007	Em 2007	Em 2007	1º sem 2008

Fonte: Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis (2008).

5. Selo Combustível Social

O Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) mediante a Instrução Normativa nº1, de 05/07/2005 determinou os critérios e procedimentos necessários para a aquisição, manutenção, renovação, suspensão e cancelamento da concessão, bem como a utilização do “Selo Combustível Social” como certificado. O intuito social do Governo é ampliar a geração de empregos na cadeia produtiva do biodiesel incluindo o agricultor familiar, beneficiário do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), conforme Decreto nº 1.946, de 28/06/1996, alterado pelo Decreto nº 3.991, de 30/10/2001 (PRATES; PIEROBON; COSTA, 2007).

Esses autores destacam, ainda, alguns critérios regulados por meio de contratos, a saber: a exigência de prestação de serviços de assistência técnica e capacitação aos agricultores familiares e os percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima do agricultor familiar feitas pelo produtor de biodiesel são apresentados na Figura 3. Sendo que as duas oleaginosas mais utilizadas na obtenção do selo combustível social são: dendê e mamona.

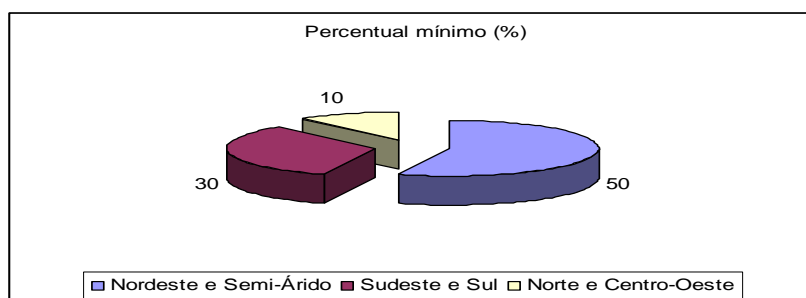


Figura 3 - Percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima do agricultor familiar

Fonte: Elaboração própria, a partir de Prates, Pierobon e Costa (2007).

6. A Teoria das Restrições (TOC): Visões e Estudos Selecionados

A Contabilidade de Ganhos da TOC (COGAN, 2007) permite que se chegue ao mix que otimiza o sistema a partir da análise do ganho por unidade de recurso restrito.

Os fundamentos da Teoria das Restrições começaram a aparecer com o físico israelense Eliyahu Moshe Goldratt, em 1970. O pesquisador buscou resolver os problemas de logística de produção de uma fábrica que produzia gaiolas para aves mediante o emprego do programa “*Optimum Production Technology*” (OPT) (FASSBINDER, 1999). Para o entendimento do OPT alguns conceitos são destacados no presente trabalho: o ganho e a restrição.

O ganho foi concebido como índice no qual o sistema (empresa) gera ganho através das vendas. Goldratt (1991, p. 17) enfatiza que a produção de um produto não significa efetivo ganho. O último é garantido somente através das vendas.

Uma leitura didática para restrições é trazida por Marques e Cia (1998). Os autores esclarecem que a restrição é um obstáculo que limita o melhor desempenho do sistema em direção à meta. Destacam ainda que usualmente, a literatura define as restrições físicas como “gargalos” (“bottleneck”) por estarem ligadas à capacidade instalada da fábrica.

Santos et al. (2006) distinguem dois tipos de restrição: a primeira física, isto é, restrição de recurso tal como: mercado, fornecedor, máquinas, materiais, pedido, projeto e pessoas. Refere-se a uma situação específica de restrição que tem capacidade insuficiente. Assim, recurso gargalo trata-se de capacidade inferior à demanda colocada nele. Enquanto que recurso não-gargalo é aquele cuja capacidade é superior à demanda colocada nele, portanto não há restrição do sistema devido a esse recurso.

A segunda restrição é a política que é representada por normas, procedimentos e práticas usuais do passado, que restringe a empresa de aumentar seus lucros.

Os autores seguem também a visão de Guerreiro (1999) que advoga que toda empresa possui uma ou várias restrições. Dessa forma, se não houvesse restrições e o sistema fosse perfeito, o ganho seria infinito.

