

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO – EESP

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIS DE QUEIRÓZ” – ESALQ / USP

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA

DARIO DE CARVALHO E MELLO JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE ACETATO DE ETILA EM BIORREFINARIA,  
UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE**

São Paulo  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Mello Júnior, Dario de Carvalho e.

Produção de acetato de etila em biorrefinaria, uma análise de viabilidade /  
Dario de Carvalho e Mello Júnior. - 2010.  
59 f.

Orientador: Paulo Furquim de Azevedo.

Dissertação (mestrado) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Indústria química -- Brasil. 2. Indústria química – Aspectos econômicos -- Brasil. 3. Álcool – Indústria – Brasil. 4. Acetato de etila – Aspectos econômicos . I. Azevedo, Paulo Furquim de. II. Dissertação (mestrado) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 661.72(81)

DARIO DE CARVALHO E MELLO JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE ACETATO DE ETILA EM BIORREFINARIA,  
UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da fundação Getúlio Vargas – EESP- FGV, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em agroenergia.

Campo de conhecimento: Competitividade e análise de viabilidade econômica de um projeto em agroenergia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Furquim de Azevedo

São Paulo  
2010

## DEDICATÓRIA

Para minha esposa, Gisleine, e minhas filhas, Gabriela e Taís, que durante os últimos trinta meses tiveram compreensão e carinho especial pela minha ausência e preocupação na busca da conquista de um sonho em minha vida.

Dedico a elas meu carinho, amor e solidariedade.

E a todos aqueles que diretamente ou indiretamente estiveram presentes nesse período, dedico as seguintes frases:

“A mente humana, uma vez ampliada por uma nova idéia, nunca mais volta ao tamanho original” – Oliver Wendell Holmes

“Faça as coisas o mais simples que puder, porém não as mais simples” – Einstein

E este poema de Fernando Pessoa:

“Não basta abrir a janela

Para ver os campos e o rio.

Não é bastante não ser cego

Para ver as árvores e as flores.

É preciso também não ter filosofia nenhuma.

Com filosofia não há árvores: há idéias apenas.

Há só cada um de nós, como uma cave.

Há só uma janela fechada, e todo mundo lá fora;

E um sonho do que se poderia ver se a janela se abrisse,

Que nunca é o que se vê quando se abre a janela”

## **AGRADECIMENTOS**

A todos os colegas de minha turma do mestrado profissional em agroenergia, pelo apoio e contribuição ao longo de todo o curso.

A todos os professores que participaram e me apoiaram ao longo neste mestrado profissional em agroenergia.

Ao corpo diretivo e funcionários, que direta e indiretamente estiveram juntos ao longo deste curso da Fundação Getúlio Vargas (FGV), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Ao Sr. Mario Portela, gerente-geral da Lyondellbasell – Estados Unidos da América –, pelo apoio e motivação e por acreditar em minhas idéias de que a existência de alternativas energéticas renováveis na fabricação de produtos químicos é potencialmente viável.

Ao Sr. Venki Chadrashkar, gerente de desenvolvimento de novos negócios da Lyondellbasell – Estados Unidos da América –, pelo apoio nos estudos realizados para validar a competitividade da cadeia energética da cana-de-açúcar na fabricação de produtos químicos.

Ao Sr. Alexandre Manfredi, diretor-geral da empresa Cloroetil Solventes Acéticos S.A., pela disponibilidade de tempo e informações para o apoio ao projeto de minha dissertação.

E ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Furquim de Azevedo.

## RESUMO

O estudo aqui apresentado tem como objetivo mostrar que a competitividade da indústria química brasileira pode ser revista por meio do desenvolvimento da área química a partir dos recursos naturais renováveis e de alto desempenho de produtividade, aqui representado pela cana-de-açúcar. A base deste estudo analisa a competitividade econômica da produção do acetato de etila, utilizando o etanol como única matéria-prima, sendo o Brasil um grande exportador e, ao mesmo tempo, detentor de um mercado interno forte quando comparado a outros países desenvolvidos. O acetato de etila exportado representou 52% da capacidade nominal instalada no Brasil no ano de 2008. No Brasil existem três ofertantes, mas apenas um produtor é exportador. Todos usam a esterificação como tecnologia de produção, via reação do ácido acético e etanol, sendo o ácido acético largamente importado. O estudo tem como premissa que a competitividade do acetato de etila no Brasil seja dada pelo etanol, que aqui é produzido pela fermentação do caldo de cana-de-açúcar. Já a tecnologia de esterificação é conhecida e de domínio público mundial, e o ácido acético é uma commodity petroquímica com preço referenciado globalmente. Argumenta-se neste trabalho que a competitividade do acetato de etila decorre da *linkage* com a produção de etanol de cana-de-açúcar, o que coloca o Brasil como grande potencial exportador desse produto. Utilizando a tecnologia de desidrogenação do etanol, pode-se obter acetato de etila utilizando-se apenas o etanol como matéria-prima, reduzindo-se assim a necessidade de importação de ácido acético, que representaria redução anual do déficit da balança comercial petroquímica brasileira em aproximadamente meio bilhão de dólares e, ademais, permitindo que o acetato de etila produzido no Brasil seja ainda mais competitivo. A partir deste estudo é possível avaliar, por analogia, a competitividade de outros produtos químicos produzidos a partir da matriz cana-de-açúcar, tais como eteno, lubrificantes, plásticos etc. Tal caminho permite criar um novo marco para a indústria química brasileira, com conseqüente redução da dependência de petróleo e gás natural.

**Palavras-chave:** Acetato de Etila. Etanol. Alcoolquímica. Biorrefinaria.

## ABSTRACT

The study aims to demonstrate the chemical Brazilian industry competitiveness that can be reviewed through the chemical development based on renewable natural resources with high productivity performance, represented here by sugar cane. This study is based on economic competitiveness analysis to produce ethyl acetate, using ethanol as the main raw material, where Brazil is ethyl acetate exporter and in the same time, the Brazilian internal market is strong when compared with others developed countries. Ethyl acetate exported represents 52% of the nameplate Brazilian installed capacity in 2008. There are 3 producers in Brazil, but just one export. All ethyl acetate producers use the same production technology, esterification, made from a reaction between acetic acid and ethanol. That acetic acid is widely imported by the biggest ethyl acetate exporter. The assumption used by this study is that the ethyl acetate competitiveness is given by ethanol, where it is produced by fermentation of the sugar cane juice, in Brazil. Now the esterification technology applied is well known worldwide and the acetic acid is a petrochemical commodity that follows the international price. So Brazil is an ethyl acetate exporter player because of the ethanol competitiveness, that it is produced from sugar cane. Moving to ethanol deshydrogenation technology we can produce ethyl acetate using only ethanol as raw material, reducing the importation requirements of acetic acid, that it represents an annually reduction around of 0,5 billion dollars in the Brazilian petrochemical trade balance and getting a ethyl acetate more competitive that is currently produce here in Brazil. From this study on we can think about others chemical products that could be produced from the sugar cane matrix, like, ethylene, plastics, lubricants etc., creating a new reference for the chemical Brazilian industry and reducing the current dependency of oil and natural gas.

**Keywords:** Ethyl Acetate. Ethanol. Alcohol Chemical Chain. Biorefinery.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Esquema 1 – Modelo de biorrefinaria para produção de acetato de etila	27
Esquema 2 – Quadro-resumo das tecnologias de produção de acetato de etila	33
Esquema 3 – Descrição do processo de desidrogenação do etanol	35
Fórmula 1 – Descrição do processo de esterificação	33
Fórmula 2 – Descrição do processo de adição direta	37
Fórmula 3 – Descrição do processo Tischenko	39
Gráfico 1 – Balança comercial da indústria química brasileira	13
Gráfico 2 – Demanda de nafta no Brasil	14
Gráfico 3 – Evolução da produção de gás natural no Brasil	15
Gráfico 4 – Porcentagens das aplicações do acetato de etila (ano de 2009)	21
Gráfico 5 – Porcentagens das aplicações do acetato de etila (ano de 2014)	22
Gráfico 6 – Fluxo de caixa do projeto	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2.1 – Consumo aparente de ácido acético no Brasil	25
Tabela 4.1.1 – Principais regiões globais produtoras de acetato de etila	29
Tabela 4.1.2 – Principais produtores mundiais de acetato de etila	30
Tabela 4.2.1 – Produtores brasileiros de acetato de etila	30
Tabela 4.2.2 – Produtores brasileiros de ácido acético	31
Tabela 4.2.3 – Demanda brasileira de acetato de etila	31
Tabela 4.2.4 – Tecnologias utilizadas para a produção de acetato de etila	32
Tabela 5.1.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de esterificação	34
Tabela 5.2.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de desidrogenação do etanol	36
Tabela 5.3.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de adição direta	38
Tabela 5.4.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia Tischenko	40
Tabela 5.5.1 – Quadro comparativo dos custos de produção das tecnologias de produção do acetato de etila	41
Tabela 6.1.1.1 – Cálculo de preço acetato de etila	46
Tabela 6.1.1.2 – Quadro-resumo das premissas usadas no projeto	47
Tabela 6.1.2.1 – Quadro dos resultados do projeto	49
Tabela 6.1.2.2 – Quadro de sensibilidade do projeto	51

## LISTA DE SIGLAS

ABIQUIM – Associação da Indústria Química Brasileira

ALCOOLQUÍMICA – Segmento da indústria química que utiliza etanol como matéria prima para a produção de produtos químicos

ANP – Agência Nacional do Petróleo

ARA – Antuérpia, Roterdã e Amsterdã, portos de cidades em que são referenciados preços de algumas commodities petroquímicas

BIORREFINARIA – Unidades industriais que utilizam biomassa como matéria-prima transformando-a em bicomcombustíveis e/ou produtos químicos e/ou energia elétrica. Conceito análogo às refinarias de petróleo.

CAPEX – Capital Expenditure (Despesas de capital)

CMPC - Custo Médio Ponderado de Capital

COMPERJ – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro

CV – Custo Variável de Produção

GÁS NATURAL – mistura de hidrocarbonetos leves encontrada no subsolo, na qual o metano tem participação superior a 70 % em volume; os outros principais componentes do gás natural são o etano e propano. A composição do gás natural pode variar bastante dependendo de fatores relativos ao campo em que é produzido, processo de produção, condicionamento, processamento e transporte. O gás natural é um combustível fóssil e energia não-renovável.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISBL – Inside Battery Limits; significa que dado equipamento está dentro da área do projeto, neste caso, do investimento. Normalmente diretamente ligado ao processo produtivo (exemplos: reatores, trocadores de calor colunas de destilação etc.)

LAJIDA – Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciações e Amortizações (ou em inglês EBITDA – Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization)

LAJIR – Lucro Antes dos Juros e Imposto de Renda (ou em inglês EBIT – Earnings Before Interest and Taxes)

MDL – Benefício de Crédito de Carbono

MEK – Metiletilcetona

MIBK – Metilisobutilcetona

MPG – Monopropileno glicol

NAFTA - A nafta é um líquido incolor, com faixa de destilação próxima à da gasolina, sendo um derivado de petróleo utilizado principalmente como matéria-prima da indústria petroquímica na produção de eteno e propeno, além de outras frações líquidas, como benzeno, tolueno e xilenos.

OSBL – Outside Battery Limits; significa que dado equipamento não está dentro da área do projeto, neste caso, do investimento. Normalmente ligado às áreas de apoio ao processo produtivo (exemplos: tanques de armazenagem de produto final e matérias-primas, área para carga e descarga etc.)

PET – Polietileno Tereftalato

PETRÓLEO – é uma combinação complexa de hidrocarbonetos, composta na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. O petróleo é um combustível fóssil e uma energia não-renovável.

PIB – Produto Interno Bruto

PLÁSTICO - material orgânico polimérico sintético, de constituição macrocelular, dotada de grande maleabilidade (que apresenta a propriedade de adaptar-se a distintas formas), facilmente transformável mediante emprego de calor e pressão e que serve de matéria-prima para a fabricação dos mais variados objetos:

vasos, toalhas, cortinas, bijuterias, carrocerias, roupas, sapatos.

PSA – Pressure Sensitive Adhesive (Adesivo Sensível à Pressão)

TIR – Taxa Interna de Retorno

VOC – Volatile Organic Compound (Composto Orgânico Volátil)

VPL – Valor Líquido Presente

## SUMÁRIO

<b>Agradecimentos</b>	
<b>Resumo</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Lista de Ilustrações</b>	
<b>Lista de Tabelas</b>	
<b>Lista de Siglas</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 A INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA: UMA SÍNTESE</b>	<b>13</b>
2.1 Indústria química mundial – breve histórico	17
2.2 Crise de abastecimento no Brasil	18
<b>3 INTRODUÇÃO AO ACETATO DE ETILA</b>	<b>20</b>
3.1 Principais Aplicações	21
3.2 Produção de Acetato de Etila no Brasil	24
<b>4 MERCADO DE ACETATO DE ETILA</b>	<b>28</b>
4.1 Mercado Internacional	28
4.2 Mercado brasileiro	30
<b>5 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ACETATO DE ETILA</b>	<b>32</b>
5.1 Esterificação	33
5.2 Desidrogenação do etanol	35
5.3 Adição direta	37
5.4 Método Tischenko	39
5.5 Comentários sobre as tecnologias estudadas	41
<b>6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>42</b>
6.1 Premissas econômicas da estruturação do fluxo de caixa do projeto	42
6.1.1 Estudo de viabilidade	43
6.1.2 Resultados econômicos	48
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO A – FLUXO DE CAIXA DO PROJETO ACETATO DE ETILA</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria petroquímica brasileira apresenta déficits recorrentes e de grande monta na balança comercial. Uma das principais razões para tanto é a indisponibilidade de produtos e os preços elevados no mercado nacional quando comparados aos de regiões exportadoras de produtos químicos e das duas principais matérias-primas para a indústria petroquímica, nafta e gás natural.

Em contrapartida, o Brasil apresenta elevada disponibilidade e custos competitivos de biomassa, mais precisamente cana-de-açúcar, sugerindo elevado potencial de desenvolvimento do setor químico a partir do etanol. Uma ampla gama de produtos da chamada alcoolquímica constitui nova e relevante oportunidade de negócios para a econômica brasileira.

Este estudo contempla o acetato de etila, um dos poucos produtos químicos de que o Brasil é exportador, analisando a viabilidade de implantação de uma tecnologia que favoreça principalmente a utilização do etanol como matéria-prima e aumente a competitividade do acetato de etila no mercado global.

As principais tecnologias para a produção do acetato de etila estudadas nesta monografia são desidrogenação do etanol e esterificação. Porém também serão analisadas outras tecnologias de produção, tais como adição direta de eteno, pela importância determinante da competitividade do acetato de etila na Europa, região destino de grande parte das exportações brasileiras deste produto, e o método de Tischenko.

Este estudo realiza uma comparação da competitividade na produção de acetato de etila no Brasil, a partir do etanol originado da cana-de-açúcar, versus cadeia produtiva derivada do petróleo, levando em consideração os principais pontos críticos que impactam a competitividade de ambas as cadeias.

