UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

O PLÁSTICO “VERDE” E O MERCADO BRASILEIRO DE ETANOL

José Jorge Marques

Orientador: Prof. Dr. Paulo Tromboni Nascimento

São Paulo
2010

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Lindolfo Galvão de Albuquerque
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

JOSÉ JORGE MARQUES

O PLÁSTICO “VERDE” E O MERCADO BRASILEIRO DE ETANOL.

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
em Administração da
Faculdade de Economia,
Administração e
Contabilidade da
Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

**Orientador: Prof. Dr.
Paulo Tromboni
Nascimento**

Versão Corrigida
(versão original disponível na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade)

**São Paulo
2010**

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Marques, José Jorge
O plástico “verde” e o mercado brasileiro de etanol / José Jorge
Marques. – São Paulo, 2010.
144 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2010.
Orientador : Paulo Tromboni do Nascimento.

1. Etanol 2. Inovações tecnológicas – Administração 3. Biopolímeros
Cadeia de suprimentos I. Universidade de São Paulo. Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 661.82

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, esposa e filha.

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao Senhor Jesus por tudo, principalmente coragem e força para não desistir nunca.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Tromboni, meu especial agradecimento pelo total apoio e orientação durante todas as fases deste trabalho. Aos demais professores do mestrado, em especial o Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu, pelo auxílio no meu desenvolvimento acadêmico e profissional até aqui.

Aos profissionais consultados da Braskem pela atenção e paciência, em especial o Sr. Paulo Coutinho, muito obrigado.

Aos colegas do mestrado, pela amizade e incentivo neste início de vida acadêmica.

A minha esposa e minha filha, pelo total apoio ao longo da minha trajetória e pela compreensão nas minhas ausências.

“Eu prevejo o momento em que a indústria não mais derrubará florestas que levam gerações para crescer, nem utilizará produtos minerais que se formaram durante eras, mas buscará sua matéria-prima em grande parte a partir das colheitas agrícolas. Estou convencido de que seremos capazes de obter da agricultura a maior parte das matérias básicas que hoje recebemos das florestas e minas” (Henry Ford, 1934).

“O gerenciamento não é apenas comportamento passivo e adaptado; significa tomar atitudes que façam acontecer os resultados esperados” (Peter Drucker, 1985).

RESUMO

Com o consumo de etanol superando o de gasolina desde 2008, o Brasil é único país do mundo onde domina o combustível renovável, e o fóssil é o "alternativo". O foco deste trabalho é apresentar o projeto para produção do plástico verde, um biopolímero produzido com etanol da cana. O etanol destaca-se como uma alternativa à nafta (do petróleo). O eteno de origem fóssil, que provém da nafta, responde por 90% a 95% dos custos totais da cadeia de suprimento dos plásticos. No Brasil, a cana-de-açúcar e o etanol mostram-se mais competitivos que a nafta, “grosso modo”, sempre que o barril do petróleo supera US\$ 35. Quando comparado com o plástico da nafta, em torno de 4,5 kg de CO₂ não são adicionados à atmosfera no processo para produção de 1,0 kg do plástico verde. Essa pode ser categorizada como mudança tecnológica “empurrada” no primeiro momento (anos 60) e “puxada” no momento atual (DOSI, 1982). Trata-se de uma ideia pré-existente na organização que foi novamente aplicada (HARGADON; SUTTON, 2000) e uma variação do processo genérico de desenvolvimento de produto proposto por Ulrich e Eppinger (2004). Contribui com o modelo de fatores que impactam no sucesso do produto sugerido por Brown e Eisenhardt (1995) ao agregar o fator “processo tecnológico” ao modelo. Este estudo também busca analisar implicações no mercado brasileiro de etanol mediante o movimento de inserção do álcool na cadeia produtiva petroquímica (alcoolquímica). A análise de mercado no curto prazo (2011) aponta uma demanda tímida para a alcoolquímica de cerca de 2% ou 700 milhões de litros/ano do total da demanda prevista de 33 bilhões de litros de etanol. Serão necessárias em torno de 688,5 milhões de toneladas de cana para suprir o mercado interno e externo de álcool e açúcar, que ocuparão cerca de 8,3 milhões de hectares (2,4% das terras aráveis brasileiras). Chama a atenção o crescente aumento da frota flex fuel brasileira, que poderá demandar cerca de 55 bilhões de litros de etanol até 2020, salvo desequilíbrio no preço do álcool *versus* o preço da gasolina e o potencial do mercado externo de 39 bilhões de litros. Estudo da ABIQUIM (2007), BNDES Setorial 2009 aponta a possibilidade de déficit de capacidade de eteno e propeno em 2020. Hoje, o País produz 70% do que consome de nafta (a produção de nafta representa apenas 8% dos derivados produzidos no País). Com a demanda global de eteno, em 2005, de 105 milhões de toneladas (CMAI, 2005 *apud* HORTA NOGUEIRA, 2008), com uma penetração de apenas 10% do etanol em

substituição a outros insumos, tem-se um mercado de 23 bilhões de litros de etanol, o que pode ser um desafio para a produção brasileira.

Palavras-Chave

Biopolímero, Etanol, Gestão da Inovação, Cadeia de Suprimento.

ABSTRACT

With ethanol consumption exceeding that of gasoline since 2008, Brazil is only country in the world where it dominates the renewable fuel, and the fossil is the alternative. The focus of this paper is to present the project for production of green plastic, a biopolymer produced ethanol from sugarcane. Ethanol stands out as an alternative to naphtha (petroleum). The ethylene produced from fossil fuels, which comes from naphtha accounts for 90% to 95% of the total supply chain of plastics. In Brazil, sugar cane and ethanol show to be more competitive than naphtha, "roughly" where a barrel of oil exceeds US\$ 35. When compared with plastic naphtha, about 4,5 kg of CO₂ are not added to the atmosphere in the process to produce 1,0 kg of green plastic. This can be categorized as technological change "pushed" at first (60) and "pull" at the present time (DOSI, 1982). This is an idea to pre-existing organization that was reapplied (HARGADON, SUTTON, 2000) and a variation of the general process of product development proposed by Ulrich and Eppinger (2004). Contributes to the model of factors that impact the success of the product suggested by Brown and Eisenhardt (1995) by adding the factor "process technology" to the model. This study also seeks to analyze the implications of the Brazilian ethanol market by the movement of insertion of alcohol in the petrochemical production chain. The market in the short term (2011) points to a demand for Ethanol timid about 2% or 700 million liters / year of total projected demand of 33 billion liters of ethanol. Will be needed around 688,5 million tons of sugarcane to supply the domestic and foreign alcohol and sugar, which occupy about 8,3 million hectares (2,4% of arable land in Brazil). Draws attention to the increasing Brazilian flex-fuel fleet, which will require about 55 billion liters of ethanol by 2020 unless imbalance in the price of ethanol versus gasoline prices and the potential foreign market of 39 billion liters. Study ABIQUIM (2007), BNDES Sector 2009 suggests the possibility of capacity shortage of ethylene and propylene in 2020. Today the country produces 70% of its consumption of naphtha (naphtha production accounts for only 8% of products produced in the country). With global demand for ethylene in 2005 was 105 million tons (CMAI, 2005 apud HORTA NOGUEIRA, 2008), with a penetration of only 10% of ethanol to substitute other inputs, has a market of 23 billion liters of ethanol, which can be a challenge for the brazilian production.

Key Words

Biopolymer, Ethanol, Innovation Management, Supply Chain

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	03
LISTA DE QUADROS.....	05
LISTA DE TABELAS.....	06
LISTA DE GRÁFICOS.....	07
LISTA DE FIGURAS.....	08
1. INTRODUÇÃO.....	09
1.1. OBJETIVOS.....	13
2. RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO E DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL.....	14
2.1. CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	14
2.2. INOVAÇÃO.....	16
2.3. GESTÃO DA INOVAÇÃO.....	19
2.4. A RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO E DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL.....	34
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	49
4. AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	51
4.1. ANTECEDENTES.....	51
4.2. SAFRA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL.....	54
4.3. USO DO ETANOL NO BRASIL.....	60
4.4. O ADVENTO DOS VEÍCULOS FLEX FUEL.....	67
4.5. OUTROS USOS DO ETANOL NO BRASIL.....	72
5. EMPRESA ESTUDADA.....	74
5.1. CADEIA PRODUTIVA PETROQUÍMICA.....	77
5.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DA EMPRESA.....	78
5.3. GESTÃO DA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA EMPRESA.....	79

6. PROJETO DO PLÁSTICO VERDE.....	83
6.1. O PROJETO.....	83
6.2. CADEIA DE VALOR – LOGÍSTICA DE ENTRADA.....	98
6.3. CADEIA DE VALOR – OPERAÇÕES.....	100
6.4. O PROJETO À LUZ DA LITERATURA.....	102
7. O ETANOL NA PETROQUÍMICA.....	110
7.1. O PREÇO DO ETANOL NO BRASIL.....	110
7.2. IMPULSIONADORES DA ENTRADA DO ETANOL NA PETROQUÍMICA.....	114
7.3. IMPLICAÇÕES DA ENTRADA DO ETANOL NA PETROQUÍMICA BRASILEIRA.....	117
8. CONCLUSÃO.....	123
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
10. REFERÊNCIAS.....	134

Apêndice A – Questionário estruturado aplicado junto ao corpo executivo do projeto de polietileno verde da empresa

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno
 ACP – Africa, Caribbean and Pacific
 AEAC – Álcool Etílico Anidro Combustível
 AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível
 ANP – Agência Nacional do Petróleo
 APLA – Asociación Petroquímica y Química Latinoamericana
 ASTM – American Society for Testing and Materials
 BCG – Boston Consulting Group
 BM&F – Bolsa de Mercadorias e de Futuros
 BNDESPar – BNDES Participações S.A. (holding do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)
 Bovespa – Bolsa de Valores de São Paulo
 Brenco – Brazilian Renewable Energy Company (Companhia Brasileira de Energia Renovável)
 Btu – British Thermal Unit (Unidade Térmica Britânica)
 Cenpes – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobrás
 CMAI – Chemical Market Associates
 Comperj – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
 Copene – Companhia Petroquímica do Nordeste
 Copesul – Central de Matérias-Primas do Rio Grande do Sul
 CPC – Companhia Petroquímica de Camaçari
 CTC-Copersucar – Copersucar Technology Center
 CTI – Centro de Tecnologia e Inovação
 ETBE - Etiltercbutiléter
 Fepam – Fundação de Proteção Ambiental
 FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
 FOB – free on board
 GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
 GPEC – Global Plastics Environmental Conference
 IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
 Latibex – Bolsa de Valores de Madri
 LI – Licença de Instalação
 NYSE – New York Stock Exchange (Bolsa de Valores de Nova York)
 Opep – Organização dos Países Exportadores de Petróleo
 PAC – Preço do Açúcar
 PE – polietileno
 PEAD – Polietileno de Alta Densidade
 PEBD – Polietileno de Baixa Densidade
 PEBDL – Polietileno de Baixa Densidade Linear
 PET– Polietileno tereftálico
 PEUAPM – Polietileno de Ultra-Alto Peso Molecular
 PIB – Programa de Inovação Braskem
 PIEa – Preço de Indiferença do Etanol Anidro
 Planalsucar – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar
 PND – Programa Nacional de Desestatização
 PP – Polipropileno

Proálcool – Programa Nacional do Álcool
PS – Poliestireno
PVC – Policloreto de Vinila
SPE – Society of Plastics Engineers
SPS – Special Protocol Sugar
SWOT – Strengths / Weaknesses / Opportunities / Threats
TEO –Tecnologia Empresarial Odebrecht
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
UNIB – Unidade de Petroquímicos Básicos
UNICA – União das Indústrias de Cana-de-Açúcar
UNIFACS – Universidade Salvador
UNIPOL – Unidade de Polímeros
USP – Universidade de São Paulo
VBR – Visão Baseada em Recursos
VRIO – Modelo Valor, Raridade, Imitabilidade e Organização

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – As Cinco Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto

Quadro 2 – Variações do Processo Genérico de Desenvolvimento de Produto

Quadro 3 – Sumário dos Aspectos das Linhas da Pesquisa Plano Racional, Teia de Comunicação e Solução Disciplinada de Problemas

Quadro 4 – Características do Paradigma Convencional e do Novo Paradigma de Projetos

Quadro 5 – Resumo da Aplicação do Modelo VRIO

Quadro 6 – Principais Processos Utilizados na Transformação do Etanol

Quadro 7 – Linha do Tempo do Projeto do Polietileno Verde desde os anos 60 até os Dias Atuais

Quadro 8 – Variação do Processo Genérico de Desenvolvimento de Produto

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeção Safra de Cana-de-Açúcar 2009/2010

Tabela 2 – Rendimento Médio de Tonelada de Cana-de-Açúcar de 1990 a 2005

Tabela 3 – Vendas de Veículos de Passageiros e Comerciais Leves por Combustível

Tabela 4 – Consumo Anual Médio (em litros) por Tipo de Veículo e para Todos os Tipos de Combustível

Tabela 5 – Comparação da Produção de Álcool Safra 2007/08 e 2008/09 (Realizadas) e 2009/10 (Projetada) *versus* a Demanda de Etanol para Combustível (em bilhões de litros)

Tabela 6 – Demanda Projetada de Etanol para o Mercado Externo

Tabela 7 – Balanço de Energia na Produção de Etanol com Diversas Matérias-Primas

Tabela 8 – Projeção da Evolução da Frota Brasileira de Veículos no Período de 2012 a 2020

Tabela 9 – Potencial da Demanda de Álcool no Mercado Externo

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução das Vendas de Veículos Leves a Gasolina, Etanol e Flex Fuel, Diesel e Total

Gráfico 2 – Vendas de Veículos de Passageiros e Comerciais Leves por Combustível

Gráfico 3 – Evolução da Frota de Veículos de Passageiros e Comerciais Leves

Gráfico 4 – Escalada de Preços do Petróleo no Período de 1990 a 2009

Gráfico 5 – Evolução Percentual das Vendas de Veículos Flex Fuel no Brasil

Gráfico 6 – Evolução do Preço do Petróleo no Período de 1990 a 2009 FOB Europa

Gráfico 7 – Evolução do Preço da Nafta Importada no Período de 1990 a 2009

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cadeia de Valor

Figura 2 – Modelo de Plano Racional de Desenvolvimento de Produto

Figura 3 – Modelo de Fatores que Impactam no Sucesso do Projeto de Desenvolvimento de Novos Produtos

Figura 4 – As Cinco Forças Competitivas

Figura 5 – Processo de Produção do Açúcar e Etanol

Figura 6 – Logística do Etanol no Brasil

Figura 7 – Cadeia Produtiva Petroquímica

Figura 8 – Macroestrutura Organizacional de Tecnologia e Inovação da Braskem

Figura 9 – Fluxograma de um Projeto na IDEOM

Figura 10 – Logística do Etanol na Braskem

Figura 11 - Processo Genérico de uma Planta de Etileno à Base de Etanol

Figura 12 – Modelo de Fatores com Agregação do Fator “Processo Tecnológico”

Figura 13 – Utilização da Área Brasileira em Milhões de Hectares

1. INTRODUÇÃO

Segundo Reich (1998, *apud* BASTOS, 2009), a indústria do petróleo teve sua origem nos Estados Unidos em meados do século XIX, com a primeira refinaria construída pela *Standard Oil Company* e os primeiros poços de petróleo localizados na América do Norte e Mar do Norte. Fora desse eixo, a primeira descoberta importante foi em 1908, no Irã, seguida em 1927 de uma outra no Iraque, e outra em 1938, na Arábia Saudita.

Já a petroquímica moderna surgiu na década de 1920 com uma planta de isopropanol da também *Standard Oil* com o objetivo de aproveitar frações que sobravam do petróleo. Assim, o segundo estágio do refino do petróleo, o processo de craqueamento da Union Carbide, permitiu a produção do petroquímico básico mais importante em volume de produção, o eteno (ou etileno, C_2H_4).