A teoria das restrições determina que o ganho por unidade do fator de restrição deve ser calculado para verificar o mix de produto mais apropriado mediante a existência de um recurso “gargalo” (COGAN, 2007).

Entretanto, o ganho deve ser definido em termos unitários, como o resultado da diferença entre o preço de venda e o gasto na aquisição de matéria-prima utilizada na fabricação do produto vendido. A TOC não considera nenhum tipo de alocação de custos. Dessa forma, verifica-se uma flexibilidade para fazer orçamentos, projeções e simular os virtuais impactos de decisões da companhia (CIA; CIA; MARQUES, 1997).

Assim, pode-se perceber que o processo tem não apenas a simplicidade analítica, mas propicia um acompanhamento de recursos que se tornam críticos na criação de geração de resultados para a empresa.

A partir da existência de alguma restrição, Goldratt (1994) descreve o processo decisório da teoria das restrições. Esse processo consiste em identificar as forças restritivas e forças propulsoras, o que permite focalizar na solução de problemas em seus sistemas de produção mediante a seqüência de cinco passos que incluem a identificação, a exploração, a tomada de decisão, a elevação das restrições e o reinício do processo do estudo dos gargalos.

De acordo com Luchi (2006), os diversos especialistas em TOC como Noreen, Corbett Neto, Guerreiro, Marques e Cia, além de Cox e Spencer, embora, refiram-se aos mesmos princípios e procedimentos, denominam essas cinco etapas de forma diferente, a saber: Processo de Aprimoramento Contínuo, Processo de Otimização Contínua da Teoria das Restrições, Processo Decisório e Processo de Focalização de Cinco Etapas.

Em conformidade com Santos et al (2006), o início de todo o processo passa a ser a identificação da restrição ou das restrições do sistema para se determinar o fator limitante do sistema. Conhecido os elementos de restrição do sistema é preciso explorar ao máximo os recursos disponíveis para, só então, dar seqüência ao processo.

Esquemáticamente, a Figura 4 sintetiza o processo de gerenciamento por restrições, por assim dizer.

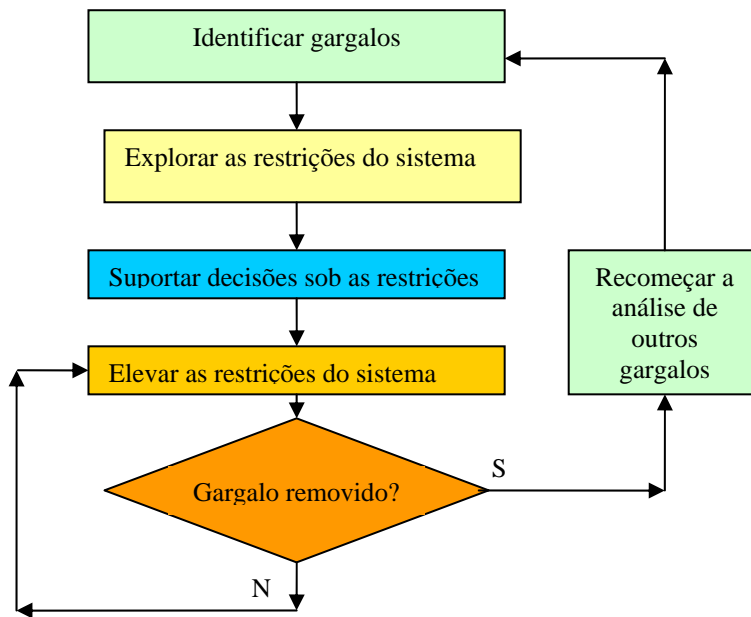


Figura 4 - Circuito da TOC

Fonte: Elaboração própria, a partir de Goldratt (2002).

No presente estudo, encontra-se tanto a restrição física de mercado quanto à de fornecedor de matéria-prima. A segunda restrição que é a política foi instaurada para a introdução dessa nova matriz energética no Brasil. Talvez num futuro com a consolidação desse novo mercado, essa restrição política deixe de existir.

Após a definição de como as restrições serão exploradas, os recursos não-limitadores deverão ser subordinados às restrições do sistema, ou seja, as necessidades das restrições determinam o programa de produção das não-restrições, as quais deverão fornecer tudo o que as restrições precisam na medida exata, nem mais nem menos, para que não haja perda de recursos (SANTOS et al, 2006).