O estudo define as variáveis-chave que influenciam a estruturação de custos de produção e investimentos, abordando principais tecnologias, consumo específico e rendimento do processo produtivo, identificação das etapas-chave do processo industrial e custo de capital.

A análise teórica deste trabalho passa por uma conceituação financeira, de ferramentas de gestão de negócios e processo de produção industrial e estatística, fornecendo os principais fundamentos para a análise de viabilidade econômica. Adicionalmente, com a finalidade de conferir robustez às conclusões, é apresentada uma análise de sensibilidade quanto à variação dos principais pontos críticos que afetam a viabilidade econômica, como variação de preço de matéria-prima e do produto final e variação do custo de capital.

A investigação deverá confirmar ao longo deste estudo que a matriz renovável com origem na cana-de-açúcar apresenta maior competitividade, ambiental e econômica, quando comparada à rota de produção que utiliza o petróleo e derivados na produção do acetato de etila.

As informações necessárias para a consecução deste estudo foram obtidas por meio de imersão do pesquisador no objeto deste estudo. O estudo se beneficiou da experiência do pesquisador como engenheiro de produção em processos industriais da unidade de acetato de etila e acetato de butila em empresa líder no setor e como responsável da área de negócios dos solventes oxigenados, que inclui o produto acetato de etila. Ainda, o pesquisador realizou entrevistas semiestruturadas com um produtor local de acetato de etila e um fornecedor de tecnologia.

O trabalho inicialmente traz uma visão geral da indústria química brasileira, fraquezas e potencialidades, bem como realiza uma introdução ao produto acetato de etila, principais aplicações, taxas de crescimento de mercado, tanto no âmbito brasileiro como internacional. Para melhor entendimento na obtenção de maior competitividade na produção de acetato de etila, o estudo aborda as principais tecnologias utilizadas e realiza uma análise geral de resultados quanto a custos envolvidos no processo de produção.

A estruturação de viabilidade econômica utilizando a desidrogenação do etanol – tecnologia que demonstra maior vantagem de custos, dadas as condições de oferta de etanol no Brasil – passa pelas premissas básicas que estruturam o projeto de investimento da nova unidade de produção de acetato de etila proposta neste estudo, compara os resultados econômicos obtidos e percebe oscilações quando são alteradas as variáveis críticas de análise.

## 2 A INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA: UMA SÍNTESE

Primeiramente será proposta uma análise geral da potencialidade da alcoolquímica como nova forma de negócio e geração de riqueza para o setor sucroenergético e uma análise específica do mercado químico, que abre uma porta para novos horizontes dentro da relevante cadeia química produtiva brasileira.

A indústria química nacional faturou em 2008 USD 122 bilhões, em termos líquidos, crescimento de 17,9% sobre 2007, atingindo de acordo com dados do IBGE (2000, p. 135 e 60) a participação de 3,1% no PIB brasileiro. O mercado químico brasileiro apresentou déficit comercial de USD 23,2 bilhões naquele ano, quando as importações totalizaram USD 35,09 bilhões, segundo a Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim). O déficit ocorrido no ano de 2008 apresentou evolução de 75% sobre 2007, o que pode evidenciar falta de investimento e de competitividade no setor para suprir a demanda do mercado brasileiro (Abiquim, 2008).

O Gráfico 1 a seguir mostra a evolução do déficit da indústria química brasileira, segundo a Abiquim.

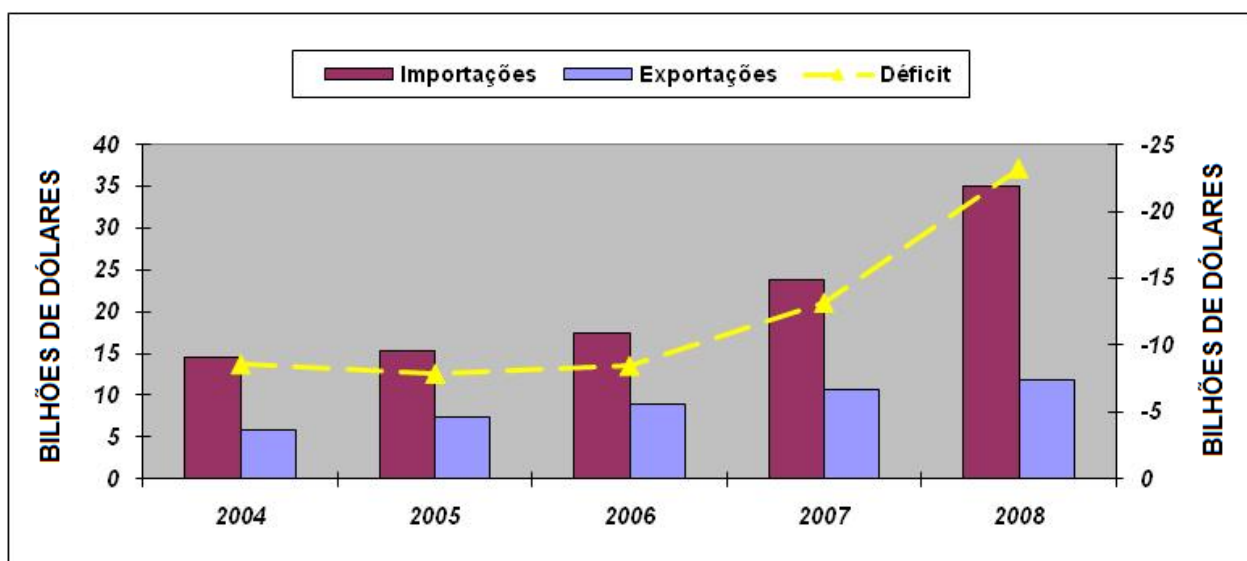


Gráfico 1 – Balança comercial da indústria química brasileira

Fonte: ABIQUIM, 2008, p. 20



A estrutura de produção da indústria química brasileira tem como matéria-prima básica a nafta, originada do petróleo, e o gás natural. A produção de nafta não atende à demanda local e existe necessidade de importação deste insumo básico. Nafta é um dos principais produtos responsáveis pelo déficit na balança comercial brasileira, tendo representado em 2008 cerca de 20% do volume importado e em 2007 26% (ANP, 2009, p. 113).

Como se pode verificar no Gráfico 2, a principal matéria-prima da indústria química brasileira vem do exterior, sendo que nos últimos anos mais de 30% da necessidade nacional de nafta é atendida por produto importado.

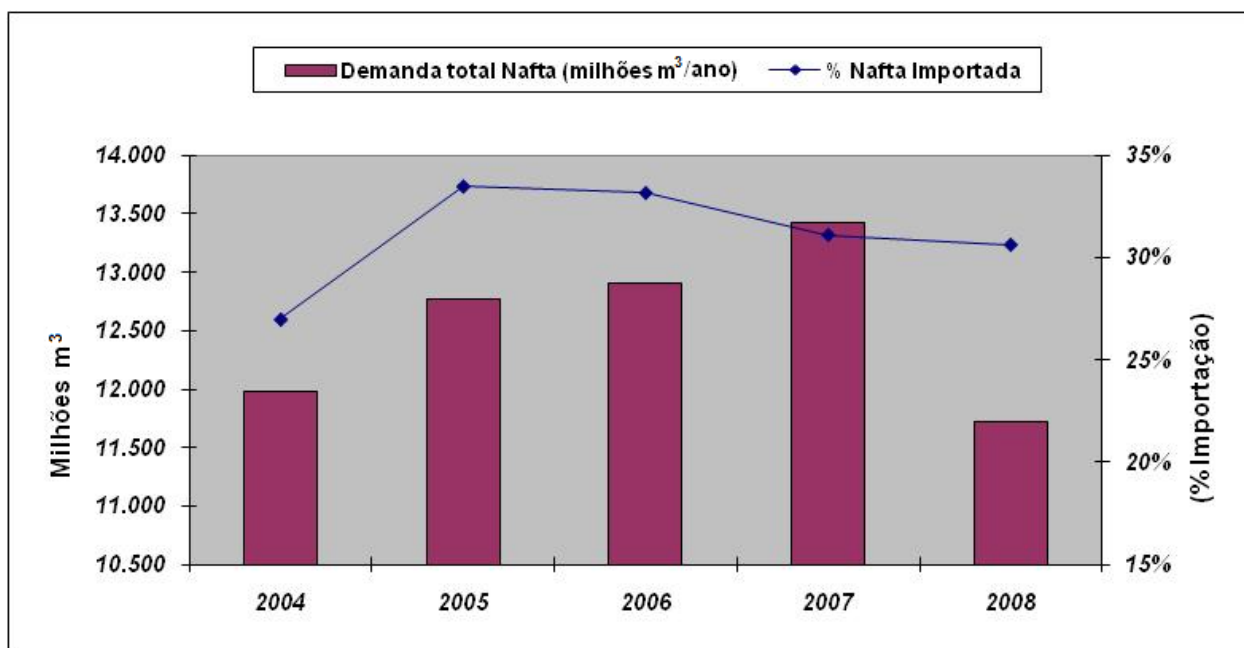


Gráfico 2 – Demanda de nafta no mercado brasileiro

Fonte: ANP, 2009

O preço da nafta está associado ao preço internacional de petróleo, e a referência usada para precificação é o preço da nafta originado na Europa, conhecido como preço ARA – região que compreende as cidades de Antuérpia, Roterdã e Amsterdã. A nafta representa importante commodity internacional, cuja vantagem competitiva na compra é considerada nula para o Brasil, ou seja, o custo de produção dos derivados de nafta no Brasil não traz vantagem competitiva alguma em comparação a outros países que utilizam a nafta como matéria-prima e a exportam.

Já o gás natural, outra matéria-prima importante para a indústria química, está sendo direcionado prioritariamente para a produção de energia. A disponibilidade de gás natural para produção na indústria química é muito restrita. A necessidade de processamento em um único polo produtor de eteno é de aproximadamente 15 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás natural para obter etano suficiente para uma central petroquímica produzir 700.000 toneladas por ano de eteno<sup>1</sup>, uma capacidade mediana, visto que as novas unidades geram em torno de 1,5 milhão de toneladas por ano.

Em 2008, o Brasil produziu 59,2 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás natural, sendo que o Rio de Janeiro foi responsável por 40,6% desse total, seguido do Amazonas com 17,3%, Bahia com 15,6%, Espírito Santo com 13% e os restantes seis estados produtores com 13,6% de participação. Assim sendo, a disponibilidade de gás natural para a indústria química atualmente é restrita e considerada pela Petrobras, única empresa produtora de gás natural no Brasil (ANP, 2009).

O Gráfico 3 mostra a evolução de produção brasileira de gás natural.

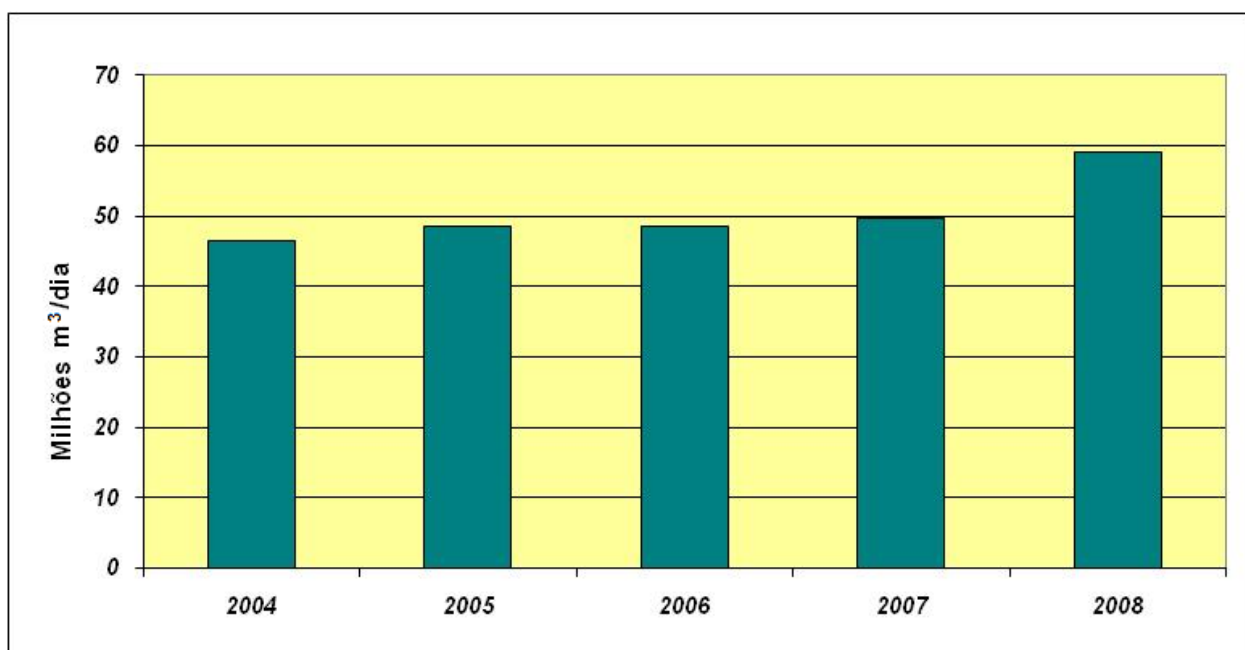


Gráfico 3 – Evolução da produção de gás natural no Brasil (2004-2008)

Fonte: ANP, 2009, p. 75

<sup>1</sup> MONTENEGRO, R.S.P.; PAN, S.S.K. Gás natural como matéria-prima para a produção de eteno no Estado do Rio de Janeiro. n.º. 12. **Revista BNDES**, 2000, p. 135-60.

Logo, pode-se observar pelo que foi dito que todo o crescimento da indústria química brasileira passa, pela oferta atual, pela disponibilidade e competitividade de nafta e gás natural.

Sendo a indústria química muito importante para a economia brasileira e apresentando déficit comercial estrutural, pois o setor não cresce mesmo com a demanda em expansão porque nenhum investimento pode ser feito se não há retorno, já que não há acesso à disponibilidade local de matéria-prima nem preço competitivo. Isso significa que o Brasil está importando empregos, pois ao importar produtos os empregos estão nos produtores que exportam para o Brasil e não aqui, entre outros fatos, e que investimentos produtivos privados para a redução do déficit comercial estão sendo comprometidos pela baixa competitividade das principais matérias-primas correntes.

Uma das saídas possíveis que há para essa inércia é intensificar a produção de petróleo e derivados – nafta e gás natural –, aumentando a oferta e reduzindo o preço para o mercado brasileiro, ainda muito dependente da Petrobras, ou pelo desenvolvimento da álcoolquímica, estruturada em modelos de biorrefinarias.

Como a solução pelo investimento em biorrefinarias é mais barata, vide reportagens que mencionam o investimento da Dow ao redor de USD 1 bilhão contra respectivo investimento no Comperj<sup>2</sup> de USD 8,4 bilhões (PETROBRAS, 2010), além de ser renovável e ambientalmente correta, a indústria química nacional poderá tornar-se independente das forças atuais que modelam e estruturam esse setor da economia brasileira.