A 1ª Guerra Mundial propiciou o aumento do consumo de combustíveis fósseis. Nas décadas de 1920/1930, a demanda crescente e a disponibilidade de petróleo e gás natural motivaram a ampliação das empresas químicas norte-americanas. A 2ª Guerra Mundial imprimiu volumes ainda mais expressivos de petróleo para produção de combustíveis e produtos químicos de uso militar.

Nas décadas de 1950 e 1960, plantas isoladas começaram a dar espaço a grandes complexos industriais em função da necessidade de coordenação dos investimentos das duas gerações petroquímicas, do acesso a matérias-primas e da competição entre os produtores.

Ainda no contexto da indústria do petróleo/gás, mudanças geopolíticas levaram a conflitos e crises. Em 1960 ocorreu a constituição da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) e na década de 1970 as duas crises do petróleo obrigaram os países produtores a assumir o controle de preços e produção, que antes era de empresas petrolíferas privadas.

Paralelamente, houve uma crescente redução da participação dos países desenvolvidos nas reservas, dando lugar aos países em desenvolvimento, e a diminuição do papel das empresas privadas diante do aumento do papel das empresas nacionais de petróleo, as estatais.

O fato é que, hoje, os mercados mundiais de petróleo/gás são bem concentrados em termos empresariais e regionais. Mais de 50% da produção mundial de petróleo cabe

a sete países, e de gás a apenas quatro. Os países da Opep têm 60% da produção e 75% das reservas totais de petróleo, com destaque para a Arábia Saudita com 22% das reservas e 13% da produção mundial. Os Estados Unidos são o maior consumidor (24%), segundo maior produtor mundial (8%) e detêm a maior capacidade de refino (20%), mas têm cada vez menos participação nas reservas (em torno de 2%).

No caso do gás natural, as reservas expressivas (26,3%) e a produção mundial (21,4%) estão na Rússia, 16% das reservas no Irã e 14% em Qatar (BASTOS, 2009).

Na atualidade, são as estatais do petróleo que controlam a maioria das reservas mundiais e respondem por dois terços das novas descobertas de petróleo, ocupando metade da lista das cem maiores empresas de petróleo do mundo. Segundo a *Energy Intelligence* (Key issues for rising national oil companies. KPMG International, 2008) são: **Saudi Aramco** (receita de US\$ 200 bilhões/ano), as chinesas **Sinopec**, **CNPC** e **PetroChina**, a venezuelana **PDVSA**, a mexicana **Pemex**, a iraniana **NIOC** e a russa **Gazprom**.

Da parte da petroquímica, o cenário vem passando por mudanças estruturais, com consolidação de novos e importantes entrantes. A expansão dessas empresas nacionais do petróleo tem reflexo na petroquímica (através da constituição de empresas subsidiárias e da integração vertical pela implantação e expansão de capacidade em petroquímicos básicos) e nas principais *commodities* (polietileno e polipropileno etc).

Porém, alguns fatos de caráter mundial alertam para a questão do petróleo. São eles: a invasão do Iraque pelos EUA, que suscitou a questão estratégica da dependência do petróleo; as consequências do furacão Katrina, em agosto de 2005, na região sul dos EUA, que revelou a ameaça do aquecimento do planeta provocado pelos gases que provocam o efeito estufa, em especial o dióxido de carbono emitido pela atividade humana; o início da escalada de preços do petróleo e previsões de esgotamento da oferta de recursos fósseis em 40 anos, com estimativas de que entre 13 e 15 anos mais de 60% dos poços de petróleo em produção estarão secos (BASTOS, 2009).

Na verdade, vários livros recentes argumentam a exaustão do petróleo como *Out of Gas* (Sem gasolina), de David Goodstein, vice-reitor do California Institute of Technology; *The Empty Tank* (O tanque vazio), de Jeremy Leggett, pioneiro da energia limpa; *Hubbert's Peak: The Impending World of Oil Shortage* (O pico de Hubbert: O mundo iminente da escassez do petróleo), de Kenneth Deffeyes, professor da

Universidade Princeton e *Twilight in the Desert* (Crepúsculo no Deserto), de Matt Simmons, proeminente banqueiro de investimentos (CARSON; VAITHEESWARAN, 2008).

Os fatos fizeram renascer a preocupação energética e com a oferta de matérias-primas, dando lugar a um novo ciclo de inovações em uma indústria que parecia ter alcançado a maturidade tecnológica. A insuficiência mundial de matérias-primas petroquímicas propiciou mudanças no cenário global, dando novo ímpeto à inovação (BASTOS, 2009).

No Brasil, a petroquímica foi implantada há mais de 30 anos por intermédio de políticas públicas, segundo o modelo tripartite; atualmente, o País possui um parque fabril relativamente moderno e ocupa posição não desprezível no ranking mundial. A sua capacidade produtiva de eteno é cerca de 3,5 milhões de toneladas/ano, o que coloca o País em 12º lugar no ranking mundial (2,7% do total) e 1º no ranking latino-americano com mais de 2/3 do total regional (ABIQUIM, 2007).

No início, os polos petroquímicos brasileiros não eram integrados empresarialmente. De porte reduzido e produtores de um único produto, só conseguiram sobreviver em função da indústria protegida da competição internacional. No entanto, com a globalização o cenário mudou, e as empresas brasileiras foram obrigadas a buscar concentração e reestruturação para adequação aos padrões internacionais e economia de escala e escopo pela ampliação de porte e integração vertical e horizontal (requisitos básicos de competitividade no cenário mundial).

Nessa linha estratégica de ação, em julho de 2001, a Odebrecht adquiriu o controle da Central de Matérias-Primas de Camaçari na Bahia. A Copene (Companhia Petroquímica do Nordeste) em parceria com o grupo Mariani, iniciou seu processo de integração vertical unindo ativos da 1ª com 2ª geração, na época inédito no Brasil, e, com a integração de seis empresas – Copene, OPP, Trikem, Nitrocarbono, Proppet e Polialden –, criaram a Braskem em 16 de agosto de 2002. No ano seguinte, foi comprada a Politen, empresa produtora de polietilenos em Camaçari.

Em 2007, por meio de fusões e aquisições houve o retorno da Petrobrás à indústria e criação de dois grandes grupos privados nacionais com maior integração vertical e horizontal e escala competitiva: a **Braskem** (37,2% da Odebrecht, 25% da Petrobrás, 5,7% do BNDES e 31,9% de Outros) que adquiriu o Grupo Ipiranga,

passando a controlar a petroquímica das regiões Sul e Nordeste, e a **Quattor** (60% da Unipar e 40% da Petrobrás) que controlaria a petroquímica do Sudeste.

Em maio de 2009, a Braskem incorporou a Petroquímica Triunfo, localizada no Rio Grande do Sul e em janeiro de 2010 anunciou a aquisição da Quattor, posicionando-a como a maior empresa petroquímica das Américas em capacidade de produção de resinas termoplásticas (PE, PP e PVC), listada em 3 bolsas (BM&FBovespa, NYSE e Latibex), e que passou a ter faturamento anual de R\$ 28,2 bilhões (incluindo Quattor e Sunoco). Com integração entre 1ª e 2ª geração petroquímica, suas 28 plantas brasileiras, localizadas em cinco Estados (06 em São Paulo, 03 no Rio de Janeiro, 09 no Rio Grande do Sul, 08 na Bahia e 02 em Alagoas), têm capacidade para processar 6,5 milhões de toneladas/ ano de resinas, que demandam em torno de 3,5 milhões de toneladas de eteno/ano.

Apesar da autossuficiência de petróleo, o Brasil ainda depende da importação de cerca de 30% da nafta¹ petroquímica consumida (matéria-prima do eteno) e a expansão da petroquímica brasileira esbarra em limitações da disponibilidade de matérias-primas. Há questões técnicas e econômicas em função do tipo do petróleo brasileiro composto em mais de 80% por frações pesadas (a produção de nafta representa apenas 8% dos derivados produzidos no País), segundo Coelho (2008).

O custo da nafta que representa um percentual elevado dos custos das centrais (Braskem, em torno de 76%) é tido como fator de instabilidade (BASTOS, 2009, p. 351). Projeções da Abiquim apontam possibilidade de déficit de capacidade em 2020, principalmente de eteno e propeno, mesmo após a entrada em funcionamento do Comperj – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, com investimentos no montante de US\$ 8,4 bilhões, que adicionará 1,3 milhões de toneladas de eteno e petroquímicos de segunda geração (polietilenos e polipropilenos) até 2012.

Assim, para compor as alternativas à nafta, em função da insuficiência doméstica, as expansões recentes de petroquímicos básicos empregaram o gás de

¹ As naftas (também designadas como gasolinas), cujo ponto de ebulição se encontra entre 20°C e 200°C, são uma mistura de alcanos (hidrocarbonetos saturados) e cicloalcanos (ao menos uma cadeia cíclica) C₅ a C₁₂. As naftas também contêm pequenas quantidades de benzeno (anel aromático), tolueno (metil benzeno), xileno (dimetil benzeno) e outros hidrocarbonetos aromáticos (que têm anel benzênico). A fração de nafta luminosa, cujo ponto de ebulição se encontra entre 20°C e 150°C, é a “fonte principal da gasolina” e, em função do tipo do petróleo, representa aproximadamente 25% do petróleo bruto. De certo modo, as naftas são as frações de destilação mais valiosas porque são úteis não só como combustíveis, mas também como fontes de matéria-prima da química orgânica industrial.

refinaria (Braskem no Rio de Janeiro), petróleo pesado (futuro Comperj) e o etanol (Braskem no Rio Grande do Sul), cujo projeto tem o objetivo de produzir um polietileno 100% “verde”, proveniente de matérias-primas renováveis. “Grosso modo”, é a substituição da principal matéria-prima da cadeia de valor da Braskem, a nafta, pelo etanol da cana-de-açúcar².

A safra de cana-de-açúcar (2009/10) produziu cerca de 612 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (terceiro levantamento de dezembro/09-CONAB). Do total projetado para safra de cana-de-açúcar, cerca de 336 milhões de toneladas (55%) foram destinadas à produção de etanol e cerca de 276 milhões de toneladas (45%) à produção de açúcar.

Projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e da Companhia Nacional de Abastecimento indicam que a produção do álcool hidratado deverá continuar crescendo em decorrência do expressivo aumento da frota nacional de veículos do tipo ‘flex fuel’, que pode usar tanto o álcool como a gasolina ou qualquer combinação de ambos como combustíveis, e cuja venda gira em torno de 91% dos veículos novos.

Consequentemente, a frota flex fuel em circulação já ultrapassou o número de 8,0 milhões de unidades e, hoje na maioria das regiões brasileiras, o álcool hidratado tem sido a referência dos consumidores, quando apresenta menor custo por quilômetro rodado comparativamente ao seu sucedâneo, a gasolina.

1.1. OBJETIVOS

Este trabalho tem dois objetivos:

- a) Apresentar o projeto para produção de polietileno “verde” da empresa brasileira Braskem, que proporcionou para a organização o pioneirismo

² A cana-de-açúcar é uma planta da família das gramíneas, com extraordinária capacidade de concentrar energia. Um hectare dessa lavoura consegue formar por ano uma média de 110 toneladas de massa vegetal com 12 toneladas de açúcar. Na atualidade, desse total se obtêm, com a moagem da cana, 23 toneladas de bagaço e, com a fermentação do açúcar disponível no caldo, 7.000 litros de álcool etílico. A queima do bagaço em caldeiras de média resistência é capaz de gerar 8,5 MW de energia elétrica. Ou seja, cada 3 a 4 quilogramas de bagaço geram 1 KW de energia elétrica. Esta energia é suficiente para fazer funcionar todo o complexo de produção e liberar um grande excedente que pode ser repassado à rede externa. Esta quantidade de energia teria a possibilidade de dobrar se também fossem utilizadas a palha e as pontas da cana, que normalmente são descartadas na operação de colheita.

(PORTER, 1999) na comercialização de plásticos produzidos a partir do etanol da cana-de-açúcar, uma matéria-prima 100% renovável.

- b) Analisar as implicações que a inovação de inclusão do etanol na cadeia de suprimento da petroquímica brasileira trouxe para a indústria sucroalcooleira, considerando um possível deslocamento do etanol combustível do setor automotivo para a indústria petroquímica no Brasil.

2. RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO E DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL

2.1. CADEIA DE SUPRIMENTOS

Davis, Mark M. *et al* (2001) definem cadeia de suprimento como um grupo de empresas que fornecem todos os processos necessários para a fabricação de um bem acabado. Para os autores, a cadeia inicia com a matéria-prima e termina com os produtos acabados que são entregues ao cliente final.

Porém Chopra e Meindl (2003) esclarecem que cadeia de suprimento não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadores, depósitos, varejistas e os próprios clientes; dentro de cada organização, a cadeia de suprimento inclui todas as funções envolvidas no pedido do cliente, como desenvolvimento de novos produtos, marketing, operações, distribuição, finanças e o serviço de atendimento ao cliente, entre outras. O termo cadeia de suprimento representa produtos ou suprimentos que se deslocam ao longo da seguinte cadeia: fornecedores, fabricantes, distribuidores, lojistas e clientes. Um fabricante pode receber material de diversos fornecedores e depois abastecer diversos distribuidores, sendo, portanto, a cadeia de suprimento composta por redes.

Sturgeon (2000) entende que a sequência de atividades tem como base um produto e em um dado momento funciona em uma constelação mais ampla de atividades e as configurações dinâmicas é que incorporam uma rede produtiva. Essa sequência de atividades seria conceituada como uma cadeia de valor.

Para Kaplinsky e Morris (2003), cadeia de valor descreve o escopo completo das atividades necessárias para se criar um produto ou serviço desde as diferentes fases de

produção, entrega ao cliente final e destino após sua utilização.

Para Porter (1999) a cadeia de valor (Figura 1) agrupa as atividades da empresa em várias categorias, distinguindo entre as que estão diretamente envolvidas na produção, marketing, entrega e suporte de um produto ou serviço (criam, adquire e melhora insumos e tecnologias) e as que desempenham funções abrangentes, desenvolvimento de produtos e processos, levantamento de capital e processo decisório geral.

A vantagem competitiva resulta da habilidade da empresa em desempenhar as atividades necessárias a um custo total inferior aos dos concorrentes ou exercer certas atividades de um modo exclusivo, que gere determinado valor para o cliente e não esteja vinculado ao preço, justificando o adicional de preço. A criação de valor para o cliente depende da maneira como a empresa influencia as atividades dos canais de distribuição e dos usuários finais.

Figura 1- Cadeia de Valor

Fonte: Porter (1999).

A cadeia de valor é composta por atividades de apoio e por atividades primárias, também chamadas de atividades fim. A forma como a empresa configura a cadeia de valor, ou seja, onde se localiza cada uma das atividades da cadeia e como as coordena (natureza e extensão em que as atividades dispersas se coordenam em rede ou permanecem autônomas) é que fazem com que as atividades criem valor (quanto os clientes estão dispostos a pagar).

1. Atividades de apoio:

- a) Infraestrutura da empresa: envolve financiamentos, planejamento e relações com investidores;
- b) Gestão de recursos humanos: são as atividades de recrutamento e seleção de colaboradores, treinamentos e sistemas de remuneração e benefícios;
- c) Desenvolvimento da tecnologia: diz respeito ao projeto do produto, testes, projeto do processo, pesquisa de materiais e pesquisa de mercado;
- d) Compras de bens e serviços: referem-se às aquisições de componentes, máquinas e equipamentos, propaganda e serviços.