No intuito de verificar a aplicação da Teoria das Restrições na cadeia de produção do biodiesel, será efetuada uma simulação. Assim, na primeira fase do processo, partindo do pressuposto da identificação do gargalo quanto ao fornecimento de matéria-prima, busca-se a exploração do sistema com o objetivo de estabelecer qual a oleaginosa que passando pela restrição, fornece o maior ganho global. Na terceira etapa do processo, os demais recursos não-restritivos devem contribuir na “performance” do ganho global. O passo seguinte que é

“elevant as restrições do sistema” somente pode ser considerado, depois do cumprimento dos passos anteriores, pois pode necessitar de investimentos em materiais, maquinários.

7. Análise da Produção versus Consumo pela TOC

Mundialmente, há uma convenção de nomenclatura para identificar a concentração do biodiesel na mistura: BXX, onde XX é a percentagem em volume do biodiesel à mistura. Por exemplo, o B2, B5, B20 e B100 são combustíveis com uma concentração de 2%, 5%, 20% e 100% de biodiesel, respectivamente.

A figura 5 sinaliza que a capacidade instalada para produção do biodiesel está muito acima da demanda esperada de consumo para a mistura B2 no início de 2008. Portanto, é provável que foram feitos muitos investimentos na construção de plantas industriais para produção do biodiesel sem levar em consideração a demanda restrita. Conforme estabelece a TOC a decisão de investimento para aumentar a produção deveria estar condicionada ao volume do recurso restrito que neste caso é a demanda de consumo na ordem de 800 milhões de litros, aproximadamente, calculada em função da produção de diesel em 2006.

Biodiesel: Evolução da Produção e da Capacidade Produtiva Mensais

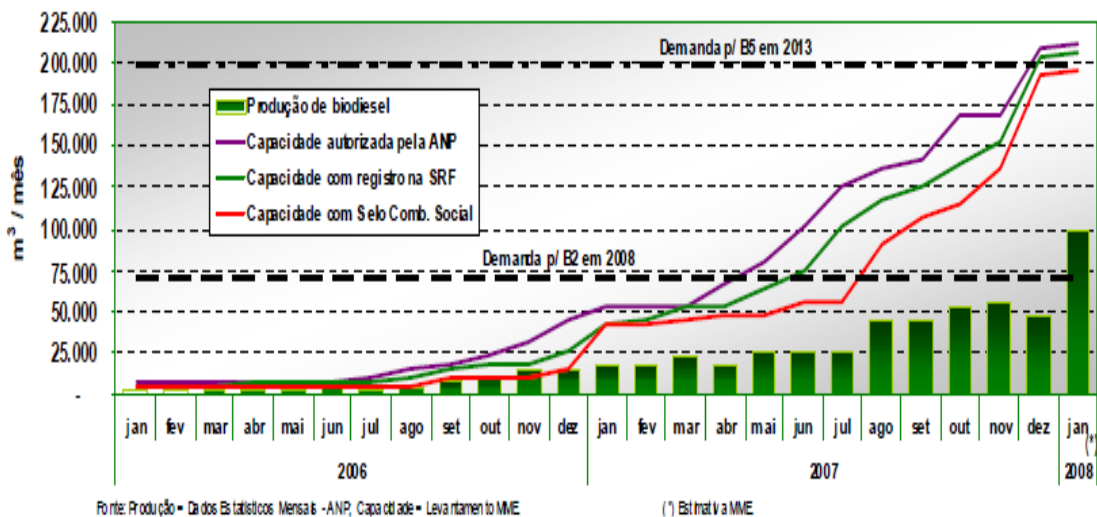


Figura 5 – Biodiesel: evolução da produção e da capacidade produtiva mensais

Fonte: Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis (2008).

É factível que esse excesso de investimentos na produção sem o devido crescimento da demanda ocasionará perdas aos investidores conforme preconiza a ordem no processo decisório da TOC.