Por meio da competitividade da matriz produtiva baseada na cana-de-açúcar e pela dissociação da relação direta do valor da energia relacionada ao petróleo, poder-se-á criar uma nova matriz energeticamente independente e competitiva para as necessidades do mercado brasileiro. Além de a nova cadeia produtiva permitir a geração de benefícios derivados da redução de emissão de gases efeito estufa.

---

<sup>2</sup> COMPERJ: sigla de Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro.

## 2.1 Indústria química mundial – breve histórico

A indústria química mundial se desenvolveu a partir de duas fontes distintas. A primeira foi a indústria química alemã, desenvolvida por químicos a partir do carvão, em unidades pequenas e médias, na segunda metade do século XIX. Já a segunda fonte foi a indústria química norte-americana, desenvolvida por engenheiros químicos a partir do petróleo, em unidades de grande porte, cuja expansão se deu a partir da segunda metade do século XX.

A estrutura da indústria petroquímica utilizada pode ser resumida da seguinte maneira<sup>3</sup>:

- a) refino de petróleo e gás natural, dando origem às matérias-primas;
- b) daí surge a primeira geração petroquímica, que corresponde a produtos básicos, tais como eteno – principal produto da indústria petroquímica –, propeno, butadieno, butenos, benzeno, tolueno, xilenos e outros. Estes são produzidos nas centrais petroquímicas ou, comumente, conhecidos como “crackers”;
- c) a segunda geração petroquímica corresponde aos produtos intermediários, tais como acrilonitrila, estireno, fenol, caprolactama etc., e finais, tais como polietilenos, polipropileno, poliestireno, cloreto de polivinila etc. – todos fabricados a partir dos produtos petroquímicos de primeira geração;
- d) a terceira geração petroquímica, resultante do processamento dos produtos da segunda geração petroquímica, corresponde à indústria de processamento ou de transformação, reunindo principalmente o processamento de plásticos, produção de pneumáticos, indústria têxtil, de artefatos de borracha, tintas e vernizes e outros segmentos (OLIVEIRA, 2006).

---

<sup>3</sup> OLIVEIRA, Adary. Polo petroquímico de Camaçari, industrialização, crescimento econômico e desenvolvimento regional, 2006.

## 2.2 Crise de abastecimento no Brasil

A base produtiva de um país depende de uma indústria química sólida e competitiva, indispensável para a viabilização de outros setores da economia.

Com base nas informações apresentadas anteriormente associadas às condições atuais de mercado, o Brasil estará diante de uma crise de abastecimento de eteno nos próximos anos. A demanda incremental de eteno no longo prazo é de 110.000 toneladas/ano para um crescimento anual de 3% do PIB, ou 160.000 toneladas/ano para um crescimento anual de 4,5% (PERRONE, 2003).

Segundo a Abiquim (2002), a crise se intensificará já a partir de 2010, o relatório aponta que as quatro centrais petroquímicas brasileiras não terão capacidade produtiva disponível para atender à demanda do mercado de eteno já em 2010, sendo que a demanda estimada no Brasil para este ano deverá estar entre 4,6 e 5,6 milhões de toneladas, com déficit previsto de 1 a 2 milhões de toneladas do produto.

Os dois únicos investimentos em curso no Brasil que aumentam a oferta de eteno são da Braskem, que em setembro de 2010 inaugurou uma planta para produzir a partir de etanol, com capacidade anual instalada em 200.000 toneladas; e o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), orçado em USD 8,4 bilhões, com data prevista para início de operação no ano de 2015, cuja produção anual estimada é 1,3 milhão de toneladas de eteno.

O conceito do Comperj está no refino e craqueamento do petróleo pesado produzido pela Petrobras, com capacidade de refino estimada entre 150.000 e 165.000 barris de petróleo por dia. Em uma análise mais rigorosa, e levando em consideração esse megainvestimento, o déficit de eteno continuará próximo de 700.000 toneladas em 2020.

Com base na situação acima desenhada, a indústria petroquímica brasileira tem na busca de novas tecnologias e fontes de matérias-primas ações de fundamental importância para valorização e desenvolvimento. A grande aquisição dessa iniciativa será o desenvolvimento do conceito de biorrefinaria, seja na produção de eteno, seja de energia, sejam produtos químicos em geral, que trarão para a sociedade brasileira

desenvolvimento econômico e ambiental<sup>4</sup>, redução de dependência significativa de importação e conseqüentemente redução do déficit da balança comercial química brasileira, além de investimentos e novos empregos.

A grande questão que recai sobre a alcoolquímica é a competitividade no longo prazo. A base de uma biorrefinaria utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima. A modelagem econômica da cadeia tem demonstrado a competitividade nos dias atuais, conforme resultados obtidos neste estudo e que serão mostrados mais adiante.

---

<sup>4</sup> Redução da emissão de gases efeito estufa pode gerar também benefícios na forma de créditos de carbonos, os quais, a depender do modelo regulatório prevalecente, poderão ser privadamente apropriados.

### 3 INTRODUÇÃO AO ACETATO DE ETILA

Acetato de etila é um solvente oxigenado muito utilizado na produção de adesivos à base de poliuretano e tintas à base de nitrocelulose e também como solvente extrator na indústria farmacêutica e principalmente na produção de tintas de impressão como solvente.

Existem muitos processos para a produção do acetato de etila, tais como esterificação entre etanol e ácido acético, condensação do acetaldeído, desidrogenação do etanol e adição direta do eteno ao ácido acético.

Os principais produtores mundiais do acetato de etila são a Ineos, com uma grande fábrica localizada no Reino Unido; a Celanese, com uma das fábricas localizada no México; a Showa Denko, no Japão; a Rhodia, no Brasil; e produtores chineses, tais como Shangahi Huayi, Jiangsu Sopo, Goldym Jinyimeng, que utilizam as tecnologias acima descritas (esterificação e adição direta). A China é o maior consumidor e produtor mundial de acetato de etila, cujo consumo no período de 1995 a 2005 cresceu 18,7% ao ano em média e cuja demanda projetada continuou forte no período de 2006 a 2010, com crescimento estimado de 7% ao ano.

O crescimento do solvente oxigenado acetato de etila deve-se, também, à substituição de equivalentes, como, por exemplo, solventes aromáticos e alguns solventes cetônicos, como metiletilcetona (MEK) e metilisobutilcetona (MIBK), mais agressivos ao meio ambiente, em razão da política ambiental dos governos de economias desenvolvidas, que vêm regulando e controlando as emissões que geram poluição do ar. Essa política estimula o uso de solventes e aplicações que reduzem ao máximo a emissão de compostos orgânicos voláteis ou “volatile organic compounds” (VOC). As principais aplicações que sustentam o crescimento do acetato de etila são adesivos para a indústria calçadista, tintas para indústria automotiva, moveleira, de impressão e de couro, porém, o crescimento futuro do acetato de etila será limitado pelas restrições ambientais nos países desenvolvidos, onde já é uma realidade, e nos países em desenvolvimento.

### 3.1 Principais aplicações

Em bases globais, o acetato de etila é utilizado como solvente em vários tipos de aplicação, como no mercado de tintas (52%), processos farmacêuticos e sínteses orgânicas (5%), tintas de impressão (13%) e outros, tais como adesivos e cosméticos, que totalizam os restantes 30%, conforme pode ser observado na Gráfico 4 (CEH, 2010).

Já a previsão de utilização do acetato de etila em 2014 terá pequenas alterações quanto à aplicação, em que o mercado de tintas representará 52% de utilização do produto, sínteses orgânicas (4%), tintas de impressão (13%) e outras aplicações (31%), conforme apresentado no Gráfico 5 (CEH, 2010).

A demanda do acetato de etila vem crescendo entre os solventes oxigenados pela competitividade econômica, compatibilidade ambiental e rotas confiáveis de produção. O produto no mercado de tintas tem a função de dissolver ou dispersar os constituintes da formação de filmes, que geralmente são as resinas. Ainda é utilizado para reduzir a viscosidade das tintas, facilitando a aplicação, manuseio, tempo de secagem e melhorando as propriedades de escoamento e inflamabilidade.

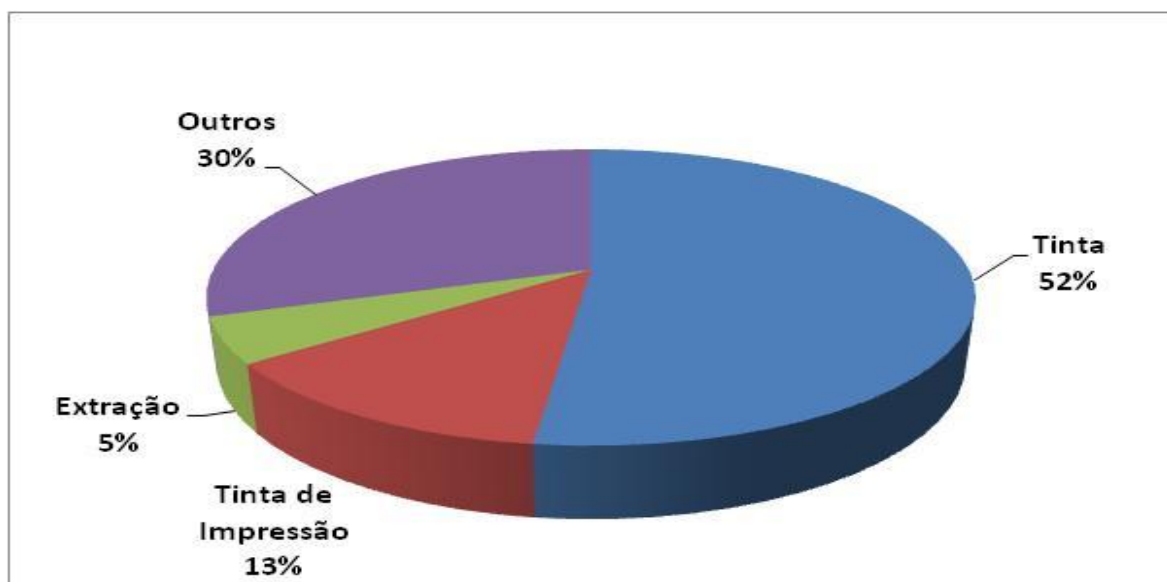


Gráfico 4 – Porcentagens das aplicações do acetato de etila (ano de 2009)  
Fonte: CEH, 2010



O acetato de etila, no segmento de tintas, é utilizado principalmente nas formulações de tintas epóxi, poliuretano, acrílicas e vinílicas, usadas para repintura automotiva, em vernizes para madeira, tintas marítimas, de manutenção e equipamentos agrícolas, incluindo-se tratores.

Neste tipo de aplicação, o acetato de etila vem perdendo espaço para tintas base água, tintas de alto teor de sólidos, tintas em pó e tintas bicomponentes, devido às restrições ambientais quanto à emissão de VOC. Logo, o acetato de etila neste segmento cresce, porém com taxas menores que o crescimento da economia de uma região ou do país como um todo.

O segmento de tintas no mercado do Brasil para o acetato de etila é bem significativo, pois, levando-se em conta a frota nacional de veículos – repintura automotiva –, a força do agronegócio brasileiro – produção de implementos e tratores –, a produção de móveis de madeira, a taxa de crescimento aqui é superior à de outras regiões desenvolvidas e maduras.

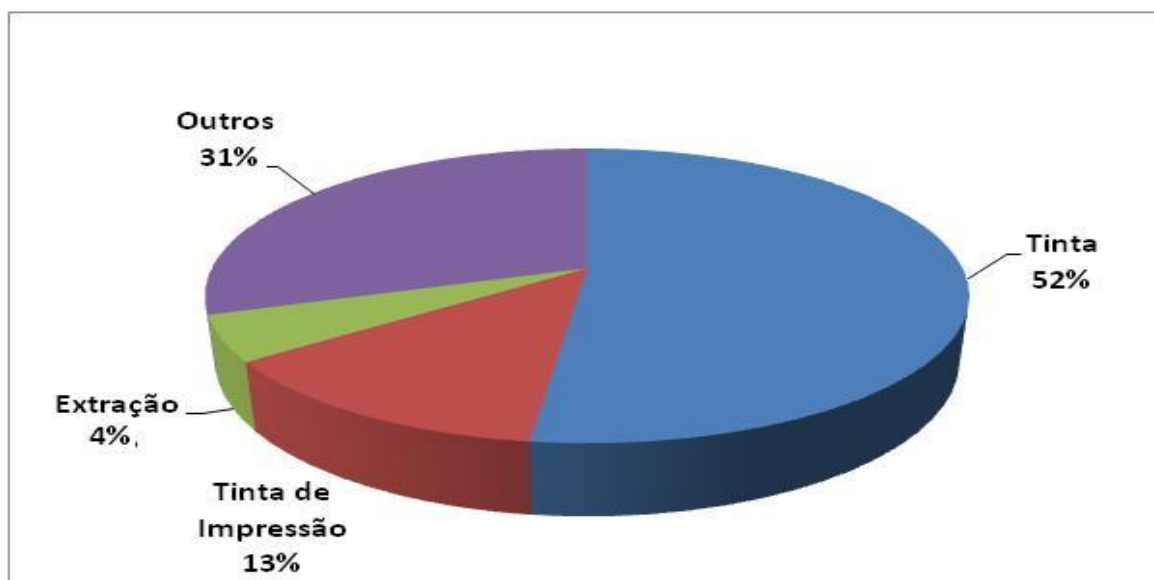


Gráfico 5 – Porcentagens de aplicações do acetato de etila (ano de 2014)

Fonte: CEH, 2010

O acetato de etila é o principal solvente utilizado na produção de tinta líquida de impressão, impressão flexográfica e rotogravura, em que a principal função é

dissolver as resinas, controlar a viscosidade e ajustar a taxa de evaporação do sistema solvente, ou seja, o tempo de secagem da tinta de impressão.

Já o sistema de impressão flexográfica tem no acetato de etila um dos principais solventes, porém o produto pode atacar a borracha flexográfica de impressão. Assim, o sistema de tinta base água é o mais usado no processo, porém o crescimento do sistema base água chegou à capacidade máxima de ocupação e não irá tirar mais mercado do sistema base solvente por razões de desempenho na aplicação.

O sistema de impressão por rotogravura é mais popular, pois é compatível aos cilindros metálicos usados no processo.

Aqui o sistema base água não tem eficiência na aplicação, pois afeta diretamente a eficiência do processo produtivo, em que o tempo de secagem é fundamental.

Conceituando sobre o significado de sistema base água, este é um sistema que utiliza, também, solventes orgânicos variando de uma concentração que vai de 10% a 40% em massa desses solventes no sistema base água para ajustar o tempo de secagem e a coalescência.

Já este segmento de mercado do Brasil é forte e bem representativo, pois o consumidor brasileiro é exigente na compra de produtos com embalagens que requerem cor e qualidade visual – por exemplo, produtos alimentícios e de higiene e limpeza –, que demandam maior consumo de tinta de impressão.