2. Atividades primárias:

- a) Logística de entrada: “grosso modo” refere-se a armazenamento de materiais de procedência externa, coleta de dados e acesso dos clientes às instalações;
- b) Operações: fabricação de componentes, montagem, operações de unidades regionais;
- c) Logística de saída: processamento de pedidos, depósitos, entregas, preparação de relatórios;
- d) Marketing e vendas: forças de vendas, promoções, propagandas, feiras comerciais e elaboração de propostas;
- e) Serviços de pós-venda: instalações, suporte ao cliente, solução de reclamações, consertos, enfim, serviço de assistência técnica e pós-venda.

2.2. INOVAÇÃO

Há crescente literatura sobre o tema inovação, contudo não existe consenso acerca da sua definição. Os sentidos temáticos sobre inovação são algumas vezes contraditórios.

Amabile e Gryskiewicz (1989) definem inovação como sendo a implementação bem-sucedida de ideias criativas dentro de uma organização.

Para Drucker (1985), Covin e Miles (1999) trata-se de um componente fundamental para o empreendedorismo.

Kanter (1985), Drazin e Schoonhoven (1996) e Prahalad e Hamel (1990) entendem como aquilo que cria e mantém a sustentabilidade das vantagens competitivas.

Em 1942, Schumpeter defendeu que a necessidade da inovação e renovação organizacional não só serve para suportar a tempestade da destruição criativa, mas também para criá-la, e as organizações precisam continuamente da renovação para perpetuar-se num ambiente tão dinâmico. O autor tornou-se famoso com a teoria da “destruição criativa”.

O autor menciona que novas firmas, novas tecnologias e novos produtos substituem constantemente os antigos, mas que a inovação não acontece de forma ordenada e, assim, a economia está sujeita aos ciclos de crescimento e implosão, sendo o empresário o responsável por este processo revolucionário. O monopólio temporário proveniente da inovação permite que os inovadores sejam recompensados por sua invenção, e a desigualdade no curto prazo é responsável pelo progresso do longo prazo.

Ainda segundo Schumpeter, o

empreendedor se caracteriza pela sua capacidade de criar novas combinações de recursos produtivos, o que ocorre quando da introdução de novo bem econômico, introdução de um novo método de produção, abertura de um novo mercado, conquista de uma nova fonte de matérias-primas ou outros insumos relevantes, estabelecimento de uma nova organização industrial.

No entanto, para Hargadon e Sutton (2000) as melhores organizações aprenderam a sistematizar a inovação como um processo. Defendem que o conhecimento muitas vezes é pré-existente, e a organização, ou seu corpo gerencial, somente viabiliza a aplicação daquele conhecimento. Dessa forma a inovação não

ocorre descontextualizada, isolada de uma situação, mas tem origem em ideias pré-existentes na organização, que são novamente testadas e aplicadas.

Pavitt (1984) define inovação como um produto ou processo produtivo novo, ou melhor, usado ou comercializado com sucesso por uma organização.

Kumpe e Bolwijn (1994) mencionam que empresa inovadora é aquela que combina características de redução de custos, melhoria de qualidade e aumento de flexibilidade na sua contínua busca por *breakthroughs* em todas as áreas envolvidas.

Dosi (1982), no que diz respeito ao aparecimento de uma inovação, fazendo uma analogia com a teoria de mudanças tecnológicas, afirma que estas são classificadas em duas grandes categorias: mudança tecnológica “empurrada” ou “puxada”. Expandindo essa teoria para a inovação, tem-se:

(a) quando a inovação ocorre a partir de mudanças tecnológicas por iniciativa da empresa ou da produção é classificada como “empurrada” e

(b) inovações que têm sua origem na necessidade do consumidor (mercado) são classificadas como “puxadas”.

Anderson e Tushman (1990) consideram a existência de um modelo evolutivo de inovação tecnológica. O modelo proposto é baseado em um ciclo composto por duas fases. O avanço tecnológico, ou descontinuidade de uma concepção dominante inicia-se com uma fase de intensa variação técnica e de seleção culminando em uma única concepção dominante (1ª fase ou fase de efervescência). A partir daí, ocorrem inovações incrementais baseadas na concepção dominante (2ª fase ou fase incremental) até que um ciclo novo se estabeleça.

Considerando o modelo evolutivo de inovação tecnológica, Anderson e Tushman (1990) propõem oito hipóteses:

1ª hipótese - O número de projetos na fase de efervescência é maior que na fase subsequente, denominada fase incremental.

2ª hipótese (A) - A fase de efervescência tem um tempo maior quando provoca uma descontinuidade de competência, em comparação quando ocorre o inverso (reforço da competência existente).

2ª hipótese (B) - A fase de efervescência cresce mais lentamente em cada série de reforço da competência existente.

3ª hipótese - Nos regimes de baixa propriedade (processo de patente), uma única concepção dominante surgirá na sequência de cada descontinuidade tecnológica.

4ª hipótese - Após cada descontinuidade tecnológica, há picos de vendas de todas as versões da nova tecnologia depois do surgimento da concepção dominante e não durante a fase da efervescência.

5ª hipótese – Uma descontinuidade tecnológica, por si só, não se tornará uma concepção dominante.

6ª hipótese - Uma concepção dominante não está localizada na fronteira do desempenho técnico no momento em que se torna dominante.

7ª hipótese - Concepção dominante surge da destruição de competência que é iniciada por novos entrantes na indústria, enquanto concepção dominante com reforço da competência é iniciada por empresas cuja entrada precedeu a descontinuidade.

8ª hipótese - A maior parte das melhorias de desempenho sobre a vida útil da tecnologia irá ocorrer fora da fase incremental.

Adicionalmente, Porter (1999) argumenta que a inovação não se refere apenas à tecnologia no sentido *stricto sensu*, mas também às maneiras de comercializar, de posicionar o produto e de prestar serviços.

2.3. GESTÃO DA INOVAÇÃO

Muitos trabalhos científicos compreendem o processo de inovação como a base da economia competitiva atual, relacionando sucesso empresarial competitivo com a gestão da inovação nas empresas (PORTER; KETELS, 2003).

Segundo Ulrich e Eppinger (2004) a organização deve tomar duas importantes decisões sobre a forma de condução do desenvolvimento de seus novos produtos:

- O Processo de desenvolvimento de produto
- A Organização de desenvolvimento de produto, ou seja, organização dos projetos.

O Processo de desenvolvimento de produto é a sequência de etapas ou atividades que a empresa emprega para conceber, projetar e comercializar um produto. Um processo de desenvolvimento bem definido contribui com a:

- a) Garantia da qualidade do produto: um processo de desenvolvimento deve especificar as fases do projeto de desenvolvimento e as verificações que devem ser feitas ao longo do processo de desenvolvimento de forma a garantir a qualidade do produto;
- b) Coordenação: um processo de desenvolvimento bem articulado deve ter claramente definido o papel de cada um dos membros da equipe de desenvolvimento. Este plano define as contribuições de cada um, processo de comunicação e insumos necessários;
- c) Planejamento: um processo de desenvolvimento deve considerar marcos para conclusão de cada fase. O tempo desses marcos deve estar ancorado na programação de todo o processo de desenvolvimento;
- d) Gestão: o processo de desenvolvimento é um ponto de referência para a avaliação do desempenho de um contínuo esforço de desenvolvimento. Comparando os eventos atuais do processo estabelecido, o gestor pode identificar possíveis problemas nas áreas;
- e) Melhoria contínua: uma documentação cuidadosa do processo de desenvolvimento da organização ajuda a identificar oportunidades de melhorias.

Os autores sugerem um processo de desenvolvimento de produto genérico composto de cinco fases. O *input* para um processo de desenvolvimento de produto é o estabelecimento da missão e o *output* é o lançamento do produto:

- a) Estabelecimento da missão: identifica o mercado-alvo do produto, descreve as funções básicas do produto e especifica as metas do negócio.
- b) Lançamento do produto: ocorre quando ele está disponível no mercado.

As cinco fases mencionadas pelos autores estão detalhadas no Quadro 1:

Quadro 1 – As Cinco Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto

1. Desenvolvimento do conceito	2. Projeto no nível de sistema	3. Projeto detalhado	4. Testes e refinamentos	5. Produção
<i>Marketing:</i>	<i>Marketing:</i>	<i>Marketing:</i>	<i>Marketing:</i>	<i>Marketing:</i>

<ul style="list-style-type: none"> > Define segmentos de mercado. > Identifica usuários líderes. > Identifica produtos competitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> > Plano de desenvolvimento para opções de produtos e famílias de produtos. 	<ul style="list-style-type: none"> > Plano de desenvolvimento do mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> > Desenvolvimento promocional e materiais de lançamentos. > Facilitar os testes de campo. 	<ul style="list-style-type: none"> > Local para produção antecipada com clientes-chave.
<p>Projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Investiga a viabilidade do conceito dos produtos. > Desenvolve o conceito do projeto industrial. > Constrói e testa protótipos. 	<p>Projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Gerar alternativas de arquiteturas do produto. > Definir principais subsistemas e interfaces. > Refinar o projeto industrial. 	<p>Projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Definir geometria das peças. > Escolher materiais. > Definir tolerâncias. > Concluir documentação de controle do projeto industrial. 	<p>Projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Fazer testes de confiabilidade, vida-útil e de desempenho. > Obter aprovação regulatória. > Implementar alterações no projeto. 	<p>Projeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Evoluir na produção antecipada.
<p>Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Estimar custos de produção. > Avaliar viabilidade de produção. 	<p>Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Identificar fornecedores para componentes-chave. > Análise de fazer ou comprar. > Definir montagem final. 	<p>Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Definir processo produtivo. > Ferramenta do projeto. > Definir processo de garantia da qualidade. 	<p>Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Facilitar <i>ramp-up</i> dos Fornecedores. > Refinar fabricação e processo de montagem. > Treinar força de trabalho. > Refinar processo de garantia da qualidade. 	<p>Industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Iniciar operação do sistema de produção.
<p>Outras Funções:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Financeiro: apoiar análise econômica. > Legal: investigar questões de patentes. 	<p>Outras Funções:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Financeiro: apoiar análise de fazer ou comprar. > Serviço: identificar questões de serviço. 		<p>Outras Funções:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Vendas: Plano do desenvolvimento de vendas. 	

A fase de desenvolvimento do conceito exige muita integração entre as diferentes funções da equipe de desenvolvimento do produto. Denominada também como *front-end process*, é composta pelas seguintes atividades:

1. Identificar as necessidades dos clientes: conjunto de declarações das necessidades dos clientes, construídas cuidadosamente;
2. Estabelecer metas de especificações: descrição detalhada do que o produto tem para fazer. É a tradução das necessidades dos clientes em termos técnicos. Cada especificação consiste em uma métrica e uma meta para esta métrica;
3. Analisar a competitividade do produto: é crucial para o sucesso do posicionamento do novo produto. É chamada de aferição da competitividade;
4. Generalização dos conceitos: a meta é explorar exaustivamente o espaço dos conceitos dos produtos que podem ser aplicados para as necessidades dos clientes. Inclui uma combinação de pesquisa externa, criatividade em resolver problemas no seio da equipe, e de exploração sistemática das diversas soluções fragmentos que a equipe gera. O resultado é uma lista com dez a vinte conceitos, cada um representado por um esquema e um breve texto descritivo;
5. Seleção de um conceito: escolher o conceito preferencial;
6. Refinar especificações: depois de escolhido o conceito, deve-se refinar as especificações levando em consideração as limitações inerentes ao conceito do produto. As limitações são identificadas através de modelagem técnica e *trade-offs* entre custos e desempenho;
7. Análise econômica: deve justificar a continuidade do projeto de desenvolvimento. É construída através de um modelo econômico que considera custo de desenvolvimento e manufatura;
8. Planejamento do projeto: fase final do desenvolvimento do conceito. O time cria uma programação detalhada do desenvolvimento, estratégia para minimizar o tempo de desenvolvimento e identificar recursos requeridos para completar o projeto. O maior resultado pode ser capturado em um livro-contrato que contém a missão, necessidades dos clientes, os detalhes da seleção do conceito, especificações, análise econômica, programação do projeto, *staff* e orçamento.

Os autores esclarecem, também, que o processo de desenvolvimento genérico é mais apropriado para produtos “demandados pelo mercado”. Outros tipos de produtos podem exigir variações do processo genérico, conforme detalhado no Quadro 2:

Quadro 2 – Variações do Processo Genérico de Desenvolvimento de Produto

	Genérico (<i>Market Pull</i>)	<i>Technology-Push</i>	Produtos de Plataformas	Intensivo em Processos	Customizados
Descrição	Empresa inicia a partir de uma oportunidade de mercado, então busca uma tecnologia apropriada para atender necessidades do cliente.	Empresa inicia uma nova tecnologia, então busca um mercado apropriado.	Empresa assume que o novo produto será construído a partir de subsistema tecnológico pré-existente.	Características do produto são altamente constituídas por processos produtivos.	Novos produtos são pequenas variações das configurações existentes.
Distinção do processo genérico		Atividade inicial de combinar tecnologia com mercado. Conceito de desenvolvimento assume uma dada tecnologia.	Desenvolvimento do conceito assume uma plataforma de tecnologia.	Ambos, processos e produtos, devem ser desenvolvidos juntos, ou um processo de produção existente deve ser especificado para o começo.	Similaridade dos projetos permite um processo de desenvolvimento altamente estruturado.
Exemplos	Artigos esportivos, móveis, ferramentas.	Capas de chuva, envelopes de Tyvek	Produtos eletrônicos de consumo, computadores e impressoras.	Alimentos de petiscos, cereal, químicos, semicondutores	Interruptores, motores, baterias, contêineres.

Fonte: Ulrich e Eppinger, 2004.

Organização do desenvolvimento de produto: independente do processo de desenvolvimento, as tarefas são concluídas por pessoas dentro da organização. Organização de desenvolvimento de produto é definida pelos autores como um sistema pelo qual os projetistas e desenvolvedores individuais estão ligados dentro dos grupos. Essas *interfaces* entre os indivíduos podem ser formais ou informais e incluem:

- Relatório de Relacionamentos: noção de supervisão e subordinação;
- Disposições financeiras: os indivíduos estão ligados por fazerem parte da mesma entidade financeira, como o definido por uma categoria especial de orçamento ou de ganhos e perdas;
- *Layout* físico: as ligações são criadas entre indivíduos quando eles dividem o mesmo escritório, andar, edifício ou site. Essas ligações são frequentemente informais. As mais fortes ligações organizacionais são aquelas que envolvem evolução do desempenho, orçamentos e outras alocações de recursos.

As ligações organizacionais podem estar alinhadas por funções, projetos ou ambos. Assim, independentemente de suas ligações organizacionais, as pessoas podem estar classificadas em dois diferentes caminhos: conforme sua função e conforme os projetos em que trabalham.

Uma função (em termo organizacional) é uma área de responsabilidade que geralmente envolve especialização, treinamento ou experiência. As funções clássicas no desenvolvimento de produto são *marketing*, *design* e manufatura, e, independente das suas funções, os indivíduos aplicam sua especialidade em projetos específicos.

Em desenvolvimento de produtos, um projeto é um conjunto de atividades no processo de desenvolvimento para um produto em particular e inclui, por exemplo, identificação das necessidades do cliente, geração do conceito do produto etc.

Ulrich e Eppinger (2004) observam que as duas classificações (por função/ por projeto) têm sobreposição: os indivíduos de várias funções diferentes irão trabalhar no mesmo projeto. Além disso, enquanto a maioria das pessoas está associada a apenas uma função, elas podem contribuir para mais de um projeto.