8. Análise da Melhor Matéria-Prima para Produção do Biodiesel com Simulação da Aplicação da Toc

Algumas instituições no Brasil criaram uma espécie de rede para viabilizar o biodiesel. Em especial, a Embrapa que está contribuindo com o programa brasileiro do biodiesel, mediante a disponibilização de sementes de qualidade das culturas que servem de matéria-prima para a produção do biodiesel, tais como: dendê, mamona, girassol, soja, entre outras culturas, cujo óleo vegetal é extraído para a produção do biodiesel. É o caso da mamona para Nordeste e semi-árido, do dendê para a região Norte e da soja para o eixo centro-sul do país, por exemplo.

Khalil (2006, p. 84) comenta que a produção de biodiesel em larga escala deve observar alguns aspectos estratégicos, a saber: a sazonalidade, produtividade e risco da cultura; a mecanização do plantio, da colheita e do beneficiamento da safra; as técnicas de armazenamento, de escoamento e de transformação de grão. Dessa forma, a atratividade econômica do agronegócio deve elencar as diversas oleaginosas brasileiras por produção de óleo por unidade agrícola (Kg de óleo/ha.ano) (Quadro 2).

Quadro 2 - Valores médios de produtividade e teor de óleo em algumas oleaginosas brasileiras

Tipo de Oleaginosa	Teor de óleo (% m3)	Produtividade (kg/ha ano)	Produção de Óleo (kg/ha ano)
Mamona	50	2.500	1.250
Girassol	42	1.600	672
Amendoim	40	1.800	720
Gergilim	39	1.000	390
Colza	38	1.800	684
Pinhão	33	4.000	1.320
Dendê	20	10.000	2.000
Soja	18	2.600	468
Algodão	15	1.800	270
Babaçu	6	12.000	720

Fonte: Khalil (2006).

Khalil (2006) elaborou, então, uma espécie de quadro regionalizado acerca da viabilidade das culturas oleaginosas. Pode-se verificar que em termos de viabilidade a mamona é superada pela soja e algodão, culturas aptas em 4 regiões brasileiras, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Potencialidade de oleaginosas brasileiras por região geográfica

Cultura	Norte	Centro-Oeste	Sul	Nordeste	Sudeste
Soja	X	X	X		X
Algodão		X	X	X	X
Mamona		X		X	X
Dendê	X			X	
Babaçu	X			X	
Girassol		X	X		X
Nabo		X			
Colza			X		
Pinhão				X	X
Coco				X	

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Khalil (2006).

O programa brasileiro do biodiesel delimitou esse mercado sendo de 2% a 5% do mercado de diesel fóssil brasileiro, um “*market-share*” garantido por regulação, ou seja, um mercado razoável, estimado, conservadoramente, em R\$ 1.44 bilhões (800 mil m³ de diesel a R\$ 1,8/litro) com um impacto considerável na economia de qualquer país (PEREIRA e LIMA, 2008). Contudo, não obstante a tradição da cultura da soja no Brasil espera-se que ocorra a participação expressiva de outras oleaginosas no processo de produção do biodiesel.

Numa primeira leitura do Quadro 2, a cultura mais rentável seria a do Pinhão Dendê, sem considerar outros aspectos passíveis de inclusão nessa análise. Estudos realizados pelo Pólo Nacional de Biocombustíveis e pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Esalq-USP apresentam o biodiesel produzido a partir de óleo de caroço de algodão como o mais viável economicamente, pois um litro desse biodiesel poderia ser produzido pelo mínimo de R\$ 0,66 na safra 2004/2005. (OLIVÉRIO, 2006, p. 113).

O algodão, contudo, pelo Quadro 4 a seguir, seria um fator limitador visto que sua produção é limitada, inviabilizando a produção do biodiesel nacional liderado pela cultura.

Quadro 4 - Produção de óleos vegetais no Brasil (x1.000t)

Brasil	Jan-Dez/2002	Jan-Dez/2003	Jan-Dez/2004	Part. 2004
Óleo de Soja	4.937,0	5.387,0	5.571,0	89,2%
Óleo de Algodão (Caroço)	195,7	217,0	268,4	4,3%
Óleo de Palma (Dendê)	118,0	129,0	140,0	2,2%
Óleo de Girassol	55,7	62,1	74,6	1,2%
Óleo de Milho	45,9	39,7	63,6	1,0%
Óleo de Mamona	40,1	20,4	60,8	1,0%
Óleo de Colza (Canola)	16,9	21,8	22,8	0,4%
Óleo de Amendoim	28,1	14,5	21,8	0,3%
Óleo de Palmiste	13,3	2,0	15,8	0,3%
Óleo de Linhaça	1,7	1,9	2,1	0,0%
Óleo de Coco	1,9		1,9	0,0
TOTAL	5.454,3	5.950,4	6.242,8	100,0%

Fonte: Adaptado de Oil World Annual (2005 apud DALL'AGNOL, [200-]).