Aqui a taxa de crescimento também é superior à de outras regiões desenvolvidas e maduras. O acetato de etila ainda é usado em processos de extração de produtos farmacêuticos, fermentados e também como intermediário em sínteses. Este segmento de mercado no Brasil não é representativo.

Em outras aplicações, a mais relevante é o uso do acetato de etila como solvente para a produção de adesivos e selantes, adesivos à base de poliuretano, tanto para a produção de embalagens como para a indústria calçadista, para a produção de adesivo sensível à pressão (PSA) ou “pressure sensitive adhesive” em inglês.

Este segmento de mercado no Brasil é bem significativo e potencialmente crescente devido à força da indústria de embalagens e calçadista. A taxa de crescimento esperada aqui é superior à de outras regiões desenvolvidas e maduras.

### 3.2 Produção de acetato de etila no Brasil

Baseado nas informações apresentadas e associadas às condições de mercado, o Brasil está diante de uma sobre oferta de acetato de etila.

A demanda incremental de longo prazo é de 3.500 toneladas/ano para um crescimento de 4,7% ao ano, baseado em um mercado brasileiro de 75.000 toneladas por ano de acetato de etila.

Para o mercado de exportação, o crescimento médio é de 3% ao ano, que daria mais um incremento na produção de 2.400 toneladas ao ano, partindo de uma base de exportação de 80.000 toneladas por ano, em 2010 (ABIQUIM, 2009).

Com base nessa análise, o superávit de acetato de etila faz refletir sobre a competitividade brasileira na produção do acetato de etila e perseguir na busca de uma tecnologia que traga ao produto maior competitividade para a sobrevivência do negócio no longo prazo.

Esta nova busca também precisa valorizar e desenvolver tecnologias ligadas aos processos produtivos, que criarão uma demanda de mão-de-obra de alta qualificação, mecanismos de aporte de capital e otimização de custos e investimentos.

No Brasil, a produção de acetato de etila utiliza a tecnologia de esterificação, que é a reação entre ácido acético e etanol.

O Brasil importa ácido acético, que é produzido a partir de gás natural, importação que, em 2006, representou 77,4% do consumo brasileiro de ácido acético e, em 2007, 68,5% da demanda total do produto (ABIQUIM, 2009).

No país, a produção de ácido acético é realizada pelo uso de etanol como matéria-prima, e não se conhece nenhum anúncio de investimento para os próximos anos.

A Tabela 3.2.1 mostra a capacidade instalada, produção, importação, exportação e demanda de ácido acético no Brasil.

Tabela 3.2.1 – Consumo aparente de ácido acético no Brasil

<b>Ano</b>	<b>Capacidade de Produção</b>	<b>Produção (A)</b>	<b>Importação (B)</b>	<b>Exportação (C)</b>	<b>Consumo Aparente (A+B-C)</b>
	(ton/ano)	(ton/ano)	(ton/ano)	(ton/ano)	(ton/ano)
2003	62.000	31.178	95.798	872	126.104
2004	62.000	50.527	117.689	984	167.232
2005	62.000	54.926	108.166	1.675	161.417
2006	62.000	38.385	127.080	1.286	164.179
2007	62.000	52.905	104.065	5.009	151.961
2008	62.000	52.794	87.268	5.565	134.497

Fonte: ABIQUIM, 2009

O Brasil é grande exportador de acetato de etila dada a competitividade da tecnologia de esterificação que utiliza e da outra matéria-prima estratégica utilizada para a produção do acetato de etila, o etanol.

Logo, com uma nova tecnologia de produção de acetato de etila que utilize etanol como única matéria-prima estratégica, o processo proposto neste trabalho traz um novo conceito para a indústria local e pode perenizar o negócio pelo aumento da competitividade.

O novo conceito deverá trazer resultados econômicos e redução dos impactos socioambientais existentes atualmente nos setores que serão impactados nesta modelagem de negócio. Ainda, trará competitividade à indústria brasileira bem acima da atual posição da cadeia petroquímica nacional, ou seja, criará melhora significativa, dando acesso a novos entrantes, o que permitirá a realização de novos investimentos e incremento de produção, deixando a cadeia produtiva equilibrada perante a demanda apresentada pela economia regional.

O grande produto desta iniciativa será o desenvolvimento do conceito de biorrefinaria, em quem, por meio dos resultados obtidos, pode-se proceder a mudança de pensamento e criação de valor para toda uma nova cadeia química produtiva integrada à cana-de-açúcar.

Seja na produção de acetato de etila, que trará desenvolvimento econômico e ambiental, redução de dependência significativa de importação, para alguns produtos químicos, e consequentemente redução do déficit da balança comercial química brasileira, seja em termos de investimentos e novos empregos.

A grande questão que recai sobre a álcoolquímica e a biorrefinaria é a competitividade em longo prazo. Este complexo utiliza cana-de-açúcar como matéria-prima. A modelagem econômica da cadeia produtiva brasileira da cana-de-açúcar tem demonstrado boa competitividade nos dias atuais.

A cadeia de produção química que utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima gera maior valor agregado ao negócio sucroenergético do que a simples produção e comercialização de combustíveis.

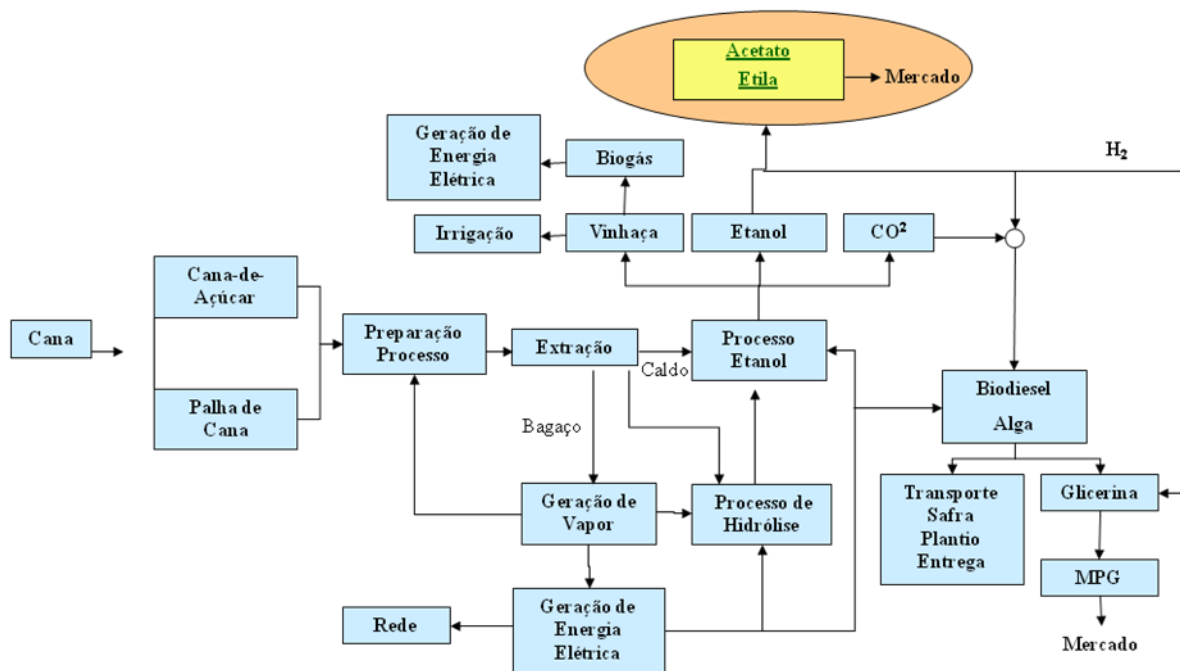
É possível atender à necessidade energética deste complexo industrial, que integra os processos de produção de cana-de-açúcar, etanol, etileno, polietileno e gás de síntese, com a biorrefinaria oferecendo o excedente de energia elétrica para a rede elétrica e comercializando gás de síntese com um complexo químico, que poderá produzir diesel, metanol ou uréia e polietileno.

Com a visão geral acima comentada, vê-se que a álcoolquímica pode ser considerada como nova forma de negócio e de geração de riqueza para o setor sucroenergético, diluindo a exposição ao risco dos produtores de açúcar e etanol para os negócios existentes atualmente, principalmente pela competitividade energética da cadeia química produtiva.

A álcoolquímica pode ser também entendida como uma forma de manter independência do setor químico na relação com as centrais petroquímicas e a Petrobras.

Logo, a partir dessa visão macro é que se irá aprofundar a análise deste tema.

A seguir, apresenta-se a proposta desta dissertação, que é a criação de um conceito uma biorrefinaria (Esquema 1) baseada na valorização e integração total da cana-de-açúcar e produtos derivados, com foco na análise da produção do acetato de etila. Vale lembrar que neste conceito abaixo mostrado não existe a produção de açúcar.



Esquema 1 – Modelo de biorrefinaria para produção de acetato de etila

Fonte: Elaboração do autor

## 4 MERCADO DE ACETATO DE ETILA

### 4.1 Mercado internacional

A capacidade de produção global anual do acetato de etila gira ao redor de 3,2 milhões de toneladas com demanda anual estimada em 1,8 milhão de toneladas, o que representa taxa de ocupação industrial de 56% (CEH, 2010), considerada muito baixa. Do que se depreende que algumas plantas produtivas somente operam quando há oportunidade de mercado, ficando pontualmente a oferta reduzida, o que eleva o preço do produto.

Unidades com capacidade de produção muito pequena, menores que 10.000 toneladas por ano e/ou que utilizam tecnologia de produção defasada em relação à respectiva capacidade de produção, devem ser desativadas em breve, principalmente as que utilizam a tecnologia de produção Tischenko, visto que adotam o eteno como matéria-prima, que tem custo de produção mais elevado que outras tecnologias (ver Tabela 4.2.4).

A taxa anual de crescimento do acetato de etila gira ao redor de 5%, podendo chegar a 7%, porém pode ser ainda maior em função do comportamento do mercado asiático, que teve consumo médio estimado de 1,792 milhão de toneladas no ano de 2009, o que representa 65% do consumo global, sendo a China o maior consumidor e produtor mundial, com consumo de 591.999 toneladas anuais e produção de 1,357 milhão de toneladas anuais respectivamente (CEH, 2010). O acetato de etila tem substituído, no mercado de tintas e adesivos, principalmente o MEK e o MIBK (CEH, 2010, p. 22).

Ainda sobre o preço do acetato de etila, analisando-se os últimos dez anos, percebe-se que o produto segue a variação do eteno e ácido acético. Atualmente, existem 22 países produtores de acetato de etila, com capacidade nominal conjunta de produção de 3,215 milhões de toneladas por ano.

A Rhodia acaba de anunciar um novo investimento na Arábia Saudita, em 06 de agosto de 2010, que passará a ser o 23º país produtor, com capacidade de 100.000 toneladas/ano e previsão de início de produção em 2013.

A tecnologia de produção a ser aplicada é a esterificação, com etanol exportado a partir do Brasil.

A Tabela 4.1.1 mostra a seguir as principais regiões produtoras de acetato de etila.

Tabela 4.1.1 – Principais regiões globais produtoras de acetato de etila<sup>5</sup>

<b>Regiões Produtoras (2009)</b>	<b>mil ton/ano</b>	<b>Participação (%)</b>
América do Norte	210	6,5
América Latina	222	6,9
Europa	383	11,9
Leste Europeu	112	3,5
África	55	1,7
Japão	300	9,3
China	1.357	42,2
Ásia e outros	576	17,9
<b>TOTAL</b>	<b>3.215</b>	<b>100</b>

Fonte: CEH, 2010

Na Tabela 4.1.2, podem-se ver os principais produtores mundiais de acetato de etila, que na maioria utilizam tecnologia de produção de esterificação e adição direta e representam ao redor de 51% da capacidade mundial de produção de acetato de etila (CEH, 2010).

Somente na China há dezessete produtores de acetato de etila; enquanto nos Estados Unidos há três produtores, com cinco unidades industriais; e no Brasil são três produtores em três unidades industriais.

<sup>5</sup> O México está incluso na América do Norte



Tabela 4.1.2 – Principais produtores mundiais de acetato de etila<sup>6</sup>

<b>Regiões Produtoras Globais (2009)</b>	<b>mil ton/ano</b>	<b>Participação (%)</b>
Shanghai Huayi Group <sup>5</sup>	300	9,3
Ineos	250	7,8
Celanese	225	7,0
Jiangsu Sopo	200	6,2
Showa Denko	200	6,2
Goldym Jinyimeng	180	5,6
Jiangmen Handsome	160	5,0
Rhodia	131	4,1
<b>TOTAL</b>	<b>1.646</b>	<b>51</b>

Fonte: CEH, 2010

#### 4.2 Mercado brasileiro

Os atuais produtores brasileiros de acetato de etila são Rhodia, Cloroetil e Butilamil. A Tabela 4.2.1, mostra a capacidade de produção e localização de cada um.

Tabela 4.2.1 – Produtores brasileiros de acetato de etila (2008)

<b>Produtor</b>	<b>Localidade</b>	<b>Capacidade de Produção</b>
	Cidade	ton/ano
RHODIA	Paulínia	131.000
CLOROETIL	Mogi Mirim	18.000
BUTILAMIL	Piracicaba	14.000
	<b>TOTAL</b>	<b>163.000</b>

Fonte: ABIQUIM, 2009

Todos os produtores brasileiros utilizam a esterificação como a tecnologia de produção de acetato de etila e produzem o ácido acético via etanol. Porém, como o custo de produção da via etanol é mais elevado que via carbonilação do metanol, sendo o acesso a esta tecnologia ainda uma barreira de entrada para novos interessados, a Rhodia complementa a necessidade de consumo de ácido acético importando-o dos grandes produtores mundiais.

<sup>6</sup> Início de operação previsto para 2010

A seguir, na Tabela 4.2.2 e Tabela 4.2.3 pode-se verificar a capacidade de cada produtor brasileiro e a demanda brasileira de ácido acético, em que se percebe que a respectiva demanda é quase 2,5 vezes maior que a capacidade instalada. O ácido acético é basicamente um intermediário químico e em grande parte é utilizado na produção de solventes oxigenados – ésteres.

Tabela 4.2.2 – Produtores brasileiros de ácido acético (2008)

<b>Produtor</b>	<b>Localidade</b>	<b>Capacidade de Produção</b>
	Cidade	ton/ano
RHODIA	Paulínia	40.000
COROETIL	Mogi Mirim	13.000
BUTILAMIL	Piracicaba	9.000
	<b>TOTAL</b>	<b>62.000</b>

Fonte: ABIQUIM, 2009

Já a demanda do mercado brasileiro de acetato de etila em 2009 é estimada em 75.000 toneladas, e a Tabela 4.2.3 a seguir mostra a demanda do mercado brasileiro de 2004 a 2008.

A queda considerada da demanda em 2008 tem origem na crise econômica ocorrida no mercado mundial a partir de setembro de 2008 que afetou o desempenho daquele ano e também impactou boa parte do ano de 2009 (ABIQUIM, 2009).