- **Na organização por função**, as ligações organizacionais entre os indivíduos são principalmente entre aqueles que desempenham funções semelhantes. As

peessoas, além de desempenharem as atividades inerentes à sua função, fazem parte de um ou vários projetos;

- **Na organização por projeto**, as ligações organizacionais entre as pessoas são principalmente entre aquelas que trabalham no mesmo projeto. Neste tipo de organização de desenvolvimento de produto, as pessoas ficam integralmente dedicadas ao projeto;
- **Há também o tipo híbrido, ou matriz**, conceituado como um híbrido de organização por função e organização por projeto. Duas variações de matriz organizacional são chamadas de organização por projeto “peso pesado” e organização por projeto “peso leve”. Na organização por projeto “peso pesado”, as ligações de projetos são mais fortes, o gestor do projeto geralmente tem a autoridade sobre o orçamento, está envolvido com a carreira dos membros da equipe etc. Porém, na organização por projeto “peso leve”, o gestor do projeto exerce mais um papel de coordenador e administrador, atualizando agendas e organizando reuniões, e não tem real autoridade e controle na organização do projeto.

A escolha mais apropriada para a estrutura organizacional do projeto (se por função, por projeto ou mesmo híbrida) depende de quais fatores de desempenho organizacional são mais críticos para o sucesso do novo produto. Ulrich e Eppinger (2004) listam algumas questões que ajudam na decisão da escolha da estrutura organizacional para o desenvolvimento de produtos:

- Quanto é importante a integração entre funções?
- Quanto é crítico para o sucesso do negócio a experiência funcional?
- Os indivíduos de cada função podem ser totalmente utilizados em mais de um projeto?
- Quanto é importante a velocidade do desenvolvimento de produtos?

A literatura empírica sobre o desenvolvimento de novos produtos é crescente. Brown e Eisenhardt (1995) organizaram boa parte da literatura existente até meados da década de 90 em três grandes dimensões: (a) Desenvolvimento de produtos como plano racional; (b) Desenvolvimento de produtos como uma teia de comunicação; e (c) Desenvolvimento de produtos como solução disciplinada de problemas.

a) Desenvolvimento de produtos como plano racional: esta perspectiva de plano racional enfatiza que o sucesso do desenvolvimento de produtos é o resultado de:

- Planejamento cuidadoso de um produto superior para um mercado atrativo;
- Execução do plano por uma equipe transversal do ponto de vista funcional, competente e bem coordenada que opera com respaldo da gerência sênior;
- Aprovação da gerência sênior.

A conclusão de Brown e Eisenhardt (1995) sobre o plano racional de desenvolvimento de produto se deu a partir de estudos dos seguintes autores: Myers e Marquis (1969 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Rothwell (1972 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Rothwell *et al.* (1974 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Cooper (1979 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Cooper & Kleinschmidt (1987 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995) e Maidique & Zirger, (1984, 1985 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995). O sucesso ou fracasso do projeto foi medido a partir de 11 indicadores financeiros, incluindo rentabilidade, capital de retorno, faturamento e participação no mercado.

Os autores observaram que o item mais importante para o sucesso do produto foram as vantagens do produto. O valor intrínseco do produto, incluindo benefícios únicos para os clientes, alta qualidade, custo atrativo e características inovadoras do produto, foi considerado entre as vantagens do produto como fator mais crítico para o seu sucesso. Esses produtos eram vistos como superiores aos produtos concorrentes e resolveu problemas que os clientes enfrentavam.

A organização interna também foi crítica para o sucesso do produto, sendo particularmente importante o planejamento do pré-desenvolvimento. Esse planejamento incluía um mercado-alvo bem definido, especificação do produto, claro conceito do produto, amplo mercado preliminar, avaliações técnicas, competências multifuncionais e suas sinergias com as competências das empresas já existentes. O apoio da gestão superior também foi relevante, mas menos que os demais fatores.

A condição do mercado também implicou o sucesso do produto. Cooper e Kleinschmidt (1987 *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995), verificou que os produtos que entraram num mercado amplo e em crescimento tiveram mais chances de serem bem-sucedidos. Adicionalmente, produtos introduzidos em mercados com poucos

competidores também tiveram boa *performance*, conforme os indicadores financeiros selecionados pelos autores - embora Cooper e Kleinschmidt (1987) tenham notado que essas características do mercado foram menos importantes para o sucesso comercial do que os fatores do produto e organização interna, tais como vantagens do produto, conceito claro e planejamento preliminar.

Em 1993 os autores tinham conduzido outro estudo sobre desenvolvimento de produtos nas indústrias químicas da América do Norte e Europa e notaram novamente que as vantagens do produto foram mais fortemente associadas com seu sucesso financeiro. Contrariamente ao seu estudo anterior, os autores verificaram neste caso que a competitividade do mercado não tinha relação com o sucesso do produto. Assim, Cooper e Kleinschmidt (1987 *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995) sugerem, para estes resultados, que o efeito da competitividade do mercado sobre os resultados do projeto precisa ser mais bem investigado.

Uma organização interna focada na boa execução de todas as fases do processo de desenvolvimento e trabalhando com uma equipe multifuncional bem coordenada também foi vista como de grande relevância para o sucesso de um produto. Desenvolvimentos que tiveram comprometimento da alta direção foram construídos em pontos fortes das empresas. Tinham o reconhecimento dos clientes sobre o bom desempenho técnico do produto, baixo custo, confiança, qualidade ou singularidade e finalmente estariam inseridos em um mercado amplo, em crescimento, podendo se transformar em *cases* de sucesso (BROWN; EISENHARDT, 1995).

O Projeto de Inovação de *Stanford* também deu ênfase às vantagens do produto, à atratividade do mercado e à organização interna (BROWN; EISENHARDT, 1995). Setenta pares de sucesso/fracasso de produtos foram levantados e, destes, 21 estudos de casos foram realizados posteriormente. O terceiro estudo expandiu os dois primeiros, examinando 86 pares de sucesso / fracasso de produtos (Zirger; Maidique, 1990, *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995). Os autores utilizaram questionários que comparavam produtos bem-sucedidos com produtos que foram um fracasso dentro das empresas. O público que respondeu aos questionários era formado por executivos seniores de indústrias eletrônicas. O sucesso foi medido pelo fato de os executivos relacionarem o produto com uma perda financeira ou com um aumento de lucro. Todas as hipóteses foram comprovadas.

Brown e Eisenhardt (1995) destacam outros autores – como Dwyer e Mellor (1991) e Hise, O’Neal, Parsuraman e McNeal (1990) – que identificaram aspectos específicos do planejamento racional, como por exemplo, o planejamento do pré-desenvolvimento e o foco na participação do mercado e P&D, que se correlacionam com o sucesso do produto. Outra tendência é a de não focar no sucesso financeiro, mas especificamente na velocidade do desenvolvimento do produto (Cordero, 1991; Mabert, Muth, e Schmenner, 1992 *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995).

Gupta e Wilemon (1990, *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995) sugerem, para o rápido desenvolvimento do produto, focar na organização interna, incluindo a importância logo no início da multifuncionalidade, participação de clientes e fornecedores no processo e nítido apoio da alta gestão, mais recursos e melhor equipe.

Em geral, de acordo com os autores, um desenvolvimento de produto bem-sucedido é o resultado de um planejamento racional bem executado. Isto é, o sucesso do produto é mais provável quando há vantagens de mercado, é direcionado para um mercado atrativo e sua execução é através de uma organização interna de excelência.

A organização interna é entendida pelos autores como um planejamento bem cuidadoso das atividades de pré-desenvolvimento, execução por um time multifuncional competente e bem coordenado, jogando com as sinergias da empresa e com apoio forte da alta gerência.

Esta abordagem leva a uma visão global do processo de desenvolvimento de produto, que enfatiza as características do produto, a organização interna e o mercado. A Figura 2 sumariza o Modelo de Plano Racional de Desenvolvimento de Produto, conforme revisão da literatura de Brown e Eisenhardt (1995):

Figura 2 – Modelo de Plano Racional de Desenvolvimento de Produto

Fonte: Brown e Eisenhardt, 1995.

b) Desenvolvimento de produtos como uma teia de comunicação: a segunda perspectiva está centrada na comunicação. A premissa é que a comunicação entre os integrantes da equipe e com pessoas externas estimula o desempenho das equipes de desenvolvimento. Ao contrário do plano racional, esta perspectiva é estritamente focada em uma variável independente - a comunicação. Assim, esses estudos enfatizam a comunicação em profundidade, olhando dentro da "caixa preta" da equipe de

desenvolvimento de produtos e complementam a linha racional com a inclusão de política e aspectos de processamento de informações dentro do desenvolvimento de produtos. Os autores estudados por Brown e Eisenhardt na época foram Allen (1971, 1977 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Katz e Tushman (1981 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Katz (1982 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Katz e Allen (1985 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Keller (1986 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Ancona e Cardwell (1990, 1992a, 1992b *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Dougherty (1990, 1992 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995) e Dougherty e Corse (1995 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995).

c) Desenvolvimento de produtos como solução disciplinada de problemas: a terceira linha da pesquisa de Brown e Eisenhardt (1995) é chamada de solução disciplinada de problemas. Esta corrente evoluiu a partir de estudos das práticas de desenvolvimento de produtos dos japoneses em meados dos anos 80. Neste caso, desenvolvimento de produto bem-sucedido é visto como um ato de equilíbrio entre solução de problema relativamente autônoma pela equipe do projeto e da disciplina do líder maior, uma alta administração forte e uma visão global do produto, resultando em um rápido processo de desenvolvimento produtivo e em um conceito de produto de alta qualidade. Os autores chegaram a esta conclusão a partir de estudos dos seguintes autores: Imai *et al.* (1985 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Takeuchi e Nonaka (1986 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Clark, Chew e Fujimoto (1987 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Clark e Fijimoto (1991 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Hayes *et al.* (1988 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Womack *et al.* (1990 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995), Iansiti (1992, 1993 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995) e Eisenhardt e Tabrizi (1995 *apud* BROWN E EISENHARDT, 1995).

O quadro a seguir sumariza os principais aspectos das três linhas da pesquisa:

Quadro 3 – Sumário dos Aspectos das Linhas da Pesquisa Plano Racional, Teia de Comunicação e Solução Disciplinada de Problemas

Aspectos	Plano Racional	Teia de Comunicação	Solução Disciplinada de Problemas
Foco	Determinantes do desempenho financeiro de um <u>produto</u> .	Efeitos da <u>comunicação</u> no desempenho.	Efeitos do time, dos fornecedores e dos líderes no <u>processo</u> .
Desempenho	Financeiro.	Percebido.	Operacional.
Conclusões	Sucesso quando: Produto atende mercado. Execução competente. Endosso da alta direção.	Comunicação entre membros e para fora do time estimula o desempenho.	Equilíbrio entre um processo de solução de problemas pelo time, liderança forte e visão dominante.
Teorias	<i>Passa ao largo.</i>	Processamento de informação e dependência de recursos.	Processamento da informação com foco na solução de problemas.
Métodos	Exploratório. Informante único. Muitas variáveis independentes.	Dedutivo, indutivo. Informantes múltiplos.	Progressão do indutivo ao dedutivo. Informantes múltiplos. Estudos de casos. Única indústria, estudos globais.
Limitações	Imprecisão dos conceitos centrais. Efeito aura, vieses, miopia. Métodos inibem geração de teorias.	Avaliação subjetiva do desempenho. Combinação com outros fatores não contemplada.	Falta de realismo. Imprecisão de alguns conceitos. Perspectiva nipônica.

Fonte: Brown e Eisenhardt, 1995, com adaptações do autor.

Assim, Brown e Eisenhardt (1995) concluíram que as três linhas de pesquisa podem ser sintetizadas em um modelo de fatores que impactam o sucesso do projeto de desenvolvimento de novos produtos, demonstrados na figura 3.

Figura 3 – Modelo de Fatores que Impactam no Sucesso do Projeto de Desenvolvimento de Novos Produtos

Fonte: Brown e Eisenhardt, 1995.

* As letras maiúsculas e as linhas mais grossas indicam resultados robustos.

Por outro lado, Murphy e Vinod Kumar (1997) alertam que os estudos empíricos têm dispensado pouca atenção às atividades desempenhadas no *front end* de desenvolvimento de novos produtos. Assim, os autores apresentam no artigo “*The front end of new products development: a Canadian survey*”, os resultados de um estudo com 53 indivíduos de 15 empresas de alta tecnologia na indústria de circuitos integrados.

Murphy e Vinod Kumar (1997) definem *front end* como as atividades de pré-desenvolvimento e, a partir de seus estudos, apresentam um modelo de atividades de pré-desenvolvimento em três estágios: geração da ideia, definição do produto e evolução do projeto seguir:

- **A geração de ideias** marca o começo do processo de desenvolvimento de produto; as ideias podem vir de varias fontes ou iniciativas:
 - (a) Exploração do ambiente - contatos diretos com clientes, usuários, líderes, identificação de novas oportunidades e solicitações de propostas;
 - (b) Cultura de inovação da organização - utilizando pessoal interno, estimulando e mantendo um ambiente criativo, liberdade de olhar para além das linhas de produtos passados, através de *brainstorming*, previsão da tendência da tecnologia, gestão da interação das pessoas;
 - (c) Pesquisa conjunta.
- **O estágio de definição do produto** converte a ideia na possibilidade de um produto tangível e/ou projeto inicial do conceito, ou seja:
 - (a) Demonstrar adequação à organização – revelar uma ligação entre a ideia e a estratégia e capacidade operacional;
 - (b) Demonstrar mercado potencial e promover rentabilidade financeira.
- **O estágio de evolução do projeto** envolve a avaliação do desenvolvimento e o potencial de mercado da ideia do produto, e resulta na aprovação ou rejeição do desenvolvimento através de:
 - (a) Análise de desempenho do negócio e estudo de viabilidade;
 - (b) Demonstração clara do conjunto de objetivos – capacidade para conhecer necessidades do mercado alvo;
 - (c) Apoio da alta gestão;

(d) Garantia do financiamento;

(e) Tempo favorável de mercado.

Clark *et al.* (1993) apresentaram um paradigma novo, na época, e defenderam que as empresas que se notabilizaram no desenvolvimento de produtos e processos tendem a ter um padrão característico em suas abordagens que representa esse novo paradigma. O projeto de desenvolvimento é visto como um risco de negócio; assim, deve ser dirigido por um gerente experiente, dotado de recursos consideráveis e bom no recrutamento de pessoas altamente competentes, podendo recorrer ao apoio de uma variedade de especialistas e grupos funcionais. O desenvolvimento é caracterizado pela ampla sobreposição, com duas vias de intercâmbio contínuo de informações nos níveis menores. Diferentes fases do projeto são integradas através de um entendimento comum da finalidade principal do produto ou processo.

Solução rápida e eficaz de problema e resolução precoce de conflitos são a regra. Os projetos desenvolvidos por organizações que adotam esse novo paradigma são altamente focados, encaixam uma sequência bem planejada de projetos relacionados. Certos tipos de problemas comuns são evitados por manterem a equipe do projeto pequena e estável, que adere às prioridades pré-definidas, mantendo um ritmo constante ao longo do desenvolvimento. Os maiores problemas são enfrentados e resolvidos à medida que surgem, com a plena participação de especialistas funcionais e pessoal de nível menor, ao invés de serem levados para a alta administração. A organização trabalha continuamente para reduzir o tempo necessário para o projeto, o protótipo e os ciclos de ensaio. Enfim, estas características estão em nítido contraste com as do paradigma convencional, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Características do Paradigma Convencional e do Novo Paradigma de Projetos

Dimensão	Paradigma convencional	Novo paradigma
Interesses Custo Desempenho Cronograma	Não negociável, definido no início Um deles visto como prioritário	Pode requerer revisão ocasional Atenção a todos eles
Equipe Foco	Liderada pela engenharia de projetos Inicia no marketing, migra para engenharia e termina em manufatura	Liderada por gerente de negócios Equipe multi-funcional, do início ao fim
Fases	Sequencial	Sobreposição extensiva
Obstáculos de gestão	Prioridades alteradas Gargalos afetam recursos limitados de projeto Ciclos de produção lentos Atrasos de fornecedores Mudanças de engenharia excessivas	Gerenciados através de melhores planos, disciplina, habilidades e acompanhamento
Resposta para atrasos no cronograma	Negação Pular etapas Anunciar que está completo, passar para operação	Muito menos frequente mas abordados de forma realista quando ocorrem
Forma de lidar com atividades-chave Solução de problemas Solução de conflitos Organização do projeto	Dentro do grupo ou disciplina funcional Suprimidos, adiados ou escalenados Em geral funcional com passagem do bastão	Sobreposição e equipe multi-funcional Atacados cedo nos níveis operacionais Ger. de projeto <i>heavy-weight</i> mantém a integração
Controle da manufatura	Apenas formas básicas de controles considerados necessários	Formas progressivas ou dinâmicas de controle
Transferência de informação	Grandes lotes, transferidos adiante apenas após conclusão da fase	Muitas interações bi-direcionais ao decorrer do desenvolvimento
Envolvimento antecipado da manufatura	Visto como “mal necessário”	Baseado em confiança e respeito mútuo, agrega valor
Projeto para “manufaturabilidade”	Dá à manufatura poder de veto sobre a engenharia de projeto	Provê produtos e processos aperfeiçoados

Fonte: Clark *et al*, 1993.