O boletim mensal do Ministério de Minas e Energia apresenta a influência do preço da matéria-prima no custo de produção do biodiesel, pois o óleo vegetal representa cerca de 80% do preço final do biodiesel no produtor, sem tributos. Em fevereiro/2008, a cotação internacional do óleo de soja é de aproximadamente de R\$1,95/litro (07/02/2008), conseqüentemente, acarretaria um preço final do biodiesel no produtor, sem tributos, na ordem de R\$ 2,44/litro.

Considerando, o preço médio de R\$ 2,186/l, incluindo os tributos federais e custos de transporte na aquisição pela Petrobras e Refap no leilão de dezembro/2007, além de observar os demais pontos destacados anteriormente, será efetuada uma simulação da aplicação da TOC no processo decisório da produção de biodiesel.

Baseado nos valores obtidos no trabalho realizado pelo Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), da Esalq/USP, em parceria com a Dedini Indústria de Base, responsável pela maior parte das usinas de biodiesel em construção no País efetuou-se a simulação dos custos da matéria-prima do biodiesel nesse processo, conforme Quadro 5 apresentado a seguir:

Quadro 5 – Biodiesel a partir de matéria-prima agrícola a custo de produção agrícola (com arrendamento) em planta de 40 mil t/ano – Safra 2004/5 – (R\$/l)

Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Soja – 1,167	Soja – 1,670	Soja – 0,883	Soja – 1,247	Soja – 1,786
Dendê – 1,231	Mamona – 1,585	Girassol – 1,034	Amendoim – 1,610	Girassol – 1,649
	Caroço de algodão – 0,712	Caroço de algodão – 0,975	Girassol – 1,534	

Fonte: Centro de Estudos Avançados em economia Aplicada – ESALQ/USP (2006).

Custo Mínimo: Considera despesas e resultados (positivos/negativos) dos subprodutos gerados nos processos industriais;

Equilibra custos e receitas da unidade industrial integrada (esmagamento + usina biodiesel).;

Nota: Os valores acima derivam de cálculos que consideraram:

* custo agrícola com arrendamento;

* venda do álcool hidratado - portanto, sem coluna desidratadora.

A identificação do produto mais lucrativo, na leitura do Quadro 6, é o algodão na Região Nordeste, seguidos pela soja e pelo algodão na Região Centro-Oeste. Sendo a soja na Região Sul a matéria-prima menos lucrativa. Todavia, tornar-se necessário atentar para as restrições do sistema produtivo. Assim, numa simulação, aplicando os percentuais do Quadro 4 e a teoria das restrições, o amendoim participaria somente com 0,3% do volume arrematado, a mamona com 1,0%, o girassol com 1,2%, o dendê com 2,2%, o caroço de algodão com 4,3% e a soja com os 91,0% restantes.

Quadro 6 - Simulação do lucro global por oleaginosa

<i>Tipo de Oleaginosa por Região</i>	<i>Receitas de Vendas(\$)</i>	<i>Custos de produção(\$/l)</i>	<i>Despesas (\$/l) 20% dos custos</i>	<i>Lucro Global (\$)</i>
dendê (região Norte)	2,19	1,23	0,25	0,71
soja (região Norte)	2,19	1,17	0,23	0,79
algodão (região Nordeste)	2,19	0,71	0,14	1,33
soja (região Nordeste)	2,19	1,67	0,33	0,18
mamona (região Nordeste)	2,19	1,59	0,32	0,28
algodão (região Centro Oeste)	2,19	0,98	0,20	1,02
soja (região Centro Oeste)	2,19	0,88	0,18	1,13
girassol (região Centro Oeste)	2,19	1,03	0,21	0,95
soja (região Sudeste)	2,19	1,25	0,25	0,69
amendoim (região Sudeste)	2,19	1,61	0,32	0,25
girassol (região Sudeste)	2,19	1,53	0,31	0,35
soja (região Sul)	2,19	1,79	0,36	0,04
girassol (região Sul)	2,19	1,65	0,33	0,21