Tabela 4.2.3 – Consumo aparente brasileiro de acetato de etila

<b>Ano</b>	<b>Capacidade de Produção</b>	<b>Produção (A)</b>	<b>Importação (B)</b>	<b>Exportação (C)</b>	<b>Consumo Aparente (A+B+C)</b>
	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano
2003	98.000	75.709	2.935	24.507	54.137
2004	132.000	109.880	4.046	54.116	59.810
2005	132.000	113.904	4.212	59.787	58.329
2006	132.000	141.376	4.554	69.826	76.104
2007	163.000	146.697	4.943	77.778	73.862
2008	163.000	148.405	5.379	84.410	69.374

Fonte: ABIQUIM, 2009

## 5 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ACETATO DE ETILA

A seguir, uma análise das principais tecnologias que definem o processo de produção do acetato de etila. A Tabela 4.2.4 mostra as principais tecnologias utilizadas atualmente pelos produtores mundiais.

Tabela 4.2.4 – Tecnologias utilizadas para a produção de acetato de etila

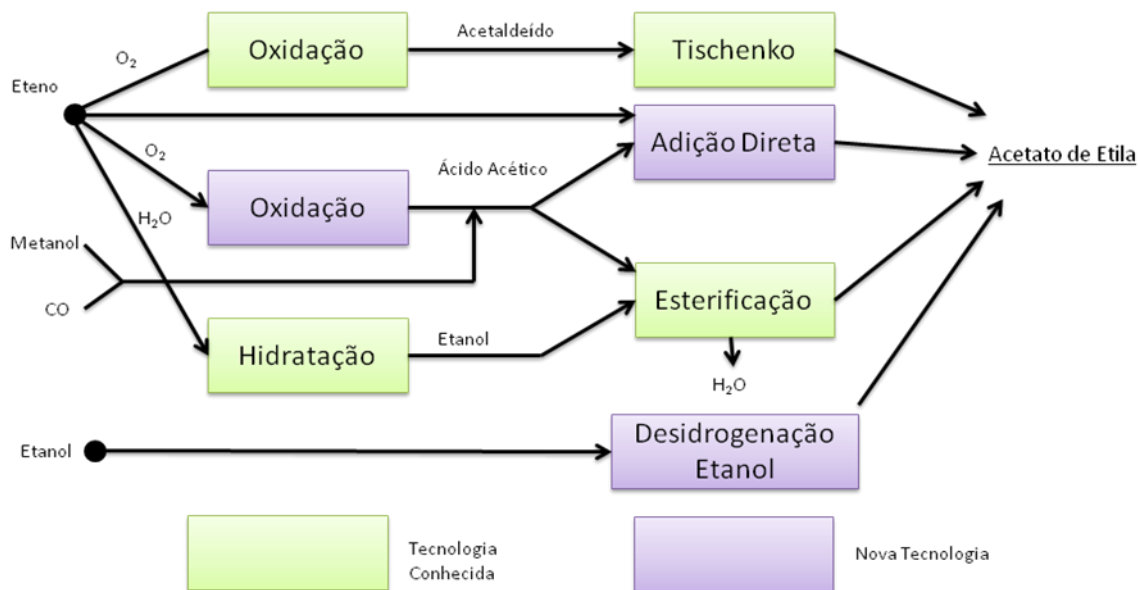
<b>Tecnologias Usadas</b>	<b>mil ton/ano</b>	<b>Participação (%)</b>
Adição Direta	300	9,3
Desidrogenação Etanol	55	1,7
Esterificação	1.773	55,1
Tischenko	1.051	32,7
Transesterificação	36	1,1
Outros	0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>3.215</b>	<b>100</b>

Fonte: elaborado pelo autor com base em CEH, 2010

Até o final da década de 1990, a maioria dos estudos internacionais mostrava esquemas de produção de acetato de etila a partir do método tradicional como sendo os mais competitivos (Esquema 2), porém o modelo brasileiro de esterificação usa o etanol de cana-de-açúcar como rota alternativa, que até então não era entendido e/ou utilizado (CHEMSYSTEM, 1998).

Os processos mais utilizados para a produção do acetato de etila são esterificação, que utiliza o ácido acético e o etanol como matéria-prima, e o Tischenko, tecnologia mais difundida, principalmente em regiões em que não há disponibilidade de etanol a custo competitivo.

Em substituição ao processo Tischenko, uma tecnologia que vem sendo mais empregada é de adição direta, que é a reação direta entre o eteno e o ácido acético (CHEMSYSTEM, 1998). Porém, a tecnologia nova que pode ser bastante aplicada em regiões com disponibilidade de etanol a custo competitivo é a desidrogenação do etanol, que se aplica de forma bem definida e com potencial relevante no Brasil.



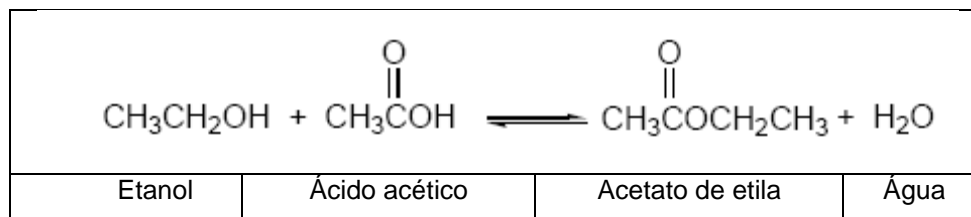
Esquema 2 – Quadro-resumo das tecnologias de produção do acetato de etila

Fonte: CHEMSYSTEM, 1998

A seguir, as principais tecnologias de produção de acetato de etila.

## 5.1 Esterificação

Processo utilizado em locais onde há etanol disponível e competitivo. A esterificação é a reação entre o ácido acético e etanol, em presença de catalisador ácido, que pode ser ácido sulfúrico ou ácido para tolueno sulfônico. A reação, abaixo apresentada, é reversível e tem-se em média conversão de 67% em acetato de etila.



Fórmula 1 – Descrição do processo de esterificação

Fonte: CEH, 2010

O processo de esterificação usa em princípio excesso de etanol na reação em presença de catalisador, em que o processo contínuo é um dos que apresenta o

melhor rendimento. Para uma unidade produtiva com capacidade de produção de 100.000 toneladas por ano ajustada às condições do mercado brasileiro, considerando que o ácido acético, neste caso, tem o valor ponderado entre o custo do produto importado e produzido localmente, o custo de produção simulado chega a USD 847,32/mt e custo variável de USD 817/mt, como se pode observar na descrição de custos na Tabela 5.1.1 (Chemsystem, 1998).

A Tabela 5.1.1, a seguir, simula o custo de produção de acetato de etila por meio do processo de esterificação.

Tabela 5.1.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de esterificação

<b>Custo Produção Acetato de Etila</b>		<b>Tecnologia: Esterificação</b>	
<b>Capacidade produção (mt/ano)</b>			<b>100.000</b>
<b>Investimentos (MM USD)</b>			<b>34,50</b>
INSIDE BATTERY LIMITS (ISBL)			14,80
OUTSIDE LIMITS (OSBL)			19,70
<b>Matéria-Prima</b>		<b>Consumo/mt</b>	<b>USD/mt</b>
Etanol	USD/mt 533,52	0,52702	281,18
Ácido Acético	USD/mt 683,43	0,68254	466,47
Ácido Sulfúrico	USD/mt 40,12	0,00014	0,01
<b>Utilidades</b>			<b>747,65</b>
Água de resfriamento	USD/ m <sup>3</sup> 0,0282	156,00	4,39
Vapor (150 psig)	USD/mt 18,5188	3,50	64,82
Eletricidade	USD/MWh 57,6000	0,0025	0,14
			<b>69,35</b>
<b>Custo variável</b>			<b>817,00</b>
Mão-de-obra (2/turno, \$ 41,5/h)	2.080 8	41,50	6,91
Manutenção (1,6%/ano do ISBL)	1,6%	0,24	2,37
Laboratório, (20% da mão-de-obra)	20,0%		1,38
<b>Custo Mão-de-obra</b>			<b>10,65</b>
Material de manutenção (2,4%/ano do ISBL)	2,4%	0,36	3,55
Materiais diversos (10% da mão-de-obra)	10,0%		0,69
<b>Custo direto de Produção</b>			<b>831,90</b>
Administrativo da fábrica (80% da mão-de-obra)	80,0%		8,52
Impostos & Seguro (2%/ano sobre o Investimento)	2,0%		6,90
<b>Custo de produção Total</b>			<b>847,32</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CHEMSYSTEM, 1998

Os custos de vapor e eletricidade utilizados na tabela acima estão baseados em uma unidade industrial instalada na região da cidade de Campinas, no ano de 2009. Unidade não integrada à usina de produção de etanol.

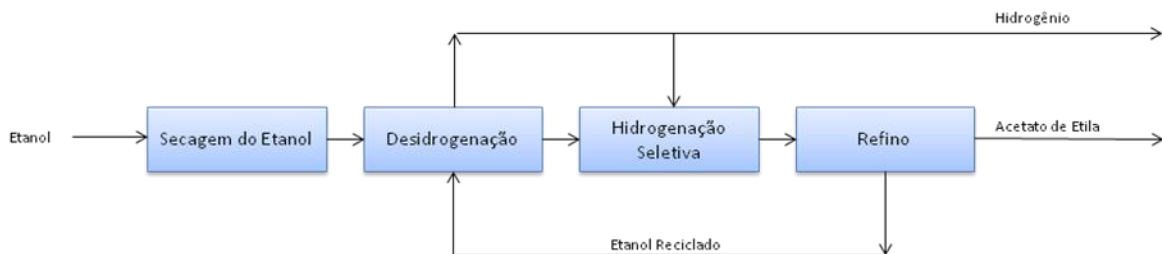
Tecnologia utilizada em 100% das unidades industriais instaladas no Brasil e tecnologia de domínio público.

## 5.2 Desidrogenação do etanol

Processo que converte o etanol em acetato de etila sem necessidade de se utilizar ácido acético.

Na primeira etapa do processo, o etanol é desidrogenado, produzindo-se acetaldeído, que depois se transforma em acetato de etila e hidrogênio (Esquema 3), utilizando-se catalisador à base de cobre.

O processo usa etanol a 99,5% de pureza.



Esquema 3 – Descrição do processo de desidrogenação do etanol

Fonte: elaborado pelo autor com base em DAVY TECHNOLOGY PROCESS, 2009

Para uma unidade com capacidade de produção de 50.000 toneladas por ano ajustada às condições do mercado brasileiro, o custo de produção simulado chega a USD 688,93/mt e o custo variável a USD 657,53/mt (ver detalhes na Tabela 5.2.1). (CHEMSYSTEM, 1998). Atualmente, essa tecnologia tem somente uma planta operando, que é a planta da Sasol, localizada em Secunda, África do Sul.

O etanol ali utilizado é produzido por gaseificação de carvão, abundante na região. Toda a química produzida na África do Sul tem origem no carvão mineral.

Duas plantas estão em fase de construção na China, com capacidade que varia de 50.000 a 100.000 ton/ano (DAVY TECHNOLOGY PROCESS, s/d). Na Tabela 5.2.1, estão os dados e resultados da simulação de custo via tecnologia de desidrogenação do etanol.

Tabela 5.2.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de desidrogenação do etanol

<b>Custo Produção Acetato de Etila</b>		<b>Tecnologia: Desidrogenação</b>		
<b>Capacidade de produção (mt/ano)</b>				<b>100.000</b>
<b>Investimentos (MM USD)</b>				<b>55,90</b>
INSIDE BATTERY LIMITS (ISBL)				28,90
OUTSIDE LIMITS (OSBL)				27,00
<b>Matéria-Prima</b>			<b>consumo/mt</b>	<b>USD/mt</b>
Etanol	USD/mt	533,52	1,14000	608,21
Catalisador (Cu-Cr)	USD/mt	11.023,10	0,00016	1,76
Catalisador (Ru-C)	USD/mt	110.231,00	0,00005	5,51
Dissecante (Peneira Molecular)	USD/mt	4.409,24	0,00011	0,49
<b>Utilidades</b>				<b>615,97</b>
Água de resfriamento	USD/m <sup>3</sup>	0,03	94,000	2,65
Vapor (150 psig)	USD/mt	18,52	2,330	43,15
Vapor (600 psig)	USD/mt	23,13	2,240	51,80
Eletricidade	USD/MWh	57,60	0,0217	1,25
Refrigeração (0o. F)	USD/mt	240,30	0,0280	6,73
<b>Co-Produtos</b>				<b>105,58</b>
Hidrogênio	USD/KN m <sup>3</sup>	308,70	-0,185	-57,12
Gás de Purga (Combustível)	USD/mmbtu	6,74	-1,0234	-6,90
				<b>-64,01</b>
<b>Custo variável</b>				<b>657,54</b>
Mão-de-obra (2/turno, \$ 41,5/h)	2.080	8	41,50	6,91
Manutenção (1,6%/ano do ISBL)		1,6%	0,46	4,62
Laboratório, (20% da mão-de-obra)		20,0%		1,38
<b>Custo Mão-de-obra</b>				<b>12,91</b>
Material de manutenção (2,4%/ano do ISBL)		2,4%	0,69	6,94
Materiais diversos (10% da mão-de-obra)		10,0%		0,69
<b>Custo direto de Produção</b>				<b>678,07</b>
Administrativo da fábrica (80% da mão-de-obra)		80,0%		10,33
Impostos & Seguro (2%/ano sobre o Investimento)		2,0%		0,53
<b>Custo de produção Total</b>				<b>688,93</b>

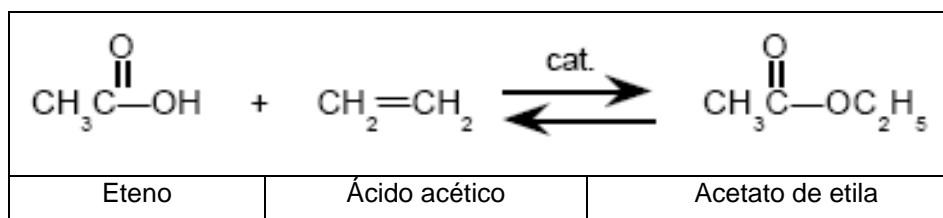
Fonte: Elaborado pelo autor com base em CHEMSYSTEM, 1998

Os custos de vapor e eletricidade utilizados na tabela acima estão baseados em uma unidade industrial instalada na região da cidade de Campinas, no ano de 2009 e servem para comparação e análise de custo de produção industrial. Como no Brasil esta tecnologia não é utilizada logo não está integrada a uma usina de produção de etanol. Esta tecnologia deve ser usada em regiões com baixa disponibilidade de eteno e ácido acético, e disponibilidade de etanol.

### 5.3 Adição direta

Neste processo, um ácido carboxílico é esterificado, em presença de catalisador ácido, com uma olefina, neste caso, o eteno. Segundo a literatura (CHEMSYSTEM, 1998), o processo apresenta algumas vantagens quando comparado à esterificação com álcool – em escala de laboratório.