2.4. A RELEVÂNCIA DA INOVAÇÃO E DA CADEIA DE SUPRIMENTOS PARA A ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL

Uma das mais poderosas forças que afetam as empresas desde a 2ª Guerra Mundial tem sido a globalização da competição (PORTER, 1999). O ambiente corporativo do século XXI, globalizado e dinâmico, tem exigido das organizações uma estratégia voltada também para a inovação, quer seja tecnológica, em produtos ou processos.

Conforme Ghemawat (2007), a origem da palavra estratégia vem do grego *strategos*, que significa magistrado-chefe ou o comandante-chefe militar. O termo estratégia passou a fazer parte do contexto comercial somente no século XX.

Entre meados de 1700 a 1800, a 1ª Revolução Industrial não conseguiu induzir uma evolução do pensamento ou comportamento estratégico, pois os mercados caóticos da primeira metade do século XIX levaram economistas como Adam Smith a descrever as forças de mercado como “uma mão invisível”.

Na segunda metade do século XIX, com a 2ª Revolução Industrial nos Estados Unidos, o termo estratégia passou a fazer parte do ambiente competitivo das empresas como forma de influenciá-lo e de moldar as forças de mercado. Construções de importantes ferrovias após 1850 favoreceram o mercado de massa; acessos melhores ao crédito e ao capital contribuíram com a exploração de economia de escala na produção e economia de escopo na distribuição. Assim “a mão invisível” de Adam Smith foi substituída pela “mão visível” dos gestores de Alfred D. Chandler Jr.

No final do século XIX, surgiu nos Estados Unidos e posteriormente na Europa um novo tipo de empresa, as corporações verticalmente integradas. Alfred Sloan (General Motors – 1923 a 1946) elaborou uma estratégia de sucesso; Chester Barnard (New Jersey Bell – década de 1930) chamou a atenção dos administradores para os “fatores estratégicos” que dependem da “ação pessoal e organizacional”.

Ainda segundo Ghemawat (2007), a 2ª Guerra Mundial (1939 - 1945), com o problema da alocação de recursos escassos por toda a economia, estimulou o pensamento estratégico no contexto militar e de negócios, encorajando a formalização do pensamento estratégico para orientar decisões gerenciais. Sobre esse período, Peter Drucker defendeu que “o gerenciamento não é apenas comportamento passivo e adaptado; significa tomar atitudes que façam acontecer os resultados esperados”. Esse pensamento tornou-se a chave do raciocínio para a estratégia corporativa, ou seja, pelo planejamento formal, as organizações poderiam exercer algum controle positivo sobre as forças de mercado.

Em 1963, houve um congresso sobre política empresarial em Harvard que ajudou a difundir o que representou um grande avanço ao explicitamente fazer o pensamento competitivo tratar de questões de estratégia, o conceito SWOT (*Strengths / Weaknesses / Opportunities / Threats*) tanto na Academia quanto na prática de gerenciamento.

No mesmo ano, conforme estudo do Instituto de Pesquisa da Universidade de Stanford, grande parte das empresas dos Estados Unidos constituiu formalmente departamentos de planejamento, e o Boston Consulting Group (BCG) foi fundado.

O BCG, que passou a ser conhecido como “boutique de estratégia”, baseava-se no conceito simples de curva de aprendizagem, ou curva de experiência, precursora da matriz de crescimento compartilhado, que representava o uso pioneiro do planejamento de portfólio. Na década de 1970, a maioria das consultorias importantes adotava algum planejamento de portfólio, mas no final da mesma década, essa técnica enfrentou contestações: recomendações estratégicas para uma Unidade de Negócio quase sempre eram muito sensíveis à técnica de planejamento de portfólio, a definição de alocação de recursos baseada na informação histórica era intrinsecamente problemática e encorajavam uma preferência pelo distanciamento analítico em detrimento do conhecimento intuitivo oriundo da experiência. Apesar dessas críticas, o planejamento de portfólio influenciou por muito tempo trabalhos subsequentes de estratégia de negócios.

No final da década de 1970, Porter, em seu clássico artigo *How competitive forces shape strategy* (1979), enfatiza a estratégia competitiva, cadeia de valor e as cinco forças competitivas. Para o autor, estratégia competitiva (EC) é a busca de uma posição competitiva favorável em uma indústria (setor), visa estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra as forças que determinam a concorrência da indústria. A escolha da estratégia competitiva deve considerar a atratividade do setor industrial a que a empresa pertence e a posição competitiva da empresa.

A vantagem competitiva surge do valor que uma empresa consegue criar para seus clientes, ultrapassando, é claro, o seu custo de fabricação. Tal vantagem pode ser conseguida através da Liderança em custo ou Diferenciação.

a) Liderança em custo:

O comportamento dos custos de uma empresa e a posição dos custos relativos provêm das atividades de valor por ela executadas na concorrência em uma indústria. Uma análise de custos significa examinar os custos das atividades de valor e não os custos da empresa como um todo. A vantagem de custo resulta se a empresa obtém um custo cumulativo da execução das atividades de valor mais baixo que o custo da concorrência. Os custos são atribuídos considerando os custos operacionais sobre as

atividades em que são incorridos e os ativos que são atribuídos às atividades que empregam, controlam ou exercem a maior influência sobre seu uso.

A análise dos custos divide-se em três: insumos operacionais adquiridos, custos de recursos humanos e ativos por categoria principal. O comportamento dos custos depende dos condutores de custo ou fatores estruturais a seguir:

- Economias de escala: surgem da habilidade de executar atividade de forma diferente e mais eficiente em um volume maior, ou da habilidade para amortizar os custos intangíveis como marketing e P&D sobre um maior volume de vendas.
- Aprendizagem: o custo de uma atividade de valor pode cair com o passar do tempo devido à aprendizagem que aumenta sua eficiência. Os mecanismos através dos quais a aprendizagem pode reduzir o custo no decorrer do tempo são inúmeros, e incluem fatores como mudanças no layout, uma melhor programação, aprimoramento da eficiência da mão de obra, modificações no projeto que facilitam a fabricação, melhor rendimento, procedimentos que aumentam a utilização do ativo e uma melhor adaptação das matérias-primas do processo.
- Padrão da utilização da capacidade: quando uma atividade de valor tem um custo fixo substancial a ela associado, o custo de uma atividade será afetado pela utilização da capacidade.
- Elos: criam uma oportunidade para redução de custo total das atividades ligadas a *interfaces* dentro da cadeia de valores da empresa e elos verticais (com fornecedores e clientes).
- Inter-relações com outras unidades empresariais dentro de uma empresa afetam o custo. A forma mais importante de inter-relações é quando uma atividade de valor pode ser compartilhada com uma unidade-irmã.
- Integração: uma empresa deve avaliar os benefícios em potencial da integração para cada insumo adquirido importante em uma cadeia de valor. Por outro lado, ela deve examinar as funções hoje executadas internamente, para determinar se a desintegração reduziria o custo da atividade sem afetar a estratégia da empresa.

- **Momento oportuno:** o custo de uma atividade de valor reflete normalmente na oportunidade. Às vezes uma empresa pode obter as vantagens de ser a primeira a mover-se por estar entre os primeiros a adotar uma ação particular. Por exemplo, a primeira grande marca no mercado pode ter custos mais baixos para estabelecer e manter uma marca registrada.
- **Políticas descritivas:** são escolhas de políticas arbitrárias que refletem a estratégia de uma empresa e frequentemente envolvem “*tradeoffs*” deliberados entre custo e diferenciação. Algumas opções e políticas que costumam ter maior impacto sobre os custos incluem: característica, desempenho e configuração do produto, “*mix*” e variedade de produtos oferecidos, nível de serviço fornecido, índice de gastos com marketing e P&D, tempo de entrega, compradores atendidos, canais empregados, tecnologia de processo escolhida, especificações de matérias-primas, políticas de Recursos Humanos, procedimentos de programação da produção, da manutenção, da força de vendas etc.
- **Localização:** a localização geográfica de uma atividade de valor pode afetar seu custo, do mesmo modo que sua localização quanto a outras atividades de valor. As localizações diferem nos custos de mão de obra, da administração, do pessoal científico, das matérias-primas, da energia e de outros fatores. Níveis salariais prevalentes e impostos variam acentuadamente por país, região dentro de um país, e cidade.
- **Fatores institucionais:** constituem o principal condutor do custo final. Exemplos: regulamentação governamental, férias fiscais e outros incentivos financeiros, sindicalização, tarifas e tributos, além de normas de contexto locais.

Existem duas maneiras de uma empresa obter uma vantagem de custo: (a) controlando os condutores de custos ou (b) reconfigurar sua cadeia de valores através de processo de produção diferente, diferenças na automação, vendas diretas ao invés das indiretas, novo canal de distribuição, nova matéria-prima, grandes diferenças de integração vertical para frente e para trás, mudar a localização das instalações em relação aos fornecedores e aos clientes, novos meios de publicidade.

b) Diferenciação:

Uma empresa diferencia-se da concorrência se puder ser singular em alguma coisa valiosa para seus clientes, permitindo-lhes que se peça um preço-prêmio. A singularidade de uma empresa em uma atividade de valor é determinada por uma série de condutores básicos, que determinam as razões pelas quais uma atividade é singular:

- Escolhas de Políticas - treinamento ao cliente;
- Elos – cadeia de valores, fornecedores e canais;
- Oportunidade – primeira a oferecer;
- Localização – banco varejista;
- Inter-relações – empresas-irmãs;
- Aprendizagem e vazamento;
- Integração – novas atividades;
- Escalas;
- Fatores institucionais;

A diferenciação é dispendiosa. A empresa precisa incorrer em custos para ser singular, pois a singularidade exige que se executem atividades de valor de uma melhor forma que a concorrência. A singularidade não resulta em diferenciação, a menos que seja de valor para o cliente, justificando um preço-prêmio que a empresa consegue obter por meio de dois mecanismos, ou seja, reduzindo o custo ou elevando o desempenho do cliente.

A redução do custo do cliente poderá ser obtida através da entrega, instalação e financiamentos, menor índice necessário de consumo do produto, menores custos diretos de utilização do produto como mão de obra, combustível, manutenção, espaço necessário, menores custos indiretos ou o impacto do produto sobre outras atividades de valor e menores riscos de falhas.

Para elevar o desempenho do cliente é preciso que se compreenda qual o desempenho desejável do seu ponto de vista. As suas necessidades precisam ser compreendidas, e exigem o mesmo tipo de análise do valor para o cliente através de dois tipos de critérios: de uso, que tem sua origem nas ligações entre a cadeia de valores de uma empresa e a cadeia de valores de seu cliente, e critérios de sinalização. Tais critérios estão listados abaixo:

- Reputação ou imagem;
- Publicidade cumulativa;
- Peso ou aparência externa do produto;
- Embalagem e rótulos;
- Aparência e porte das instalações;
- Tempo no negócio;
- Base instalada;
- Relação de clientes;
- Parcela de mercado;
- Preço;
- Identidade da matriz;
- Visibilidade da empresa compradora para a alta gerência.

Um dos caminhos para a empresa competir pela diferenciação é tornar o custo da diferenciação uma vantagem, explorando todas as fontes de diferenciação não dispendiosas, minimizando o custo da diferenciação através do controle dos condutores dos custos, particularmente o custo da sinalização, enfatizando formas de diferenciação em que a empresa conta com uma vantagem de custo em diferenciar-se e reduzindo o custo em atividades que não afetem o valor para o cliente.

Outro caminho é alterar as regras para criar singularidade, através da mudança do tomador de decisão pela compra no cliente, de forma que torne a singularidade da empresa mais valiosa, desenvolvendo critérios de compra no cliente não reconhecidos por ele, responder preemptivamente às mudanças nas circunstâncias do cliente ou do canal.

Finalmente, outra alternativa na busca da diferenciação é reconfigurar a cadeia de valor para ser singular de formas inteiramente novas. Por exemplo, através de um novo canal de distribuição ou método de venda, integração para frente para assumir funções do comprador ou eliminar os canais, integração para trás para controlar um maior número de determinantes da qualidade do produto e adoção de uma tecnologia de processo completamente inovadora.

Porter (1979) apresenta também a teoria das cinco forças competitivas. O autor defende que, em qualquer empresa, as regras da concorrência estão englobadas em cinco forças competitivas, apresentadas na Figura 4:

Figura 4 – As Cinco Forças Competitivas

Fonte: adaptação do Quadro das Cinco Forças Competitivas que determinam a Rentabilidade do Setor. Elementos da Estrutura Industrial (PORTER, 1979).

As cinco forças competitivas da teoria de Porter, que definem o quanto a organização é competitiva em seu setor, são explicadas nos tópicos seguintes:

a) Novos Entrantes: há constante ameaça da entrada de novos *players* no mercado, ou seja, novos concorrentes que disputarão os mesmos clientes. Assim, a empresa deve sempre buscar barreiras à entrada desses novos concorrentes através de:

- Economias de escala;
- Diferenciação de produtos e serviços;
- Exigências de Capital;

- Custos de mudança;
- Acesso aos canais de distribuição;
- Desvantagens de custos, independentes da escala;
- Políticas públicas;
- A ameaça de retaliação.

b) Fornecedores: o poder de negociação dos compradores também pode comprometer a vantagem competitiva de uma indústria. A empresa possivelmente estará ameaçada quando:

- O fornecimento está concentrado em poucas grandes empresas;
- Não há produtos ou serviços substitutos satisfatórios;
- A sua indústria não é um mercado importante para os fornecedores;
- Os produtos dos fornecedores são elementos-chave na estratégia da sua empresa;
- O custo de mudar de fornecedor é alto;
- Fornecedores podem integrar verticalmente, passando a oferecer o produto ou serviço diretamente ao seu cliente.

c) Clientes: o poder dos clientes deixa a empresa vulnerável. Essa situação normalmente se agrava quando:

- Compram parte importante da produção do setor;
- Têm elevada participação no faturamento total do produtor;
- Podem mudar facilmente de fornecedor;
- Os produtos ou serviços do setor são pouco diferenciados (*commodities*);
- Os clientes podem integrar verticalmente e eles mesmos produzirem.

d) Produtos e Serviços Substitutos: outra ameaça, segundo a teoria das cinco forças competitivas de Porter, é o nível de substituição dos produtos e serviços. A ameaça é iminente quando:

- O custo de mudança ou o preço do substituto é baixo;

- O desempenho e a tecnologia do substituto são melhores.
- e) **Concorrência atual:** a rivalidade da concorrência atual é a quinta e última força competitiva da teoria apresentada por Porter; representa mais uma ameaça para a organização, assim, merece tanta atenção quanto as demais forças apresentadas no quadro resumo. A intensidade da rivalidade é evidenciada quando:
- Os competidores são numerosos ou muito equilibrados;
 - O setor cresce lentamente;
 - Os custos fixos são elevados;
 - Não há diferenciação, ou os custos de mudança são baixos;
 - Existem elevadas barreiras à saída: ativos altamente especializados, ligações emocionais, compromissos com o governo ou sociedade e interesse estratégico mais amplo.