Fonte: O autor (2008)

Em conformidade com o volume de 380 milhões de litros arrematado nos 6º e 7º leilões por Região Geográfica, prioriza-se a oleaginosa participante da simulação que apresentar maior lucro global, além de respeitar as características regionais (Quadro 3). Considerando que todo o volume seja demandado ao preço médio arrematado no leilão, elaborou-se o quadro a seguir:

Quadro 7 - Simulação dos custos totais de produção por região geográfica

Região	Tipo de Oleaginosa da Região	Volume Arrematado (m ³)	%participação por oleaginosa			Custos e despesas de produção(\$/l)
			algodão	dendê	soja	
Norte	dendê e soja	36.000		792	35.208	50.463.360
Nordeste	algodão, mamona e soja	104.000	4.472		98.488	202.753.200
Centro Oeste	algodão, soja e girassol	103.000	4.429	*	93.730	106.068.370
Sudeste	soja, amendoim e girassol	55.000	*	*	50.050	76.607.850
Sul	soja e girassol	82.000	*	*	74.620	161.497.360
Total (1)		380.000	8.901	792	352.096	597.390.140
Diferença abastecida por outra região* (2)					14.126	22.884.120
Total Geral (3) = (1) + (2)		380.000	8.901	792	366.222	620.274.260

Fonte: O autor (2008)

Assim, utiliza-se os valores unitários simulados no Quadro 6 na distribuição obtida no Quadro 7, verifica-se que o resultado do sistema produtivo de biodiesel apresenta um lucro global de aproximadamente \$210 milhões.

Quadro 8 - Simulação do lucro global por região geográfica

Região	Tipo de Oleaginosa	Receitas de Vendas(\$/l)	Custos de produção(\$/l)	Lucro Global (\$)
Norte	dendê e soja	78.696.000	50.463.360	28.232.640
Nordeste	algodão, mamona e soja	227.344.000	202.753.200	24.590.800
Centro Oeste	algodão, soja e girassol	217.277.470	106.068.370	111.209.100
Sudeste	soja, amendoim e girassol	111.212.750	76.607.850	34.604.900
Sul	soja e girassol	165.270.344	161.497.360	3.772.984
*	soja	30.879.436	22.884.120	7.995.316
Total		830.680.000	620.274.260	210.405.740

Fonte: O autor (2008)

* Diferença abastecida por outra região

O Quadro 8 apresenta uma quantidade a ser abastecida por outra Região. Nesse aspecto, para completar o volume arrematado nos leilões, considerou-se o custo médio de

R\$ 1,62/litro para a soja que é a oleaginosa com maior volume de produção no mercado brasileiro.

Como a soja é a oleaginosa com maior volume de produção no Brasil (Quadro 4), simulou-se a mesma como única matriz energética do biodiesel, verificando-se o lucro global de aproximadamente \$202 milhões (Quadro 9).

Quadro 9 - Simulação do lucro global por região geográfica

<i>Região</i>	<i>Tipo de Oleaginosa</i>	<i>Receitas de Vendas(\$/l)</i>	<i>Custos de produção(\$/l)</i>	<i>Lucro Global (\$)</i>
Norte	soja	78.696.000	53.280.000	25.416.000
Nordeste	soja	227.344.000	208.000.000	19.344.000
Centro Oeste	soja	225.158.000	109.180.000	115.978.000
Sudeste	soja	120.230.000	82.500.000	37.730.000
Sul	soja	179.252.000	175.480.000	3.772.000
Total		830.680.000	628.440.000	202.240.000

Fonte: O autor (2008)

9. Aspectos Conclusivos

O presente estudo procurou contribuir com a discussão e avaliação da viabilidade do biodiesel com aplicação da teoria das restrições. Observou-se que houve investimentos em produção acima da demanda. Esse primeiro fator pode ser considerado uma restrição do biodiesel brasileiro, visto como um sistema. Em tese, a demanda é estimulada e ampliada no mercado de biodiesel através de obrigação legal. Nesse cenário virtual, a antecipação dos percentuais para 3% pelo governo ou órgãos reguladores poderia ser uma forma de evitar a perda dos investimentos na produção, uma vez que, aparentemente, o parque fabril já está preparado para atender ao mercado nesse novo patamar.