Porém, a esterificação do ácido acético com eteno, na presença de um catalisador ácido, requer condições severas de operação, pois se promovem reações secundárias, principalmente de polimerização, reduzindo o rendimento na obtenção do éster. A reação pela adição direta de eteno no ácido acético está representada na Fórmula 2.



Fórmula 2 – Descrição do processo de adição direta

Fonte: CEH, 2010

Para uma unidade com capacidade de produção de 81.000 toneladas por ano ajustada às condições do mercado brasileiro e europeu, o custo de produção simulado chega a USD 980,65/mt e custo variável de USD 922,83/MT (CHEMSYSTEM, 1998).



No mundo existem duas grandes plantas que utilizam essa tecnologia e foram precursoras: uma no Reino Unido, na cidade de Hull, que pertence à Ineos, com capacidade de produção de 250.000 toneladas por ano; e outra no Japão, na cidade de Tokuyama, que pertence à Showa Denko, com capacidade de produção de 150.000 toneladas por ano. Um dos fatores que motivou o desenvolvimento dessa tecnologia foi a ausência de etanol a custos competitivos e otimização do processo Tischenko, que utiliza o eteno diretamente na reação com o ácido acético.

A seguir, na Tabela 5.3.1, podem-se observar os dados da simulação do custo de produção desta tecnologia.

Tabela 5.3.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia de adição direta

<b>Custo Produção Acetato de Etila</b>		<b>Tecnologia: Adição direta</b>		
<b>Capacidade produção (mt/ano)</b>		<b>82.000</b>		
<b>Investimentos (MM USD)</b>		<b>52,50</b>		
INSIDE BATTERY LIMITS (ISBL)		30,00		
OUTSIDE LIMITS (OSBL)		12,00		
Outros custos de projeto		10,50		
<b>Matéria-Prima</b>		<b>consumo/mt</b>		<b>USD/mt</b>
Eteno	USD/mt	1.014,13	0,35200	356,97
Ácido Acético	USD/mt	683,43	0,71500	488,65
Catalisador	USD/mt	1.000,00	0,02200	22,00
<b>Utilidades</b>				<b>867,63</b>
Água de resfriamento	USD/m <sup>3</sup>	0,0282	156,00	4,39
Vapor (150 psig)	USD/mt	14,5000	3,50	50,75
Eletricidade	USD/MWh	23,1263	0,0025	0,06
				<b>55,20</b>
<b>Custo Variável</b>				<b>922,83</b>
Mão-de-obra (2/turno, \$ 41,5/h)	2.080	8	41,50	8,42
Manutenção (2,1%/ano do ISBL)		2,1%	0,63	7,68
Laboratório, (25% da mão-de-obra)		25,0%		2,11
<b>Custo Mão-de-obra</b>				<b>18,21</b>
Material de manutenção (3%/ano do ISBL)		3,0%	0,90	10,98
Materiais diversos (15% da mão-de-obra)		15,0%		1,26
<b>Custo Direto de Produção</b>				<b>953,27</b>
Administrativo da fábrica (80% da mão-de-obra)		80,0%		14,57
Impostos & Seguro (2%/ano sobre o Investimento)		2,0%		12,80
<b>Custo de Produção Total</b>				<b>980,65</b>

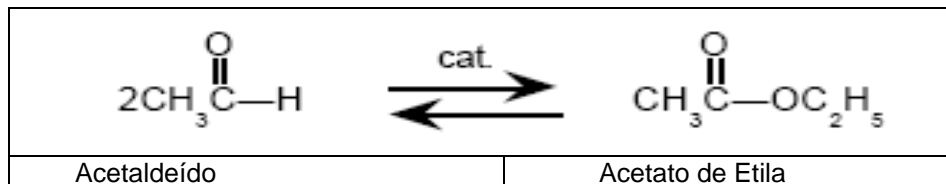
Fonte: elaborado pelo com base em CHEMSYSTEM, 1998

Os custos de vapor e eletricidade utilizados na tabela acima estão baseados em uma unidade industrial instalada na região da cidade de Campinas, no ano de 2009 e servem para comparação e análise de custo de produção industrial. Como no Brasil esta tecnologia não é utilizada logo não está integrada a uma usina de produção de etanol. Esta tecnologia foi desenvolvida por produtores com acesso a eteno e ácido acético.

#### 5.4 Método Tischenko

Processo clássico baseado no uso do acetaldeído para obtenção do acetato de etila creditado ao russo Tischenko, seu descobridor, em que há condensação acompanhada por auto-oxidação e redução em presença de alcoolato. Então, as duas moléculas de acetaldeído se rearranjam em uma molécula de acetato de etila, na presença do catalisador etilato de alumínio (Fórmula 3).

O processo é muito utilizado em regiões onde não há disponibilidade de etanol a custo competitivo e onde o acetaldeído é originado do eteno petroquímico.



Fórmula 3 – Descrição do processo Tischenko

Fonte: CEH, 2010

O processo Tischenko tem em média conversão de 61% em acetato de etila. (CHEMSYSTEM, 1998).

Para uma unidade com capacidade de produção de 81.000 toneladas por ano ajustada às condições do mercado brasileiro, o custo de produção simulado chega a USD 869,93/mt e o custo variável de USD 777,81/mt, como se pode observar na descrição dos custos na Tabela 5.4.1 (CHEMSYSTEM, 1998).

Tabela 5.4.1 – Simulação do custo do acetato de etila via tecnologia Tischenko

<b>Custo Produção Acetato de Etila</b>		<b>Tecnologia: Tischenko</b>		
<b>Capacidade produção (mt/ano)</b>		<b>82.000</b>		
<b>Investimentos (MM USD)</b>		<b>109,40</b>		
INSIDE BATTERY LIMITS (ISBL)		54,70		
OUTSIDE LIMITS (OSBL)		32,80		
Outros custos de projeto		21,90		
<b>Matéria-Prima</b>		<b>consumo/mt</b>		<b>USD/mt</b>
Eteno	USD/mt	1.014,13	0,68000	689,61
Catalisador	USD/mt	1.500,00	0,02200	33,00
<b>Utilidades</b>				<b>722,61</b>
Água de resfriamento	USD/ m <sup>3</sup>	0,0282	156,00	4,39
Vapor (150 psig)	USD/mt	14,50	3,50	50,75
Eletricidade	USD/MWh	23,13	0,0025	0,06
				<b>55,20</b>
<b>Custo variável</b>				<b>777,81</b>
Mão-de-obra (2/turno, \$ 41,5/h)	2.080	8	41,50	8,42
Manutenção (2,1%/ano do ISBL)		2,1%	1,15	14,01
Laboratório, (25% da mão-de-obra)		25,0%		2,11
<b>Custo Mão-de-obra</b>				<b>24,54</b>
Material de manutenção (3%/ano do ISBL)		3,0%	1,64	20,01
Materiais diversos (15% da mão-de-obra)		15,0%		1,26
<b>Custo direto de Produção</b>				<b>823,62</b>
Administrativo da fábrica (80% da mão-de-obra)		80,0%		19,63
Impostos & Seguro (2%/ano sobre o Investimento)		2,0%		26,68
<b>Custo de produção Total</b>				<b>869,93</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CHEMSYSTEM, 1998

Os custos de vapor e eletricidade utilizados na Tabela 5.4.1 estão baseados em uma unidade industrial instalada na região da cidade de Campinas, no ano de 2009 e servem para comparação e análise de custo de produção industrial.

Como no Brasil esta tecnologia não é utilizada logo não está integrada a uma usina de produção de etanol.

## 5.5 Comentários sobre as tecnologias estudadas

Acima, foram analisadas as tecnologias mais usadas para a produção do acetato de etila e se exemplificaram os custos estimados de produção de cada uma nos dias atuais. Verificou-se que os custos variáveis vão de aproximadamente USD 660/mt a USD 920/mt e os custos de produção, que incluem os custos variáveis e custos fixos da fábrica, vão de aproximadamente USD 690/mt a USD980/mt.

Pelo exercício realizado neste capítulo, observa-se que atualmente a tecnologia de desidrogenação do etanol apresentou menor custo de produção quando comparada às demais. A segunda tecnologia mais competitiva foi a de esterificação.

Já a Tabela 5.5.1 mostra os custos de produção das tecnologias de produção de acetato de etila.

Vale lembrar que a análise levou em consideração os seguintes valores de matéria-prima, etanol = USD 553,52/mt, ou USD 427/m<sup>3</sup>, ácido acético = USD 683,43/mt, eteno = USD 1.014,13/mt, todos preços entregues nas unidades de produção e sem impostos (CMAI, 2010; CEPEA, 2010).

Os valores das utilidades usadas são idênticos a todas as tecnologias analisadas. O valor do crédito de hidrogênio utilizado foi de USD 1500/mt.

Tabela 5.5.1 – Comparativo dos custos de produção das tecnologias de processamento de acetato de etila

<b>Tecnologias</b>	<b>Custo Variável (USD / mt)</b>	<b>Custo de Produção (USD / mt)</b>
Esterificação	817,00	847,32
Desidrogenação do Etanol	657,54	688,93
Adição Direta	922,83	980,65
Tischenko	777,81	869,93

Fonte: elaborado pelo autor com base no modelo econômico deste estudo

## 6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Este projeto consiste no desenvolvimento de um projeto de produção de acetato de etila anexada a uma usina de etanol, com produção de 50.000 toneladas por ano (número que representa a capacidade de produção comprovada industrialmente pelo fornecedor desta tecnologia) utilizando a tecnologia de desidrogenação do etanol, licenciada pela empresa inglesa de tecnologia Davy Technology Process, tendo como principal co-produto o hidrogênio.

A justificativa da escolha da tecnologia de desidrogenação do etanol deve-se ao fato de o Brasil ter grande disponibilidade deste produto, sendo o custo de produção bastante competitivo, podendo-se afirmar que é o menor custo mundial de produção. Essa tecnologia traz maior competitividade ao respectivo produtor, ou seja, menor custo de produção quando comparado à tecnologia empregada atualmente no Brasil pelo maior produtor.

Além de esta tecnologia gerar um produto final produzido cem por cento a partir de uma fonte renovável, ou seja, produto considerado “verde” e ecologicamente correto, visto que hoje há um apelo dos consumidores em utilizar cada vez mais produtos que não agredam o meio ambiente. A unidade produtiva de acetato de etila associada a uma usina de etanol se justifica também pela possibilidade de integração de energia elétrica e térmica.

### 6.1 Premissas econômicas da estruturação do fluxo de caixa do projeto

Este estudo leva em consideração o fato de que, com a entrada em operação desta unidade industrial com tecnologia de desidrogenação do etanol, uma das plantas de produção de acetato de etila, no Brasil, seria redirecionada para produção de outros tipos de produto derivados da tecnologia de esterificação.

Pode-se também validar esta premissa pela posição da Cloroetil Solventes Acéticos S.A., na previsão de seu diretor-geral, Alexandre Manfredi:

“O novo processo é mais econômico e não gera subprodutos”, explicou o diretor Alexandre Manfredi. O etanol será sucessivamente desidrogenado e hidrogenado seletivamente, com auxílio de catalisador, conduzindo a uma mistura de acetato de etila e etanol. O refino da mistura separa o éster do álcool, que pode ser recirculado no processo. “A eficiência das operações é elevada, permitindo uma redução bruta de custos da ordem de 15% a 20% em relação ao sistema atual”, comentou. “Dará para brigar até com o tolueno.” A tecnologia da Davy já é usada há dois anos na África do Sul pela Sasol, em unidade de porte semelhante alimentada por álcool obtido pela via carboquímica. “Eles usam um catalisador de 1ª geração, enquanto nós poderemos usar a 2ª geração, aprimorada”, afirmou Manfredi. Na Alemanha, a Davy mantém um piloto para 5 t/ano, que já usa o novo catalisador e álcool brasileiro de cana-de-açúcar, com excelentes resultados. A Cloroetil foi licenciada para o uso da tecnologia no Brasil e na América do Sul, com exclusividade” (FAIRBANKS, 2003).

### 6.1.1 Estudo de viabilidade

São as seguintes as premissas para a análise de viabilidade econômica:

- i. Período do projeto – partida da unidade industrial de acetato de etila em 2013 com depreciação realizada até o ano de 2026. O aporte de capital para início dos investimentos se inicia em 2011 e é concluído em 2012.
- ii. Preço do petróleo médio para o período do projeto – USD 82,24/bbl. O valor utilizado foi o preço médio obtido pelo índice da Chemical Market Associates, Inc. (CMAI) de 2009 a 2014 – publicado em novembro de 2009 –, assumindo que para o período de 2015 a 2023 o preço do barril de petróleo se manterá igual ao de 2014 (CMAI, 2010).
- iii. Todos os resultados obtidos e analisados estão baseados em USD (EUA – Estados Unidos da América). A importância da utilização de dólares americanos é pela referência de preços das commodities internacionais, que são expressas nesta moeda, além do fato de todos os valores de investimentos internacionais utilizarem o dólar como moeda padrão e comparação da competitividade do investimento com outras regiões do mundo.

- iv. A taxa de câmbio média utilizada para o projeto foi fixada em R\$ 1,75 X USD 1,00 e R\$ 1,39 X USD 1,00 ao longo de todo o estudo.
- v. CMPC (custo médio ponderado de capital) real utilizado no projeto é de 12% (incluído um risco país de 2%).
- vi. A alavancagem do projeto foi 70%, com investidores usando linha de crédito em bancos de investimento e desenvolvimento, com as garantias necessárias disponibilizadas.
- vii. Taxa de juros para desconto do custo de capital de giro do projeto de 10%.
- viii. Não se levou em consideração incentivo fiscal e tampouco benefício de crédito de carbono (MDL), que significa mecanismo de desenvolvimento limpo.
- ix. Co-produto, hidrogênio, valorizado a preço de mercado.
- x. Despesas Gerais e Administrativas representam 17,5% do custo fixo total.
- xi. Despesas de vendas representam 7,5% do custo fixo total.
- xii. Não se atribuiu nenhum prêmio de preço ao acetato de etila por ser produto totalmente renovável.<sup>7</sup>
- xiii. O acetato de etila no mercado brasileiro segue o preço da Europa. A razão disso é que as exportações do produto do Brasil para a Europa são relevantes, constituindo ao redor de 65% das exportações brasileiras, segundo dados do sistema Aliceweb (BRASIL, referente a 2008 e 2009). Como o mercado interno representa entre 45% e 50% da capacidade de produção brasileira de acetato de etila, o piso de preço de mercado é o preço de exportação. A partir dessa base, o preço para exportação do produto é referenciado no porto de origem, que no caso do Brasil é o Porto de Santos. Para chegar ao valor do Porto de Santos, precisam-se subtrair os custos operacionais para que o produto chegue ao destino com valor equivalente ao preço Europeu, adicionando ao comprador

---

<sup>7</sup> Atualmente a Braskem está lançando um plástico produzido a partir do etanol e tem destacado um prêmio ao preço daquela commodity de até 60%.

daquela região um desconto de 4%. Já para o cálculo do preço do acetato de etila no mercado brasileiro utiliza-se o preço do produto exportado com um adicional de 38%, devido basicamente ao custo da logística e impostos para nacionalização. Como exemplo, o prêmio do principal produto da petroquímica, o polietileno, é de aproximadamente 33% a 34%, segundo informação fornecida pela Braskem, uma das maiores fabricantes mundiais de polietileno. A Tabela 6.1.1.1 exemplifica o cálculo de preço do acetato de etila para exportação e mercado interno. Já quanto a variação de preço do acetato de etila, a mesma segue a variação de preço do eteno na Europa e o gás natural nos Estados Unidos da América, na relação de 35% e 65% das respectivas variações (dados constatados neste estudo).