Há valiosa literatura acadêmica sobre o tema estratégia de negócios. O próprio conceito de estratégia tem evoluído ao longo do tempo. Hoje encontramos autores tentando redefini-la, criticando trabalhos que no passado foram ícones na teoria e na prática da estratégia organizacional.

O próprio Porter (1996) apresenta uma nova definição para estratégia: integração do conjunto de atividades de uma empresa. O sucesso da estratégia depende de se conseguir fazer muitas coisas bem e em saber integrá-las. Se não houver adaptação entre as atividades, não há estratégia distintiva nem sustentabilidade. Os resultados dependem da eficiência operacional.

Mintzberg (2000), numa abordagem sobre a evolução da estratégia afirmam que esta requer uma série de definições. Talvez a mais tradicional, memorizada por gerações de estudantes seja: Estratégias são “planos da alta administração para atingir resultados consistentes com as missões e objetivos da organização” Os autores apresentam cinco definições em particular:

a) Estratégia pretendida definida como um plano, uma direção, um guia ou curso de ação para o futuro, “um caminho para ir daqui até ali” (olha para frente);

b) Estratégia realizada é um padrão, isto é, consistência em comportamento ao longo do tempo (olha o comportamento passado);

c) Estratégias deliberadas que são as intenções plenamente realizadas;

d) Estratégias irrealizadas, intenções não realizadas.

e) Estratégia emergente, na qual um padrão realizado não era plenamente pretendido.

No campo da implementação da estratégia, conforme teoria econômica que sugere que o desempenho das empresas é uma função dos tipos de recursos (ativos tangíveis e intangíveis) e capacidades delas em controlá-los, a *resource-based view* (RBV) ou **visão baseada em recursos (VBR)**. A VBR tem duas hipóteses sobre recursos e capacidades: a suposição da heterogeneidade de recursos (estes podem estar distribuídos heterogeneamente entre concorrentes) e a suposição da imobilidade de recursos (essa heterogeneidade pode ser de longa duração). A partir dessas duas suposições criam-se condições para a empresa ganhar vantagem competitiva (BARNEY, 2001).

Relacionada à VBR, uma ferramenta que sugere quatro questões sobre os recursos e capacidades de uma empresa para avaliar seu potencial competitivo é o modelo VRIO (valor, raridade, imitabilidade e organização).

a) Valor: os recursos e capacidades são valiosos e, portanto, considerados forças de uma empresa quando lhe permitem explorar oportunidades e neutralizar ameaças externas; do contrário, são fraquezas. A partir de uma análise da cadeia de valor (atividades primárias e de suporte), tendo como condições de sucesso permitir a exploração das oportunidades e neutralização das ameaças.

b) Raridade: recursos e capacidades valiosos, mas não raros e sim comuns são fontes de paridade competitiva dentro de um setor. Porém, recursos e capacidades valiosos e raros são fontes de vantagem competitiva, mesmo que por um determinado período.

c) Imitabilidade: recursos organizacionais raros e valiosos só podem ser fontes de vantagem competitiva sustentável se as empresas que não os possuem enfrentam uma desvantagem de custo para obtê-los ou desenvolvê-los, comparadas às empresas que já os possuem, ou seja, são recursos valiosos, raros e custosos de imitar. A imitação

pode ocorrer por duplicação direta ou substituição. Há pelo menos quatro razões para que os recursos e capacidades de uma empresa sejam caros de imitar:

- Circunstância histórica única e no espaço: trata de situações em que uma empresa ganha um acesso barato a recursos devido à sua posição no tempo e no espaço, ou seja, estava no lugar certo e na hora certa. Outras empresas podem achar esses recursos caros para serem imitados. Tanto a vantagem do pioneirismo quanto a dependência de caminho podem criar condições históricas únicas.
- Ambiguidade casual: quando existem múltiplas hipóteses não comprovadas sobre por que uma empresa tem uma vantagem competitiva, ou seja, quando concorrentes não podem saber com certeza o que permite que uma empresa obtenha vantagem.
- Complexidade social: quando a vantagem competitiva envolve relacionamentos interpessoais, confiança, cultura e outros recursos sociais que são caros de imitar no curto prazo.
- Patentes: têm o objetivo de tornar mais custoso para concorrentes imitar produtos, mas esse efeito é relativo. Na indústria farmacêutica funciona bem. Em outros setores podem diminuir, ao invés de aumentar os custos de imitação, pois quando uma empresa entra com um pedido de patente é obrigada a revelar informações que facilitam a imitação com menor custo pelos concorrentes. Assim, pode haver restrição à duplicação direta por um tempo, mas aumentam as chances de substituição por tecnologias equivalentes.

d) Organização: é a forma como a empresa está organizada para aproveitar ao máximo o seu potencial para vantagem competitiva, considerando que possui recursos valiosos, raros e de difícil imitação. A organização trata de estrutura formal de reporte, organograma, sistemas de controle gerencial, cultura da empresa, política de remuneração e a disposição dos empregados para monitorar o comportamento uns dos outros. São recursos interligados e complementares, e, portanto, raramente serão fontes de vantagem competitiva sozinhos.

Aplicando o modelo VRIO, entende-se o potencial de retorno de um recurso ou capacidade, pois ajuda a identificar implicações competitivas desses recursos e capacidades, na medida em que mostra se são fontes de vantagem competitiva, paridade

competitiva, vantagem competitiva temporária ou vantagem competitiva sustentável e até que ponto constitui forças e fraquezas. O Quadro 5 resume a aplicação do modelo VRIO.

Quadro 5 – Resumo da Aplicação do Modelo VRIO

Valor	Raridade	Imitabilidade	Organização	Força ou Fraqueza	Implicação competitiva
Não valioso	Não raro	Fácil de imitar	Não explorado pela Org.	Fraqueza	Desvantagem Competitiva
Valioso	Não raro	Fácil de imitar	Explorado pela Org.	Força	Paridade Competitiva
Valioso	Raro	Fácil de imitar	Explorado pela Org.	Força / Competência Distintiva	Vantagem Competitiva temporária
Valioso	Raro	Difícil de imitar	Explorado pela Org.	Força / Competência Distintiva Sustentável	Vantagem Competitiva Sustentável

Fonte: Adaptação do quadro “O modelo VRIO” e do quadro “A relação entre o modelo VRIO e as forças e fraquezas organizacionais” (BARNEY, 2001).

Porter (1999) menciona as vantagens competitivas das localidades, que consistem nas condições favoráveis da qualidade do ambiente. Assim, o autor destaca quatro aspectos de um ambiente nacional (estadual ou local) que favorecem o contexto para o crescimento, a inovação e a produtividade:

- a) Condições dos fatores (insumos);
- b) Contexto para estratégia e rivalidade;
- c) Condições de demanda;
- d) Setores correlatos e de apoio.

Essas quatro áreas foram denominadas por Porter (1999) *diamantes*, que ajudariam a explicar por que as empresas situadas em determinada localidade são

capazes de inovar e de se aprimorar de forma consistente em determinados campos. A seguir, é apresentado um sumário para estabelecer a relação da teoria do diamante com o tema deste trabalho:

a) Condições dos fatores (insumos): os fatores de produção são os insumos básicos da competição; incluem terra, trabalho, capital, infraestrutura física, infraestrutura comercial e administrativa, recursos naturais e conhecimento científico. A noção de vantagem competitiva está ligada a custos e disponibilidade de insumos. Assim, os insumos genéricos, como boas rodovias, portos e recursos humanos qualificados não são o bastante para garantir a vantagem competitiva de uma localidade.

As vantagens de uma localidade na competição pela produtividade resultam da alta qualidade dos insumos, principalmente aqueles denominados insumos especializados, tais como o conjunto de habilidades, infraestrutura física e regimes regulamentários, processos legais, a informação e as fontes de capital coerentes com as necessidades dos setores específicos.

Na contramão, como vantagem oriunda da localização há as desvantagens seletivas nos insumos básicos, como os altos custos dos imóveis e a falta de matérias-primas locais. Às vezes, esses fatos provocam vantagens competitivas, tendo em vista que desencadeiam inovações e estimulam o desenvolvimento de instituições especializadas.

A presença de conjuntos de insumos especializados e de instituições responsáveis pela sua criação e renovação converte-se em vantagem externa ou um ativo coletivo da localidade. As vantagens externas evitam que cada organização resolva o problema com custos internos (individualmente). Embora a concorrência global seja capaz de acessar alguns desses ativos de localidade através de compras globais, muitos desses insumos especializados são de difícil alcance em função de aspectos logísticos (distância).

b) Contexto para estratégia e rivalidade: as localidades proporcionam vantagens na competição pela produtividade se os contextos das regras, dos costumes sociais e dos incentivos em vigor contribuem com o aumento de investimentos sustentados, de forma apropriada a um determinado setor. Por exemplo, aspectos tributários, normas de propriedade industrial, estabilidade do ambiente macroeconômico e políticos exercem grande influência sobre os investimentos da localidade.

A força da rivalidade local representa outra grande dimensão do contexto competitivo. Para Porter, o clima propício para investimentos junto com a rivalidade local talvez seja a vantagem mais poderosa de um local. Isso porque é difícil para uma empresa ser bem-sucedida no exterior se não tiver competido no mercado interno com concorrentes eficazes, pois a comparação de desempenho relativo entre rivais locais estimula o ritmo das melhorias.

Diante da semelhança de custos dos insumos genéricos e específicos e das condições de acesso ao mercado global, as concorrentes locais são obrigadas a buscar outras formas de competição. Nos locais onde o ambiente é desfavorável a investimentos, normalmente ocorre a rivalidade que degenera em cortes de preços; porém, em localidades onde os investimentos são promovidos, a rivalidade fomenta o aprimoramento contínuo.

c) Condições de demanda: um terceiro tipo de vantagem proveniente da localidade decorre da natureza da demanda, ou seja, da existência de clientes locais sofisticados e exigentes, com necessidades anormais intensas de variedades especializadas que também são demandadas em outros lugares. Esse perfil de clientes pressiona as empresas a atingir elevados padrões de desempenho, proporcionando uma “janela” para a evolução das necessidades dos clientes e as instiga a inovar e a se deslocar para segmentos mais avançados. Assim, na competição pela produtividade, a natureza da demanda interna é muito mais relevante do que a sua escala.

As vantagens decorrentes das condições de demanda estão nas informações e incentivos de difícil obtenção à distância. Clientes locais oferecem alta visibilidade, facilidade de comunicação e oportunidades de relacionamentos através do trabalho conjunto.

Políticas governamentais também são capazes de exercer, de várias formas, influências diretas e indiretas sobre as condições da demanda, tais como regulamentos de produtos e processos. Como exemplo, normas rigorosas e de eficiência energética, mas suficientemente flexíveis para acomodar novos métodos, motivam a inovação e o incremento da produtividade.

d) Setores correlatos e de apoio: a quarta e última vantagem competitiva oriunda da localidade na competição pela produtividade resulta da presença local de fornecedores especializados e de setores correlatos. A presença de fornecedores locais

competentes reduz os custos de transação, normalmente altos, os atrasos decorrentes das importações e das negociações com vendedores distantes, além de facilitar o pós-venda, a assistência técnica e o maior arbítrio na decisão dos níveis apropriados de integração vertical. A existência de empresas locais competentes em áreas de atividades correlatas contribui para a eficiência com a facilidade em desenvolver complementaridade em P&D, distribuição e marketing.

Porém, os ganhos de eficiência com os fornecedores próximos e setores correlatos são, normalmente, menores do que os benefícios de inovação e dinamismo. A proximidade de fornecedores atuando em setores correlatos aumenta a velocidade do fluxo de informações, a colaboração científica e o desenvolvimento de esforços conjuntos. Assim, as empresas são capazes de influenciar os esforços técnicos dos fornecedores com maior agilidade e atuar como campos de prova para os novos desenvolvimentos, acelerando a velocidade da inovação.

Da mesma forma como nas vantagens provenientes da localidade que decorre da natureza da demanda, os benefícios para a inovação, resultantes da existência de fornecedores e de setores correlatos internos são de difícil reprodução a distância. A tecnologia aplicada e as habilidades especializadas de alto nível são de difícil codificação, acumulação e transferência.

A relevância da existência na localidade de fornecedores e de empresas em setores correlatos, juntamente com as condições da demanda local, evidenciam o papel fundamental dos aglomerados de setores inter-relacionados (que incluem fornecedores especializados, prestadores de serviços e setores a jusante, por exemplo, canais de distribuição e clientes). Instituições relacionadas, como associações comerciais, órgãos normativos e departamentos universitários, também fazem parte do aglomerado, que representa um ativo coletivo, criando um ambiente em que as empresas são capazes de reunir conhecimentos, habilidades e insumos com facilidade e eficiência. Assim, aumenta-se a produtividade e acelera-se a velocidade da inovação (PORTER, 1999).

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho foi composta pela investigação de dados primários, a partir de entrevistas e documentos de domínio público da organização para apresentação da empresa e do projeto estudado, e de dados secundários (artigos, livros,

revistas acadêmicas etc.) para entender o contexto institucional e econômico do etanol (antecedentes e prospecções).

No primeiro momento, foi feita uma revisão bibliográfica dos principais conceitos e teorias, o levantamento de dados secundários sobre a organização, o histórico da sua formação, sua cadeia produtiva, sua estrutura organizacional e de gestão da tecnologia e inovação, informações relevantes sobre o projeto do polietileno verde, incluindo o *time line* do desenvolvimento do biopolímero dentro da empresa estudada.

A segunda etapa foi constituída de entrevistas semiestruturadas e não disfarçadas. Semiestruturadas, pois seu roteiro constou de perguntas abertas e outras questões oportunas que surgiram após a sua elaboração inicial. Não disfarçadas porque o entrevistado teve conhecimento do objetivo da entrevista.

O terceiro momento contemplou a análise crítica dos dados primários e secundários que foram coletados com o objetivo de apresentação do projeto de produção do polietileno “verde” e as implicações com o possível deslocamento do etanol (combustível) do setor automotivo para a indústria petroquímica brasileira.

Os dados secundários foram levantados a partir das informações disponíveis no *site* da organização e de apresentações institucionais da empresa feitas para o público interessado. As informações para a elaboração da linha do tempo de evolução do projeto tiveram grande contribuição de notícias vinculadas no *site* da empresa. Adicionalmente, foi necessário um acompanhamento diário das notícias do projeto disponíveis na mídia externa em geral (jornais, revistas e artigos).

As entrevistas foram realizadas com integrantes de diversas áreas da companhia, tais como área comercial, inovação, desenvolvimento de produto, estratégia, *marketing* e engenharia de aplicação. Foi realizado um total de sete entrevistas com duração média de três horas cada uma. As entrevistas mais demoradas foram aquelas feitas com um dos executivos da área de vendas, responsável pela comercialização do plástico verde na época, e com o executivo da área de inovação. As questões levantadas durante as entrevistas estão descritas no Apêndice A deste trabalho.

Adicionalmente, inúmeras abordagens foram feitas a órgãos, instituições e entidades envolvidas com o tema, no período de dois anos (2009-2010), sobre questões relevantes do projeto.

A pesquisa sobre o mercado do etanol se deu basicamente a partir de dados secundários, na sua grande maioria informações disponíveis nos sites de Associações, BNDES, CONAB, UNICA, Agências e também artigos, jornais, livros e publicações de estudiosos do tema, bastante conhecidos do público interessado.

4. AGROINDUSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR³

4.1. ANTECEDENTES

De acordo com a União das indústrias de cana-de-açúcar (UNICA, 2010), o uso econômico da cana-de-açúcar se iniciou há mais de 500 anos, época em que o açúcar tinha um valor tão alto quanto o do ouro em toda a Europa, onde não se plantava cana-de-açúcar. Quando os portugueses se lançaram nas Grandes Navegações, encontraram lugares como Cabo Verde, Açores, Madeira e Brasil, onde o solo e o clima se revelaram propícios ao plantio da cana de açúcar. No Brasil, a cana começou a ser plantada em terras dos atuais Estados de Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo. Portugal enriqueceu e isso estimulou a produção na América Central por franceses, espanhóis e ingleses.

O açúcar era produzido em engenhos de açúcar, com diversas construções destinadas ao processamento do açúcar. No entorno, ficavam as fazendas de cana-de-açúcar. A produção do açúcar começava pelo ato de moer a cana em cilindros movidos por rodas d'água ou pares de bois. Depois, o caldo era levado à casa das fôrnelhas, onde era concentrado em tachos de cobre e transferido para as formas, onde o açúcar cristalizava. Na casa de purgar, a massa resultante do processo era purificada e dividida em pães de açúcar, forma em que o produto era comercializado no Brasil. Para a venda no mercado externo e desembarque nos portos europeus, no entanto, era necessário triturar e secar os pães de açúcar ao sol para transportá-los em caixas.

No século XIX, o Brasil, que já havia sido o maior produtor mundial de açúcar, caiu para o quinto lugar, com 8% da produção mundial. Porém, no século XX, o cultivo de cana foi retomado para atender ao mercado interno e houve muitas experiências com o uso do etanol como combustível automotivo. Com a primeira crise do petróleo, em

³ Grande parte do material aqui apresentado já foi publicado. Ver NASCIMENTO, Paulo T.; YU; Abraham S.; MARQUES, José J.; MORILHAS, Leandro J.; CAMARGO JUNIOR, Alceu S. *The Ethanol Supply Challenges in Brazil*. PICMET, 2010.

1973, o etanol tornou-se uma alternativa interessante para o País, que importava grande parte do petróleo que consumia.

Para isso, em 1975, o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que diversificou a atuação da indústria açucareira com investimentos apoiados pelo Banco Mundial, possibilitando a ampliação da área de cultivo de cana-de-açúcar e a implantação de destilarias de etanol. A experiência serviu como alternativa para diminuir a dependência nacional do petróleo através da adição de etanol anidro à gasolina, uma mistura conhecida como gasohol (até 25% de etanol, ou E25).

Com o segundo choque do petróleo (1979), a engenharia brasileira desenvolveu motores movidos a etanol hidratado (até 6% de água). Em 1984, os carros movidos a etanol hidratado chegaram a representar 94,4% da produção das montadoras instaladas no Brasil.

A partir de 1986, com a redução do impacto da crise petrolífera e com planos econômicos no Brasil para combater a inflação, houve uma queda nos preços do etanol que os produtores compensaram com um aumento da produção de açúcar, com preços atraentes no mercado internacional. Houve então uma crise de abastecimento de etanol em 1989. Com isso, o público perdeu a confiança na segurança do abastecimento de etanol, levando a uma redução das vendas anuais de veículos a etanol hidratado para apenas 1,02% em 2001.

O Gráfico 1 mostra a evolução das vendas de veículos leves a gasolina, etanol e flex fuel, diesel e total. Vê-se claramente a substituição nos anos 90 de veículos a etanol por veículos a gasohol, e depois por veículos flex fuel, a partir de 2003.

Em mais de 30 anos de história de utilização do etanol em larga escala, o Brasil desenvolveu tecnologia de motores e logística sem precedentes no mundo, com uma rede de mais de 35,5 mil postos com bombas de etanol hidratado.

Gráfico 1 – Evolução das Vendas de Veículos Leves a Gasolina, Etanol e Flex Fuel, Diesel e Total

Fonte: ANFAVEA

Macedo (2007) destaca alguns dos principais avanços tecnológicos nesse período (1975-2000).

Entre 1980 e 1990, podem ser mencionados:

- A introdução em larga escala de variedades de cana desenvolvidas no Brasil (principalmente pelos programas do CTC-Copersucar e do Planalsucar);
- O desenvolvimento do uso integral da vinhaça na ferti-irrigação;
- Controles biológicos na produção da cana;
- Desenvolvimento do sistema de moagem com quatro rolos;
- Tecnologia para operação de fermentações “abertas” de grande porte;
- Aumento na produção de energia elétrica na indústria (autossuficiência);
- Uso final: especificações do etanol; motores E-100; transporte, mistura e armazenamento do álcool.

Entre 1990 e 2000, podem ser destacados:

- Otimização do corte, carregamento e transporte da cana;
- Mapeamento do genoma da cana; transformações genéticas;
- Mecanização da colheita;
- Obtenção de excedentes de energia elétrica e venda para a concessionária;

- Avanços na automação industrial;
- Avanços no gerenciamento técnico (agrícola e industrial);
- Introdução dos motores flex fuel.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, seguido por Índia, Tailândia e Austrália. A cana-de-açúcar é cultivada nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, com duas safras anuais, o que permite ao Brasil produzir açúcar e álcool etanol para atender o mercado interno e exportar.

Para os países industrializados comprometidos com as metas do Protocolo de Kyoto, o uso de biocombustíveis representa uma das formas mais efetivas de reduzir as emissões líquidas de gases de efeito estufa associadas ao consumo energético no setor de transporte. No entanto, os desenvolvimentos nos últimos anos mostram claramente uma diferença muito grande na capacidade de redução de emissões entre os diversos biocombustíveis, indicando grande vantagem para o etanol de cana produzido no Brasil (MACEDO, 2007).

4.2. SAFRA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

O bioetanol, etanol ou simplesmente álcool, como é mais conhecido, é um exemplo de fonte de bioenergia (toda e qualquer forma de energia associada a formas de energia química acumulada mediante processos fotossintéticos recentes). Os recursos naturais que dispõem de bioenergia são denominados biomassa, exceto a água da hidroeletricidade. A produção da biomassa, como resultado da reação de fotossíntese, depende essencialmente da energia solar, da presença de água e dióxido de carbono (CO₂), desenvolvendo-se nas células vegetais dos estômatos das folhas segundo complexos ciclos que podem ser representados pela expressão a seguir, em que água e gás carbono se combinam para a formação de uma molécula de glicose, que é um açúcar simples, e oxigênio (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008):

Assim, a condição fundamental para a produção de biomassa e, conseqüentemente, de bioenergia é a disponibilidade de radiação solar e água, já que o dióxido de carbono está disponível na natureza. Algumas regiões tropicais, especialmente na América do Sul e na África, que apresentam significativa disponibilidade pluvial adicionada à grande incidência de energia solar e às

temperaturas adequadas, configuram contextos mais favoráveis para a produção de bioenergia, a ser promovida, naturalmente, em harmonia com as exuberantes florestas e a agricultura existentes. Além dos fatores básicos (luz e água), outros requisitos relevantes para a produção bioenergética são a fertilidade do solo e a topografia (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008).

A junção de todos esses fatores delimita a área potencialmente cultivável para a bioenergia e todos os demais usos, que em todo o planeta está estimada em 13,2 bilhões de hectares, dos quais são atualmente utilizados para a produção de alimentos em torno de 1,5 bilhões de hectares, ou seja, 11% do total da área do planeta (HOOGWIJK *et al.*, 2003).

No Brasil colonial, há registros de um processo agroindustrial relevante economicamente, suprido pela energia da biomassa. Os engenhos de açúcar do Recôncavo Baiano, durante o século XVII, faziam, então, com o bagaço das canas processadas – se o empregavam para alimentação do gado ou destinavam a outros fins –, pois esse subproduto poderia constituir a fonte de energia básica para o processo produtivo, como acontece nas usinas de açúcar e bioetanol de hoje, que não usam lenha e ainda produzem excedentes consideráveis de energia exportável na forma de bagaço e eletricidade.

A cana-de-açúcar é a biomassa do etanol. Seu cultivo ocupa mais de 20 milhões de hectares no mundo, nos quais foram produzidos cerca de 1.300 milhões de toneladas em 2006/2007. O Brasil destaca-se nesse setor, na época com uma área plantada de cerca de 7 milhões de hectares, a qual respondeu por cerca de 42% do total produzido. No Brasil, o ano-safra inicia-se em abril e finaliza em março do ano seguinte, sendo renovado a cada 12 meses. O clima ideal para o cultivo é aquele que apresenta duas estações distintas: uma quente e úmida (para a germinação, formação dos brotos e o desenvolvimento vegetativo) e outra fria e seca (para maturação e o acúmulo de sacarose nos colmos). Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais, devido à sua rusticidade. A cana também se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. A cana não apresenta boa produtividade em climas como o das regiões equatoriais úmidas, por isso não faz sentido imaginar que o Estado de Amazonas se preste a cultivos comerciais extensivos dessa planta (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008).

No Brasil, o ciclo é na maioria das vezes de seis anos, dentro do qual ocorrem cinco cortes: o primeiro corte é feito 12 a 18 meses após o plantio (depende da espécie da cana), quando se colhe a denominada cana-planta. Os demais cortes, quando se colhe a cana-soca resultante da rebrota, são feitos uma vez por ano, ao longo dos quatro anos seguintes, com redução paulatina da produtividade, quando é mais economicamente atrativo reformar o canavial do que efetuar um novo corte. Substitui-se a cana antiga por um novo plantio e o ciclo produtivo se reinicia. Dessa forma, a área cultivada fica alguns meses em descanso, podendo receber culturas de ciclo curto (leguminosas, por exemplo), conforme argumentam Horta Nogueira *et al.* (2008).

O fato é que o Brasil possui 851,4 milhões de hectares de superfície total, sendo 354,8 milhões de hectares de área das propriedades rurais (com exclusão de áreas protegidas, corpos d'água e áreas inaptas para a agricultura e inclusão das reservas legais de formações nativas) que são dedicadas a pastagens naturais e plantadas, silvicultura, florestas nativas e lavouras perenes e anuais, conforme Censo Agropecuário de 2006 (*apud* HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008).

A safra 2009/10 de cana-de-açúcar, que ocupou 7,5 milhões de hectares (ver Tabela 1), ou cerca de 0,9% da superfície do Brasil, produziu cerca de 612 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (terceiro levantamento de dezembro/09-CONAB).

Do total projetado para a safra de cana-de-açúcar, cerca de 336 milhões de toneladas (55%) foi destinada à produção de etanol, ou álcool etílico, e cerca de 276 milhões de toneladas (45%) à produção de açúcar, conforme a Tabela 1 (BRESSAN FILHO *et al.*, 2009):

Tabela 1 – Projeção da safra de cana-de-açúcar 2009/2010

Região	Área (em mil ha)			Produção (em mil t)			Cana para açúcar 45%			Cana para álcool 55%		
	Safra da cana 2008/09	Safra da cana 2009/10	%	Safra da cana 2008/09	Safra da cana 2009/10	%	Safra 2008/09	Safra 2009/10	%	Safra 2008/09	Safra 2009/10	%
Norte	16	15	-5%	1.094	977	-11%	482	352	-27%	963	625	-35%
Nordeste	1.053	1.071	2%	64.416	62.423	-3%	35.248	35.172	0%	28.690	27.251	-5%
Centro-Oeste	901	1.043	16%	66.510	86.740	30%	19.798	25.890	31%	46.712	60.850	30%
Sudeste	4.562	4.809	5%	395.094	411.862	4%	167.208	190.898	14%	225.397	220.964	-2%
Sul	527	593	13%	44.320	50.209	13%	18.829	23.696	26%	24.209	26.514	10%
Brasil	7.058	7.531	7%	571.434	612.211	7%	241.566	276.007	14%	325.971	336.204	3%

Fonte: CONAB/ IBGE (2009) – 3º levantamento: dezembro de 2009.

Elaboração do autor.

A Tabela 1 mostra que na safra 2009/10 houve 7% de incremento de área plantada (473 mil hectares). A região Centro Sul (que inclui o Centro-Oeste, Sudeste e Sul) responde por 90% de toda a produção de cana-de-açúcar do País, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor (67%). A produtividade da cana-de-açúcar por hectare (81,3 t/ha) teve aumento de 0,4% em relação à safra anterior (80,9 t/ha), fato que vem sendo observado ano a ano. De 1990 para 2005, o rendimento médio da tonelada de cana-de-açúcar produzida por hectare aumentou 20%, conforme dados da Tabela 2.

A disponibilidade de variedades geneticamente melhoradas (seleção a partir de cruzamentos) foi um fator muito importante para esse incremento de produtividade, que ocorreu mesmo com a expansão para áreas menos favoráveis. Enquanto há cerca de 20 anos mais de 40% da área cultivada com cana no Brasil era ocupada com uma única variedade, atualmente são cultivadas mais de 550 variedades diferentes; as 20 principais variedades ocupam 70% da área plantada, e a variedade mais cultivada não ultrapassa 13% da área (Paes, 2005, *apud* SEABRA, 2008).

Tabela 2 – Rendimento Médio da Tonelada de Cana-de-Açúcar de 1990 a 2005

Ano	BRASIL			
	Produção (mil t)	Área Colhida (mil ha)	Rendimento médio (t/ha)	%
1990	262.674	4.273	61,5	
1991	260.888	4.211	62,0	0,8%
1992	271.475	4.203	64,6	4,2%
1993	244.531	3.864	63,3	-2,0%
1994	292.102	4.345	67,2	6,2%
1995	303.699	4.559	66,6	-0,9%
1996	317.106	4.750	66,8	0,3%
1997	331.613	4.814	68,9	3,1%
1998	345.255	4.986	69,2	0,4%
1999	333.848	4.899	68,1	-1,6%
2000	326.121	4.805	67,9	-0,3%
2001	344.293	4.958	69,4	2,2%
2002	364.389	5.100	71,4	2,9%
2003	396.012	5.371	73,7	3,2%
2004	415.206	5.632	73,7	0,0%
2005	455.272	6.172	73,8	0,1%

Fonte: IBGE e Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSP – julho/2006).

Elaboração: Secretaria de Política Agrícola – Mapa (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Anuário 2005.

A produtividade da cana-de-açúcar também é bastante influenciada pela variabilidade do clima e pela região produtora. A média está entre 50 e 100 toneladas

por hectare (peso do colmo úmido) por ano, ficando a média brasileira em torno de 70 toneladas por hectare plantado, um valor comparável às melhores regiões produtoras em outros países. Embora haja registros de produtividade de cana atingindo até 200 t/ha (JANICK, 2007) na região Centro-Sul do Brasil, onde se localiza a maior parte das usinas brasileiras, esses índices estão entre 78 t/ha e 80 t/ha, no Estado de São Paulo (principal produtor) situa-se na faixa de 80 t/ha a 85 t/ha, considerando para os dois casos o ciclo de cinco cortes (UNICA, 2008).

O mix de produção de açúcar e de etanol é um pouco diferente do obtido na safra passada (2008/2009) em face da preferência das usinas, na produção de açúcar, que está sendo mais bem remunerado.

Conforme Rodrigues (2007 *apud* SEABRA, 2008) o sistema produtivo conta com mais de 300 usinas, com capacidades bem variadas, que vão de 0,6 a 7,0 milhões de toneladas processadas por ano. Essas usinas trabalham, em média, com 79% da cana oriunda de terras próprias e arrendadas ou de acionistas e companhias agrícolas. Os demais 21% de cana são fornecidos por cerca de 60 mil produtores independentes, com a grande maioria utilizando menos de dois módulos agrícolas (MACEDO; NOGUEIRA, 2005 *apud* SEABRA, 2008).