A partir do estudo pode-se sinalizar que a produção do biodiesel com a utilização de óleo de soja como matéria-prima é a mais factível, dada a sua alta representatividade na produção de óleos vegetais no Brasil. Entretanto, a TOC demonstrou que existem outras matérias-primas que podem contribuir com o aumento do lucro global desse mercado, desde que se pondere a expansão da produção dessas oleaginosas. Ainda que a soja seja tradicionalmente cultivada em grande escala na maior parte das regiões brasileiras, outras culturas não tradicionais poderiam ter suas participações ampliadas. Cabe salientar que não só

o estudo de alternativas de matérias-primas para essa nova matriz energética, como o próprio mercado de biodiesel ainda estão em desenvolvimento. As análises do presente trabalho demonstram a possibilidade de utilização da teoria das restrições.

Sugerem-se novos estudos que possam alavancar o uso de algodão na produção do biodiesel em maiores escalas.

Recomenda-se para futuras pesquisas a aplicação da TOC em análises comparativas utilizando todas as matérias-primas fornecedoras de óleos vegetais para um mercado de biodiesel a 5% ou 20%.

10. Referências

AGARWAL, A. K.. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, Oxford, n. 33, p. 233-271, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/pecs>. Acesso em: 19 ago 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (BRASIL). Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 9 fev. 2008.

ALI, Y.; HANNA, M. A. Alternative diesel fuels from vegetable oils. *Bioresource Technology*, Londres, n. 50, p. 153-163, 1994. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/enpol>. Acesso em: 19 ago 2008.

AMORIM, P. Q. R. *Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação*. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 19 ago 2008.

BIODIESEL. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 9 fev. 2008.

BOLETIM MENSAL DOS COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS. Brasília, DF, n. 1, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.cdes.gov.br/exec/notainformativa>>. Acesso em: 27 fev 2008.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/lei11097_13jan2005.pdf> Acesso em: 07 abr. 2008.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. *Quanto custa produzir biodiesel?*. São Paulo, 2006. Disponível em:<<http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao>>. Acesso em 29 ago. 2008.

CIA, J. N. S.; CIA, J. C.; MARQUES, J. A. V. C. Planejamento e controle do custo industrial: uma aplicação da teoria das restrições. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, EnANPAD, 1997. *Anais...* Rio de Janeiro: ANPAD, 1997. 1 CD-ROM.

COGAN, S. *Contabilidade gerencial: uma abordagem da teoria das restrições*. São Paulo: Saraiva, 2007.

DALL'AGNOL, A. *Alimentos e energia na era biodiesel*. Brasília, DF: EMBRAPA, [200-]. Disponível em: <<http://midia.rpc.com.br/Biodiesel.PPT>>. Acesso em: 9 fev 2008.

EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 29 mar. 2008.

FASSBINDER, J. A. *Teoria das restrições: estudo da utilização da contabilidade de ganhos no processo de administração de marketing*. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2008.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. *A meta: um processo de melhoria contínua*. Tradução de Thomas Corbett Neto. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

_____. FOX, R. E. *A corrida pela vantagem competitiva*. Tradução Claudiney Fullmann. São Paulo: Educator, 1994.

_____. *A síndrome do palheiro: garimpendo informação num oceano de dados*. São Paulo: C. Fullman, 1991.

GUERREIRO, R. *A meta da empresa: seu alcance sem mistérios*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

KHALIL, C. N. As tecnologias de produção de biodiesel. In: FERREIRA, José Rincón; CRISTO, Carlos Manuel Pedroso Neves. *O futuro da indústria: biodiesel: coletânea de artigos*. Brasília, DF: MDIC, 2006. p. 83-90. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/ofuuturodaindustria%20-%20Biodiesel.pdf>>. Acesso em: 9 fev. 2008.

LUCHI, O. A contribuição da teoria das restrições para o processo de compras das organizações militares do Exército Brasileiro. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30, 2006, Salvador. *Anais...* Salvador: ANPAD, 2006. 1 CD-ROM.