- xiv. Investimento total estimado foi de USD 85,6 milhões, divididos em investimento direto na unidade produtora de USD 29 milhões, infraestrutura e logística estimados em mais USD 27,2 milhões, capital de giro estimado em USD 8,5 milhões e licenciamento de tecnologia e outros estimados em USD 20,9 milhões.
- xv. O preço do etanol foi ajustado, ao longo do período do projeto, em 50% da variação da nafta petroquímica, ajuste anual, principalmente devido à grande aplicação do mesmo como combustível.
- xvi. A inflação anual deve ser usada para ajuste dos custos fixos da unidade produtiva e alguns componentes do custo variável de produção. Porém a premissa utilizada ao longo deste estudo foi que a taxa de real de inflação é igual a zero.
- xvii. Considerou-se que já no primeiro ano do projeto a fábrica opera a 75% da capacidade nominal, ou seja, uma produção de 37.500 toneladas de acetato de etila no ano, e a partir do segundo ano até 2026 operando à taxa média anual de 94%, que daria 47.000 toneladas ao ano.



Tabela 6.1.1.1 – Cálculo do preço de acetato de etila (2010)

<b>Preço Europa Acetato de Etila (E\$/mt)</b>		<b>1.107,53</b>
Desconto (%)		-4,00%
Desconto (E\$/mt)		(44,30)
<b>Preço Acetato de Etila Europa com Desconto (E\$/mt)</b>		<b>1.063,23</b>
Custo Tancagem (Roterdã) (E\$/mt)	-3,80%	(42,09)
Custo Transporte em Carreta (E\$/mt)	-5,20%	(57,59)
Custo Marketing e Vendas (E\$/mt)	-2,90%	(32,12)
Custo Financeiro (E\$/mt)	-1,50%	(16,61)
<b>Preço Europa antes Imposto Importação (E\$/mt)</b>		<b>914,82</b>
Imposto Importação		2,00%
Preço Europa CFR (E\$/mt)		914,82
<b>Preço Europa CFR (USD/mt)</b>		<b>1.274,12</b>
Custo Frete Marítimo (Santos - Roterdã) (USD/mt)		(70,00)
Custo Tancagem (Santos) (USD/mt)		(25,00)
Custo Transporte Carreta (Fábrica - Santos) (USD/mt)		(35,00)
Custo Operacional Exportação (USD/mt)		(5,00)
<b>Preço Mercado Externo (USD/mt)</b>		<b>1.139,12</b>
Câmbio USD X Euro		1,3928
Prêmio Mercado Brasileiro (%)		38,00%
Prêmio Mercado Brasileiro (USD/mt)		432,87
<b>Preço Mercado Interno (USD/mt)</b>		<b>1.571,99</b>
Câmbio R\$ X USD		1,7500
Preço Mercado Interno (R\$/mt)		2.750,97
Preço Exportação (R\$/mt)		1.993,46

Fonte: elaborado pelo autor com base no modelo econômico deste estudo

xviii. O perfil de vendas de acetato de etila tem como premissa básica neste projeto uma sinergia natural quando da entrada em operação desta planta industrial, com a saída concomitante do mercado de um produtor. A participação no

mercado brasileiro deve ser estabilizada próxima a 27%, comercializando-se no primeiro ano 24.500 toneladas e no ano de número oito as vendas no mercado interno se estabilizam em 35.000 toneladas anuais. A exportação será a diferença entre a venda no mercado interno e o que foi produzido anualmente. A partir do ano oito, a exportações anuais têm participação média de 12.000 toneladas.

- xix. O montante investido pelos acionistas, incluindo capital de giro, foi de USD 28,2 milhões nos dois primeiros anos, 2011 e 2012.
- xx. Preço médio de venda do acetato de etila para o período do projeto para vendas no mercado interno é de USD 1.730/mt e para vendas no mercado externo é de USD 1.253/mt. Todos os preços aqui referenciados são preços à vista, sem impostos e disponível na fábrica de acetato de etila.

A Tabela 6.1.1.2 mostra as principais premissas econômicas assumidas no projeto.

Tabela 6.1.1.2 – Quadro-resumo das premissas usadas no projeto

<b>Acetato de Etila - Premissas básicas</b>	
Taxa de câmbio média (R\$ X USD)	1,75
Taxa de câmbio média (USD X E\$)	1,39
Preço Médio do Petróleo tipo Brent (USD/bbl)	82,2
Delta Preço Brasil X Preço Europa (Acetato etila)	38,0%
Prêmio de preço 'verde'	0,0%
CMPC + Risco País	12,0%
Investimento Total (mil USD)	85.607
Preço Hidrogênio Purificado (USD/mt)	2.318
Preço médio acetato de etila: Mercado Interno (USD/mt)	1.730
Preço médio acetato de etila: Exportação (USD/mt)	1.253

Fonte: elaborado pelo autor com base no modelo econômico deste estudo

### 6.1.2 Resultados econômicos

Os resultados obtidos que foram baseados nas premissas acima descritas e foram bem interessantes do ponto de vista econômico. A seguir demonstram-se alguns dos principais resultados do estudo.

- xxi. A taxa interna de retorno (TIR), é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas igual ao valor presente das saídas de caixa do investimento, ou seja, é a taxa que “zera” o investimento. A utilização da TIR fará com que o lucro do projeto seja nulo, ou que o valor presente líquido seja zero. O projeto apresentou TIR positiva igual a 33,2%.
- xxii. O valor líquido presente (VPL), ou valor dos fluxos financeiros trazidos à data zero, positivo mostra que se arrecada mais do que se gasta, logo, para a análise de um investimento, ele tem de ser positivo. O projeto apresentou VPL positivo de USD 37,13 milhões de dólares.
- xxiii. O payback descontado leva em conta o tempo do investimento e é uma ferramenta bem apropriada para investimentos de risco elevado. Ele calcula o tempo que o investidor irá precisar para recuperar o montante investido. O payback do projeto é de 4,7 anos.
- xxiv. O retorno sobre o investimento é uma medida de desempenho usada para avaliar a eficiência deste, logo, se o mesmo não for positivo, um investimento deve ser evitado. O cálculo do retorno sobre investimento é dado pela equação:  $(\text{ganho do investimento} - \text{custo do investimento}) / \text{custo do investimento}$ , expresso em porcentagem. O retorno sobre o investimento do projeto foi de 154%.

A seguir, na Tabela 6.1.2.1, pode-se ver uma síntese dos resultados financeiros do projeto.

Tabela 6.1.2.1 – Quadro dos resultados do projeto

<b>ACETATO DE ETILA: RESULTADOS DO INVESTIMENTO</b>	
VPL do Investimento (mil USD)	37.127
TIR do Investimento (%)	33,2
Retorno do Investimento (%)	154,1%
Payback do Investimento (anos)	4,7

Fonte: elaborado pelo autor com base no modelo econômico deste estudo

xxv. Fluxo de caixa – observou-se que o projeto gera um fluxo de caixa positivo já no início da operação industrial, que está projetado para ocorrer em 2013, quando serão utilizadas as premissas acima comentadas do projeto. Do investimento total de 85,6 milhões de dólares, 60% ocorrerão no primeiro ano, e os outros 40% no segundo ano do projeto. O fluxo de caixa descontado médio gerado de 2011 a 2026 está ao redor de USD 2,7 milhões ao ano. A seguir, no Gráfico 7, pode-se verificar o fluxo de caixa e o fluxo de caixa descontado do projeto.

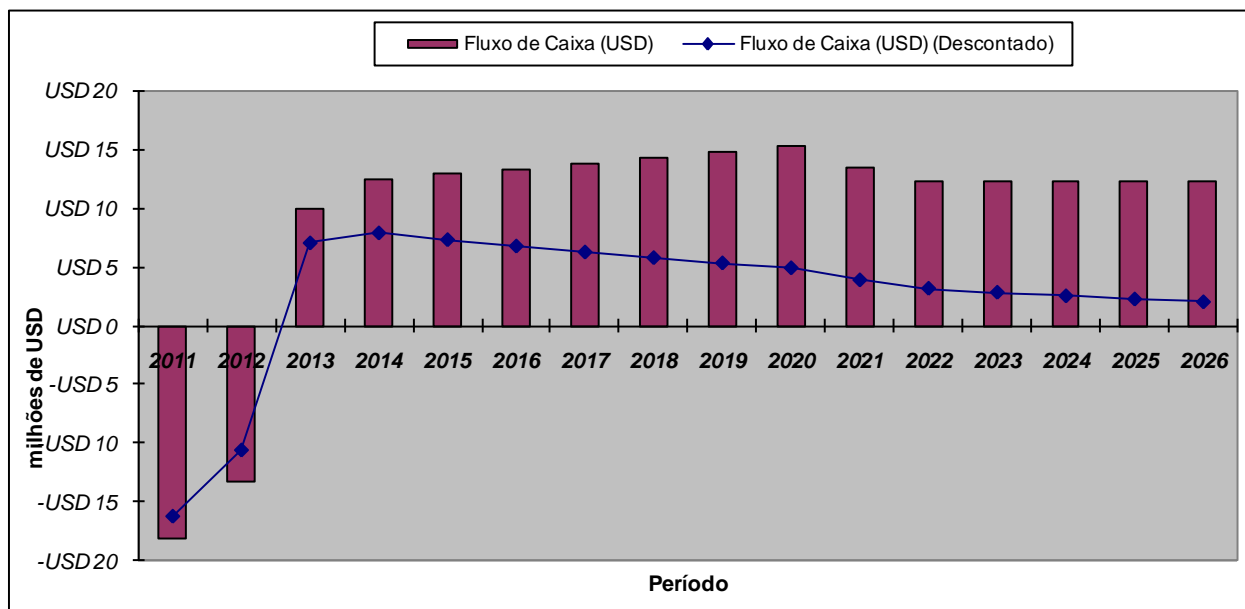


Gráfico 6 – Fluxo de caixa do projeto

Fonte: elaborado pelo autor com base no modelo econômico deste estudo

Análise de sensibilidade – tenta demonstrar o impacto gerado no resultado financeiro do estudo quando a variável a ser analisada varia no modelo econômico construído. Foram analisadas seis grandes variáveis de impacto: preço do petróleo; preço do etanol; custo médio ponderado de capital (CMPC); preço do acetato de etila; taxa de inflação e taxa de câmbio.

A análise de sensibilidade mostra que o projeto é bem sensível à variação do preço do acetato de etila, que indica que a cada variação de 5% no preço do produto o impacto no resultado é de USD 15,2 milhões de dólares e de 5,5% na taxa interna de retorno.

Uma das principais causas de alteração do preço do acetato de etila no mercado internacional é a alteração de oferta na curva de oferta e demanda, basicamente no mercado europeu e asiático.

As variações significativas de custos, neste caso alterações nos preços de eteno e ácido acético, duas das principais matérias-primas, que poderiam impactar as margens de acetato de etila se ajustam ao longo do tempo não comprometendo o resultado do negócio.

Já no mercado interno brasileiro, poderia, além das alterações do mercado internacional, sofrer por ocasião outra variável importante a variação do etanol – excluída desta análise a relação de equilíbrio de oferta e demanda. Logo existem mecanismos de preços no mercado brasileiro que mitigam a variação de preço do acetato de etila no mercado internacional com a variação de custos baseados no etanol brasileiro.

Em resumo podemos considerar que o preço do acetato de etila tem uma estabilidade, apresentando baixa volatilidade de preço, principalmente pelo fato do equilíbrio consistente da curva oferta e demanda na Europa.

E no mercado brasileiro o preço do acetato de etila poder ser indexado ao preço de mercado do etanol, contudo tendo uma componente de referência ao mercado internacional.

A seguir, na tabela 6.1.2.2, é possível verificar as variações de cada variável crítica do processo e o respectivo impacto na TIR e no VPL.

Tabela 6.1.2.2 – Quadro de sensibilidade do projeto

<b>Preço do Acetato de Etila</b>	<b>Para cada 5% de variação no preço o impacto é de:</b>	<b>TIR 5,5%</b>	<b>= VPL = USD 15,2 milhões</b>
Preço do Petróleo	Para cada variação de USD 25/bbl no preço do petróleo o impacto é de:	TIR 0,5%	= VPL = USD 1,75 milhão
CMPC	Para cada variação de 2% na CPMC o impacto é de:	Não aplica	se VPL = USD 10,4 milhões
Preço de Etanol	Para cada 5% de variação no preço o impacto é de:	TIR 3,0%	= VPL = USD 8,5 milhões
Taxa de Inflação	Para cada 3% a.a. de variação na taxa de inflação o impacto é de:	TIR 0,8%	= VPL = USD 3,9 milhões
Taxa de Câmbio (USD X R\$)	Para cada variação média de R\$ 0,10/ USD no câmbio o impacto é de:	TIR 3,8%	= VPL = USD 11,2 milhões

Fonte: elaborado pelo autor

## CONCLUSÃO

A análise de viabilidade econômica da produção de acetato de etila no Brasil evidencia que existe uma alternativa real de desenvolvimento da indústria química nacional por meio da utilização e adição de valor da cadeia produtiva álcoolquímica a partir da cana-de-açúcar.

Conforme se observa ao longo do trabalho, a indústria química é de grande relevância para o desenvolvimento da economia brasileira, visto que o setor é responsável por elevada tendência de crescimento. Adicionalmente, a indústria petroquímica desfruta de inúmeras sinergias com os demais setores industriais, sendo, portanto, relevante para a competitividade industrial em geral.

Com a finalidade de aprofundamento do estudo de viabilidade da álcoolquímica nacional, esta dissertação analisou um dos poucos produtos químicos produzidos no Brasil que gera superávit na balança comercial, o acetato de etila. É importante observar que tal superávit ocorre mesmo sendo um dos insumos que compõem o processo de obtenção do acetato de etila, o ácido acético, importado e com origem no beneficiamento do gás natural.

Percebe-se também que a tecnologia de produção atualmente utilizada no Brasil é competitiva, porém de domínio público. Desse modo, esse não é um fator-chave para explicar a competitividade de custo do acetato de etila produzido no país. O que realmente distingue a produção doméstica desse acetato é a disponibilidade e competitividade do etanol brasileiro, insumo essencial na produção, pois se origina da cana-de-açúcar, uma das fontes de geração de biomassa mais competitivas no mundo.