MARQUES, J. A. V. C.; CIA, J. N. S. Teoria das restrições e contabilidade gerencial: interligando contabilidade à produção. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.38, n.3, p. 34-46, jul./set. 1998.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. São Paulo: Atlas, 2008.

OLIVÉRIO, J. L. O programa brasileiro de biodiesel na visão da indústria de equipamentos. In: FERREIRA, José Rincón; CRISTO, Carlos Manuel Pedroso Neves. *O futuro da indústria: biodiesel: coletânea de artigos*. Brasília, DF: MDIC, 2006. p. 105-126. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs>>. Acesso em: 9 fev 2008.

PARENTE, E. J. S. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Unigráfica, 2003.

PEREIRA, A. N. *Financiamento e rentabilidade da cadeia do biodiesel no Brasil: um caso sob a hipótese de inovação financeira*. p.112 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Administrativas e Contábeis)- Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de Ciências Administrativas e Contábeis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

_____.; LIMA, L. C. O. Caracterização e estudo da rentabilidade na cadeia do biodiesel: um estudo de caso (2006 a 2007). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 56, 2008, Rio Branco. *Anais eletrônicos...* Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/844.pdf>>. Acesso em 22 de setembro de 2008.

Portal Goldratt Consulting. Disponível em: <<http://www.goldrattgroup.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2009.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2502.pdf>>. Acesso em 22 set. 2008.

SANTOS, O. M. ; SILVA, P. D. A.; FURTADO, K. G. ; COGAN, S. A teoria das restrições no processo de refino de petróleo. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 6., 2006, São Paulo. *Anais eletrônicos...* São Paulo: FEA. USP, 2006. Disponível em: <<http://www.congressoeac.locaweb.com.br/artigos62006/216.pdf>>. Acesso em 22 de set 2008.

SEBRAE. *Biodiesel*. 2007. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/\\$File/NT00035116.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/$File/NT00035116.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2007.

APÊNDICE

Restrições como Sub-Ocupação da Capacidade das Plantas de Biodiesel Brasileiras

Quadro 10 - A ociosidade como evidência de gargalos na cadeia de produção do biodiesel no Brasil

Usina	Localidade	Capacidade (m3/mês)	Produção (m3/mês)	Ocupação (1/2)
CARAMURU	São Simão/GO	9.375,0	8.695,0	92,7%
BRASIL ECODIESEL	Iraquara/BA	9.000,0	7.873,6	87,5%
COOPERBIO	Lucas do Rio Verde/MT	250,0	195,9	78,4%
BRASIL ECODIESEL	Rosário do Sul/RS	9.000,0	6.358,6	70,7%
BRASIL ECODIESEL	São Luis/MA	9.000,0	6.313,9	70,2%
BRASIL ECODIESEL	Porto Nacional/TO	9.000,0	4.738,0	52,6%
GRANOL	Anápolis/GO	10.175,0	5.132,0	50,4%
BRASIL ECODIESEL	Crateús/CE	9.000,0	3.992,3	44,4%
COMANCHE	Simões Filho/BA	8.375,0	2.476,9	29,6%
BRASIL ECODIESEL	Floriano/PI	6.750,0	1.607,0	23,8%
BIOCAPITAL	Charqueada/SP	20.600,0	1.652,7	8,0%
COOAMI	Sorriso/MT	250,0	19,2	7,7%
FERTIBOM	Catanduva/SP	1.000,0	67,2	6,7%
BSBIOS	Passo Fundo/RS	8.625,0	399,6	4,6%
AGROPALMA	Belém/PA	2.000,0	53,6	2,7%
ARAGUASSÚ	Porto Alegre do Norte/MT	2.500,0	66,2	2,6%
BIOVERDE	Taubaté/SP	6.686,0	6,9	0,1%
SUBTOTAL		121.586,0	49.648,60	40,8%
Outras 36 USINAS	Variadas localidades	114.737,5	0,0	0,0%
TOTAL		236.323,5	49.648,60	0,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de Pereira (2008).

Comentário: Verifica-se uma subutilização da capacidade instalada para o biodiesel. A busca da plena capacidade produtiva e a reavaliação dos mecanismos de preços são ações que podem potencializar a rentabilidade do setor.