Aproveitando a excelência de produção na geração de energia renovável por meio da cana-de-açúcar, em que se destaca o etanol como principal produto, torna-se especialmente interessante investigar a utilização de tecnologia alternativa de produção de acetato de etila, a tecnologia de desidrogenação do etanol, que tem no etanol a principal matéria-prima. A partir daí, pode-se analisar o desempenho econômico desta tecnologia e fazer uma comparação com a tecnologia correntemente utilizada no Brasil.

Observou-se inicialmente que a nova tecnologia, desidrogenação do etanol, é bastante competitiva em comparação às demais tecnologias – esterificação, adição direta, Tischenko e desidrogenação do etanol – utilizadas na produção do acetato de etila. O custo variável e o respectivo custo de produção são significativamente mais baixos, dadas as premissas assumidas no momento da análise, tais como preço das principais matérias-primas essenciais para esta análise, como etanol, ácido acético e eteno.

Ainda, os mercados aos quais se destina o acetato de etila, tanto no Brasil como no exterior, apresentam forte potencial crescimento. Em alguns desses mercados, como o de embalagens flexíveis para a indústria de alimentos, existe um apelo ambiental, em que a utilização de produtos renováveis é real e cada vez mais importante.

A análise econômica do projeto de investimento de uma fábrica para a produção de acetato de etila, utilizando-se a tecnologia de desidrogenação do etanol, para a produção de 50.000 toneladas por ano, apresentou resultados que justificam o investimento, seja pelo VPL, seja pela TIR, seja pelos demais indicadores financeiros apresentados.

Os resultados demonstram que tecnologias que valorizam a matriz energética renovável, sobretudo aquela que tem por base a competitiva produção de cana-de-açúcar, flexibilizam e amplificam a produtividade e competitividade da indústria química brasileira. O investimento para gerar tecnologias e desenvolver produtos dará nova perspectiva na criação de valores dessa cadeia produtiva, gerando tecnologia, empregos e melhor rentabilidade para os investidores. Particularmente relevante é a redução da dependência da cadeia de petróleo e gás natural, cuja volatilidade internacional e monopólio doméstico revelam os benefícios do desenvolvimento de rotas alternativas, como a álcoolquímica.

A biorrefinaria, a partir do projeto de acetato de etila, via desidrogenação do etanol é uma nova dimensão que cria uma oportunidade única e apoia o crescimento econômico do Brasil. Tais oportunidades ainda não se materializaram em decorrência de três grandes motivos. Primeiro, há ainda restrições de acesso e custo do capital para a realização de investimentos do montante exigido pelo projeto. As perspectivas de



financiamento de longo prazo por meio de bancos de fomento, como o BNDES, devem criar condições propícias para a superação desse obstáculo. Segundo, o setor sucroenergético permanece focado na obtenção dos três principais produtos, açúcar, etanol e energia elétrica, não havendo ainda a disseminação das diversas oportunidades de novos produtos entre os gestores. A profissionalização e a internacionalização do setor, juntamente com a entrada de multinacionais, forçarão a busca de novas alternativas de geração de valor, o que deve implicar superação do segundo obstáculo. Um interessante exemplo nesse sentido é a iniciativa de construção de uma biorrefinaria na parceria entre a Amyris e a Usina São Martinho, para a obtenção do farneseno, matéria-prima para produção de vários produtos químicos e combustíveis. O terceiro e último obstáculo decorre do conservadorismo empreendedor do setor petroquímico brasileiro, normalmente reticente em relação ao investimento no desenvolvimento de novas rotas alternativas de produção químicas. Também nesse aspecto é possível notar movimentos recentes do principal grupo petroquímico nacional, que indicam que a alcoolquímica passa a fazer parte da agenda de investimentos. Em síntese, as condições estão postas para o desenvolvimento promissor da alcoolquímica brasileira.

## REFERÊNCIAS

ABIQUIM. **Anuário da indústria química brasileira 2008**. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo, 2008.

\_\_\_\_\_. **Anuário da indústria química brasileira 2009**. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo, 2009

\_\_\_\_\_. **Pacto nacional da indústria química**. São Paulo: Conselho Diretor (brochura), 2010. Disponível em < <http://www.inovacao.unicamp.br/report/inte-pacto-nacionalAbiquim100726.pdf> >.

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis 2010. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em < <http://www.anp.gov.br/?dw=33213> >. Acesso em 05.03.2010.

BRASIL. Aliceweb, 2010. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. Disponível em < <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/> >. Acesso em 26.03.2010.

BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C; ALLEN, Franklin. **Princípios de finanças corporativas**. 8ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008. ISBN: 978857726017.

CEH. Chemical Economics Handbook – SRI Consulting, 2010. Disponível em < <http://www.sriconsulting.com/CEH/> >. Acesso em 22.06.2010.

CHEMSYSTEMS. Disponível em < <http://www.chemsystems.com>>. Acesso em 12.06.2010.

CMAI. Chemical Market Associates, Inc. Disponível em <<http://www.cmaiglobal.com/AboutUs.aspx>>. Acesso em 02.11.2009.

CPEA. Indicador Mensal Álcool CEPEA / ESALQ – São Paulo. Disponível em < [http://www.cepea.org.br/indicador/?file=m\\_alcool\\_sp](http://www.cepea.org.br/indicador/?file=m_alcool_sp) >. Acesso em 28.09.2010.

DAVY TECHNOLOGY PROCESS. Ethyl acetate. Disponível em <<http://www.davyprotech.com/default.aspx?cid=418>>. Acesso em 25.04.2010.

FAIRBANKS, M. Tecnologia reduz custos no acetato de etila. **Química e Derivados**. Outubro de 2003.

GUERRA, O. F. Estudo da competitividade da indústria brasileira: competitividade da indústria de extração e refino de petróleo. Instituto de Economia / Unicamp, Instituto de Economia Industrial/UFRJ, Fundação Dom Cabral e Funcex (consórcio). Documento elaborado para o Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira (ECIB). Campinas: 1993.

KALIN, T., GREINER E.; FUNADA, C. Marketing research report: akyl acetates (C1-C4). **Chemical Economics Handbook**. 2010. Disponível em < [www.sriconsulting.com](http://www.sriconsulting.com) >. Acesso em 22.06.2010.

LEITE, A.D. **A energia do Brasil**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528p.

MARTINS, C.E.; MAIA, J. L. P.; SANTOS, W.G. **Tecnologia da indústria do gás natural**. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

MONTENEGRO, R. S. P.; MONTEIRO FILHA, D. C. M. Estratégia de integração vertical e os movimentos de reestruturação nos setores petroquímico e de fertilizantes. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, mar/1997.

MONTENEGRO, R.S.P.; PAN, S.S.K. Gás natural como matéria-prima para a produção de eteno no Estado do Rio de Janeiro. nº. 12. **Revista BNDES**, 2000, p. 135-60.

OLIVEIRA, Adary. **O polo petroquímico de Camaçari** – industrialização, crescimento econômico e desenvolvimento regional. Salvador: P555 Edições, 2006.

\_\_\_\_\_. **O polo petroquímico de Camaçari** . Tese (doutorado em Química) – Universidade de Barcelona em convênio com a Universidade de Salvador, 2006.

PERRONE, Otto Vicente (Coord.). Demanda de matérias-primas petroquímicas e provável origem até 2010. **Anuário da indústria química brasileira**. Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim). São Paulo, Comissão de economia. 2003. Disponível em < [www.abiquim.org.br/pdfs/demanda%20de%20materias%20primas.pdf](http://www.abiquim.org.br/pdfs/demanda%20de%20materias%20primas.pdf) >. Acesso em 20.05.2010.

PETROBRAS. Comperj – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro. Disponível em < <http://www2.petrobras.com.br/petrobras/portugues/comperj.asp>>. Acesso em 15.07.2010.

STOCK, J.H.; WATSON, M. W. **Introduction to econometrics**. 2ª ed. Amsterdã: Addison-Wesley Longman, 2007.

SZKLO, A.; ULLER, V. C. **Fundamentos do refino de petróleo, tecnologia e economia**. 2ª. ed. São Paulo: Interciência, 2008. 286 p.

USA. **Annual energy outlook 2007 with projections to 2030**. Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy, Washington / DC. 2007.

VECCHIA, R. O meio ambiente e as energias renováveis instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável. 1ª. ed. São Paulo: Manole, 2010.

WONGTSCHOWSKI, P. **Indústria química riscos e oportunidades**. 2ª. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002.

**ANEXO A – FLUXO DE CAIXA DO PROJETO ACETATO DE ETILA**

## Fluxo de Caixa do Acetato de Etila

	Ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15	ano 16	ano 17	ano 18	Valor Total		
FLUXO DE CAIXA DO PROJETO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026			
<b>Receita Líquida (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 57.351</b>	<b>USD 72.029</b>	<b>USD 72.750</b>	<b>USD 73.472</b>	<b>USD 74.194</b>	<b>USD 74.916</b>	<b>USD 75.638</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>	<b>USD 76.359</b>		
Vendas Mercado Interno (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 41.424	USD 45.436	USD 48.057	USD 50.678	USD 53.300	USD 55.921	USD 58.542	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	USD 61.164	
Vendas Mercado Externo (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 15.927	USD 26.593	USD 24.693	USD 22.794	USD 20.894	USD 18.995	USD 17.095	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	USD 15.196	
Vendas de Hidrogênio (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
<b>Custo de Produção (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 43.477</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	<b>USD 54.323</b>	
Custo Variável (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 38.670	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	USD 49.516	
Custo Fixo (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	USD 4.807	
<b>Despesas Operacionais (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	
Despesas Gerais & Administrativas (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	-USD 841	
Despesas Vendas (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	-USD 361	
<b>LAJIDA (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>1.202</b>	<b>1.202</b>	<b>USD 12.672</b>	<b>USD 16.504</b>	<b>USD 17.225</b>	<b>USD 17.947</b>	<b>USD 18.669</b>	<b>USD 19.391</b>	<b>USD 20.113</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	
Depreciação & Amortização (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 5.145	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 8.561	-USD 3.416	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
<b>LAJIR (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>6.346</b>	<b>9.762</b>	<b>USD 4.112</b>	<b>USD 7.943</b>	<b>USD 8.665</b>	<b>USD 9.387</b>	<b>USD 10.108</b>	<b>USD 10.830</b>	<b>USD 11.552</b>	<b>USD 12.274</b>	<b>USD 17.418</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	<b>USD 20.834</b>	
Gastos com juros (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 295	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	-USD 591	
<b>Resultado Operacional (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>6.642</b>	<b>10.353</b>	<b>USD 3.521</b>	<b>USD 7.352</b>	<b>USD 8.074</b>	<b>USD 8.796</b>	<b>USD 9.518</b>	<b>USD 10.240</b>	<b>USD 10.961</b>	<b>USD 11.683</b>	<b>USD 16.828</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	<b>USD 20.244</b>	
Imposto de Renda (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	-USD 1.197	-USD 2.500	-USD 2.745	-USD 2.991	-USD 3.236	-USD 3.481	-USD 3.727	-USD 3.972	-USD 5.721	-USD 6.883	-USD 6.883	-USD 6.883	-USD 6.883	-USD 6.883	-USD 6.883	-USD 6.883	
<b>Resultado Líquida (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>6.642</b>	<b>10.353</b>	<b>USD 2.324</b>	<b>USD 4.853</b>	<b>USD 5.329</b>	<b>USD 5.805</b>	<b>USD 6.282</b>	<b>USD 6.758</b>	<b>USD 7.235</b>	<b>USD 7.711</b>	<b>USD 11.106</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	<b>USD 13.361</b>	
Investimentos (Acionistas) (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 15.434	-USD 10.248	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
Investimentos (Alavancados) (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 36.012	-USD 23.912	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
<b>Total dos Investimentos (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>-USD 51.446</b>	<b>-USD 34.161</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	
Capital de Giro - Investimentos (Acionistas) (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 1.266	-USD 1.266	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
Capital de Giro - Investimentos (Alavancado) (mil USD)	USD 0	USD 0	-USD 2.953	-USD 2.953	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	
<b>Capital de Giro Total - Investimentos (mil USD)</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>-USD 4.219</b>	<b>-USD 4.219</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	<b>USD 0</b>	
Capex recorrente & Despesas Operacionais (mil USD)	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	USD 1.000	
Pagamento do principal da dívida (mil USD)	R\$ -																				-USD 65.831
<b>Fluxo de Caixa (mil USD)</b>	<b>USD 0,00</b>	<b>USD 0,00</b>	<b>USD 18.196,56</b>	<b>USD 13.306,22</b>	<b>USD 9.884,63</b>	<b>USD 12.413,20</b>	<b>USD 12.889,59</b>	<b>USD 13.365,98</b>	<b>USD 13.842,37</b>	<b>USD 14.318,77</b>	<b>USD 14.795,16</b>	<b>USD 15.271,55</b>	<b>USD 13.522,39</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 12.360,93</b>	<b>USD 61.804,65</b>
<b>Fluxo de Caixa (mil R\$)</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 31.843,98</b>	<b>R\$ 23.285,89</b>	<b>R\$ 17.298,10</b>	<b>R\$ 21.723,10</b>	<b>R\$ 22.556,78</b>	<b>R\$ 23.390,47</b>	<b>R\$ 24.224,16</b>	<b>R\$ 25.057,84</b>	<b>R\$ 25.891,53</b>	<b>R\$ 26.725,21</b>	<b>R\$ 23.664,18</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 21.631,63</b>	<b>R\$ 108.158,14</b>
Fluxo de Caixa (mil USD) (Descontado)	USD 0,00	USD 0,00	USD 16.246,93	USD 10.607,64	USD 7.035,69	USD 7.888,81	USD 7.313,90	USD 6.771,62	USD 6.261,59	USD 5.783,11	USD 5.335,28	USD 4.917,03	USD 3.887,36	USD 3.172,74	USD 2.832,81	USD 2.529,29	USD 2.258,30	USD 2.016,34	USD 4.022,78	-USD	

Fluxo de Caixa Cumulativo (mil USD)	USD 0,00	USD 0,00	-USD 18.196,56	-USD 31.502,79	-USD 21.618,15	-USD 9.204,96	USD 3.684,63	USD 17.050,62	USD 30.892,99	USD 45.211,76	USD 60.006,92	USD 75.278,47	USD 88.800,86	USD 101.161,79	USD 113.522,72	USD 125.883,65	USD 138.244,57	USD 150.605,50	
<b>VPL (mil USD)</b>	<b>USD</b>																		
	<b>37.126,52</b>																		
<b>VPL (mil R\$)</b>	<b>R\$</b>																		
	<b>64.971</b>																		
TIR (%)	<b>33,2%</b>																		
VPL do Investimento (mil USD)	<b>USD</b>																		
	<b>24.088,91</b>																		
Índice de Rentabilidade (%)	<b>154,1%</b>																		
Payback do Investimento (anos)	<b>4,7</b>																		

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)