A Figura 5, a seguir, demonstra um diagrama com o fluxo da produção de açúcar e etanol da cana. Após a moagem, o caldo é peneirado e tratado quimicamente, para coagulação, floculação e precipitação das impurezas, que são eliminadas por decantação. O caldo tratado é concentrado em evaporadores de múltiplo efeito e cozedores para cristalização da sacarose. Nesse processo, nem toda a sacarose disponível na cana é cristalizada e a solução residual rica em açúcar (mel) pode retornar mais de uma vez ao processo com propósito de fabricação de açúcar. O mel final, também chamado de melaço e que não retorna ao processo de fabricação de açúcar, contém ainda alguma sacarose e um elevado teor de açúcares redutores, podendo ser utilizado como matéria-prima para a produção do etanol mediante fermentação.

Desse modo, a produção de etanol de cana-de-açúcar pode se basear na fermentação tanto do caldo direto da cana quanto da mistura do caldo com o melaço, como é mais frequentemente visto no Brasil. No caso de etanol direto do caldo, as primeiras etapas do processo de fabricação, da recepção da cana ao tratamento do caldo são similares ao processo de produção do açúcar (ver Figura 5).

A possibilidade de utilizar os açúcares da cana total ou parcialmente para a produção de etanol é uma grande flexibilidade para essa agroindústria, que, dependendo do mercado (condições de preço etc.) pode arbitrar dentro dos limites um programa de produção de mínimo custo e máximo benefício econômico.

Outro fato favorável na agroindústria de etanol da cana é que a totalidade da energia consumida no processo pode ser obtida por um sistema de produção de calor e potência elétrica (sistema de cogeração) instalados na própria usina, utilizando o próprio bagaço da cana como fonte de energia. No caso do Brasil, as usinas são autossuficientes em calor e energia elétrica e ainda conseguem exportar o excedente para a rede pública.

O fato de a própria produção do açúcar se processar junto com a fabricação de etanol confere ao Brasil baixo custo na produção açucareira e expressivas vantagens operacionais e de qualidade do produto. Assim, segundo Horta Nogueira *et al.* (2008), o Brasil logrou tornar-se o maior produtor de açúcar e com o menor custo porque associou sua produção ao etanol.

Figura 5 - Processo de Produção do Açúcar e Etanol

Fonte: Seabra, 2008.

4.3. USO DO ETANOL NO BRASIL

Com relação ao etanol, uma substância com fórmula molecular C_2H_6O , pode ser utilizado como combustível em motores de combustão interna com ignição por centelha (ciclo Otto) de duas maneiras:

- (a) Em misturas de gasolina e etanol anidro;
- (b) Como etanol puro, geralmente hidratado.

No Brasil, há especificações que devem ser atendidas pelos produtores e respeitadas por toda a cadeia de comercialização, definidas pela Portaria ANP 309/2001 para a gasolina com etanol anidro e pela Resolução ANP 36/2005 para o etanol anidro e hidratado. São denominados, respectivamente, álcool etílico anidro combustível (AEAC) e álcool etílico hidratado combustível (AEHC), que considera teores em massa de 0,6% de água para o etanol anidro e 6,2% e 7,4% para o etanol hidratado (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008).

É importante entender o processo de armazenamento e transporte do etanol no Brasil, onde quase dois milhões de metros cúbicos do produto são movimentados por mês a partir de 350 unidades produtoras, com um sistema bastante diversificado de modais de transporte e armazenamento intermediário. São nove terminais de coleta de bioetanol nas principais regiões produtoras (São Paulo, Goiás, Paraná e Sergipe) com capacidade de armazenagem de 90 mil metros cúbicos. O etanol sai das usinas através de modais mais econômicos (ferroviário, fluvial ou dutoviário) para os terminais ou as bases primárias das distribuidoras de combustível, onde se realiza a mistura com a gasolina. A mistura (gasolina + etanol anidro) é distribuída para as bases secundárias ou diretamente para os 35,5 mil postos revendedores no Brasil (bandeiras nacionais e multinacionais). Setenta por cento do volume de etanol (anidro e hidratado) comercializado no Brasil é movimentado desde o produtor até as bases primárias e daí aos postos revendedores utilizando o modal rodoviário (caminhões-tanque de 30 mil litros) conforme Cunha (2003).

A logística do etanol no Brasil está sumarizada na Figura 6.

Figura 6 – Logística do Etanol no Brasil

Fonte: Horta Nogueira *et al.*, 2008.

Adaptação do autor.

Dados indicam que a produção do álcool hidratado deverá continuar crescendo a taxas muito maiores que do álcool anidro. Isso decorre do expressivo aumento da frota nacional de veículos do tipo flex fuel com motores flexíveis, lançados comercialmente no Brasil em março de 2003 e cuja comercialização atual representa 91% dos veículos novos. Esses veículos são capazes de utilizar, sem qualquer interferência do motorista, gasolina com 20% a 25% de etanol, etanol hidratado puro ou ainda misturas desses dois combustíveis em qualquer proporção. Tudo isso é feito de acordo com os requisitos de eficiência e dirigibilidade e atendendo aos limites legais de emissões de gases de escapamentos (JOSEPH Jr., 2007).

O gráfico e tabela a seguir, demonstram o crescimento da frota flex com as vendas de veículos por combustível desde o lançamento comercial do primeiro carro flex fuel no Brasil.

Gráfico 2 e Tabela 3 - Vendas de Veículos de Passageiros e Comerciais Leves por Combustível.

Fonte: ANFAVEA.

Elaboração do autor.

A frota em circulação já ultrapassou o número de 8,0 milhões de unidades (2009 - tabela 9) e o álcool hidratado tem tido a preferência dos consumidores em face do menor custo por quilômetro rodado que ele oferece comparativamente ao seu sucedâneo, a gasolina.

O Gráfico 3 apresenta a evolução da frota de veículos de passageiros e comerciais leves com dados reais de 2006 a 2008 e dados estimados conforme modelagem matemática feita pelo governo para o período de 2009 a 2011. De 2006 a 2008, a frota flex fuel cresceu cerca de 50%, e a tendência de crescimento continua no triênio 2009-2011, com projeções de 42%.

A demanda por etanol para abastecer a frota nacional deve acompanhar esse crescimento da frota flex fuel, salvo desequilíbrio no preço gasolina *versus* do álcool.

Gráfico 3 – Evolução da Frota de Veículos de Passageiros e Comerciais Leves

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Companhia Nacional de Abastecimento *apud* BRESSAN FILHO, 2008

Elaboração do autor.

A Tabela 4 apresenta o consumo anual médio (em litros) por tipo de veículos e para todos os tipos de combustível, obtido por um estudo feito pela CONAB (agosto de 2008). Através da aplicação de modelo matemático (a partir da série histórica dos dados publicados pela ANFAVEA, e dos dados de consumo de combustíveis do Balanço Energético Brasileiro), foi calculada a idade média da frota circulante e estimada a média anual de consumo.

Tabela 4 – Consumo Anual Médio (em litros) por Tipo de Veículo e para Todos os Tipos de Combustível

Consumo p/veículo	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Veículos Gasolina	1.421	1.475	1.479	1.476	1.474	1.471
Veículos Flex	1.643	1.645	1.651	1.648	1.645	1.643
Veículos Álcool	1.580	1.603	1.606	1.611	1.613	1.614
Consumo médio p/todos os tipos de veículos	1.466	1.517	1.528	1.533	1.538	1.543

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Companhia Nacional de Abastecimento.

Elaboração do autor.

Dois fatores fundamentais para o bem-sucedido uso do etanol (hidratado e a mistura de gasolina e etanol anidro) no Brasil são a ampla cobertura geográfica e o elevado número de postos de abastecimento de combustível que comercializam o produto, fato que diferencia favoravelmente o Brasil de outros países. O desenvolvimento da atual infraestrutura brasileira resultou de esforço iniciado no Programa Proálcool e sua consolidação foi sendo feita ao longo do tempo.

A Tabela 5, a seguir, compara a produção de álcool safra 2007/08 e 2008/09 (realizadas) e 2009/10 (projetada) *versus* a demanda de etanol para combustível (em bilhões de litros):

Tabela 5 – Comparação da Produção de Álcool Safra 2007/08 e 2008/09 (Realizadas) e 2009/10 (Projetada) *versus* a Demanda de Etanol para Combustível (em bilhões de litros).

Safras	Volume de Produção				Demanda para Combustível				Particip.
	Anidro	Hidratado	Total	%	Anidro	Hidratado	Total	%	
2007-2008 (realizada)	8.640	14.367	23.007		6.228	11.039	17.268		75%
2008-2009 (realizada)	10.064	16.620	26.683	16%	6.106	13.315	19.421	12%	73%
2009-2010 (andam.)	7.652	18.214	25.866	-3%	5.803	15.148	20.951	8%	81%

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e CONAB (3º levantamento – dezembro de 2009).

Elaboração do autor.

Os dados acima mostram um crescimento acentuado da demanda de álcool para o mercado interno de combustível em função do aumento da frota de veículos flex fuel que respondem por mais de 90% das vendas de veículos leves. Da safra de 2007/08 para a safra de 2008/09, a demanda cresceu em 12% e da safra de 2008/09 para a projeção de

consumo de 2009/10, o crescimento deve ficar em torno de 8%. A demanda projetada em torno de 21 bilhões de litros de álcool para uso veicular corresponde a 81% de toda a produção de álcool desta safra.

Os dados da Tabela 6 mostram a demanda realizada no período de 2006 a 2008, conforme a UNICA, e a demanda projetada de 2009 a 2011, de acordo com a CONAB/DIGEM/SUINF, para o mercado externo. A safra 2009/10 foi marcada pela volta das atenções à produção de açúcar, isto porque houve quebra de safra nos principais países produtores, como por exemplo a Índia, que passou de exportador para importador (CONAB, 2009).

Tabela 6 - Demanda Projetada de Etanol para o Mercado Externo

EXPORTAÇÕES DE ÁLCOOL (milhões de litros)						
ANO	2006	2007	2008	2009*	2010*	2011*
EUA	1.749	850	1.519	1.454	1.649	1.843
PAÍSES DO CARIBE	207	480	438	1.661	1.882	2.104
PAÍSES BAIXOS	345	801	1.331	1.128	1.278	1.429
DEMAIS PAÍSES	1.116	1.399	1.830	577	654	731
TOTAL	3.417	3.530	5.119	4.820	5.463	6.107

* Volumes projetados

Fonte: UNICA (2006 a 2008) e CONAB/DIGEM/SUINF (2009 a 2011).

Elaboração: o autor.

Atualmente, o crescimento dos países desenvolvidos e dos emergentes ainda está condicionado de alguma forma à disponibilidade do petróleo. A partir de 2003, com a ocorrência de alguns fatos de caráter mundial, como a invasão do Iraque pelos EUA, que suscitou a questão estratégica da dependência do petróleo; as consequências do furacão Katrina, em agosto de 2005, na região sul dos EUA, que revelou, de forma contundente, a face ameaçadora do aquecimento do planeta provocado pelos gases que provocam o efeito estufa, em especial o dióxido de carbono emitido pela atividade humana, particularmente através da queima de derivados de petróleo; e o início da escalada de preços do petróleo (ver Gráfico 4), o álcool etílico combustível (etanol) que era uma exclusividade brasileira, passou a ser assunto de discussão de um enorme contingente de países em todo o mundo (BRESSAN FILHO, 2008).

Gráfico 4 - Escalada de Preços do Petróleo no Período de 1990 a 2009

Fonte CMAI.

Elaboração: o autor.

Em face da atual conjuntura energética mundial – que enfrenta questões ambientais ao uso de fontes fósseis para a geração de energia e a instabilidade no mercado do petróleo (altos preços) – e pelas dúvidas sobre o volume das reservas conhecidas e sua longevidade diante do crescente consumo mundial, outros movimentos estão em formação na busca de fontes alternativas e limpas para a geração energética. O etanol, possível de ser produzido em grandes volumes com custos competitivos e com qualidade intrínseca já comprovada, surge como a opção mais simples, imediata e realista para fazer parte da matriz energética mundial.

4.4. O ADVENTO DOS VEÍCULOS FLEX FUEL

Em 1903, nas conclusões do I Congresso Nacional sobre Aplicações Industriais do Alcool já se recomendava a implantação de uma infraestrutura para a produção de bioetanol automotivo no Brasil. Com a criação em 1920 da Estação Experimental de Combustíveis e Minérios em 1920 – futuro Instituto Nacional de Tecnologia (INT) – foram conduzidos, com bons resultados, diversos testes em veículos movidos a bioetanol com o objetivo declarado de substituir a gasolina (GOLDEMBERG *et al.*, 1993).

Segundo Bertelli (2007), a possibilidade de usar o álcool da cana-de-açúcar como combustível automotivo é conhecida há mais de um século, mas até os anos 70 a disponibilidade de derivados de petróleo e o preço baixo desestimularam seu emprego. Em outubro de 1973, o cenário mudou e o mundo se viu ante o risco de desabastecimento energético. Foi o primeiro choque do petróleo que reacendeu o interesse mundial por fontes alternativas de energia e levou vários países a buscarem soluções mais adequadas, considerando as peculiaridades nacionais.

A crise internacional elevou os gastos do Brasil com importação de petróleo de US\$ 600 milhões em 1973 para US\$ 2,5 bilhões em 1974. O impacto provocou um déficit na balança comercial de US\$ 4,7 bilhões, resultado que influenciou fortemente na dívida externa brasileira (da época e futura) e na escalada da inflação, que saltou de 15,5% em 1973 para 34,5% em 1974.

Preocupado em preservar as principais metas do 2º Plano Nacional de Desenvolvimento, conter a inflação, manter o crescimento acelerado e conservar o equilíbrio do balanço de pagamentos, o general Ernesto Geisel, ainda na condição de futuro presidente da República, solicitou ao então diretor comercial da Petrobrás e futuro ministro das Minas e Energia, Shigeaki Ueki, que consultasse o setor privado sobre a questão. Ueki entrou em contato com vários empresários, principalmente Lamartine Navarro Jr.– como menciona o professor da Unicamp José Tobias Menezes em seu livro *Etanol, o Combustível do Brasil*, São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980–, solicitando que estudasse a utilização de fontes não convencionais de energia para fornecer subsídios ao novo governo.

Ainda conforme Bertelli (2007), a Associação das Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (Associgás) transformou-se no fórum de debates sobre a crise do petróleo, sob a coordenação do mencionado Lamartine Navarro Jr., que contara com a colaboração do engenheiro Cícero Junqueira Franco, grande especialista em tecnologia de produção de álcool, além de acadêmicos e usineiros de São Paulo.

A conclusão do grupo resultou no documento intitulado *Fotossíntese como Fonte de Energia*, entregue ao Conselho Nacional de Petróleo em março de 1974, que se tornaria a semente do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). O estudo combinava as preferências do Instituto do Açúcar e do Álcool pela produção de álcool

direto em destilarias autônomas e da Copersucar pelo aproveitamento da capacidade ociosa das destilarias anexas às usinas açucareiras.

O álcool, que sempre fora considerado subproduto do açúcar, passou a desempenhar papel estratégico na economia brasileira. Diante do sucesso da iniciativa, deixou de ser visto apenas como resposta a uma crise temporária, mas como solução permanente, quando vozes autorizadas, ainda na esteira da crise, alertaram o mundo para o risco das reservas petrolíferas, lembrando que não seriam eternas.

Em junho de 1975, durante visita ao Centro Tecnológico da Aeronáutica, em São José dos Campos, o então presidente Geisel demonstrou especial interesse nos trabalhos desenvolvidos pelo professor Urbano Ernesto Stumpf sobre a adaptação dos motores para uso da mistura gasolina-álcool e da conversão desses motores para uso exclusivo do álcool. Segundo Stumpf, a impressão que o presidente teve sobre a viabilidade do uso do álcool como combustível foi decisiva para que o governo federal se posicionasse, definitivamente, a favor do Proálcool.

Na época, o Brasil já tinha um setor açucareiro desenvolvido, terras propícias à cultura, clima adequado, muita mão de obra disponível no campo e experiência na fabricação de álcool industrial, do qual já era grande produtor-exportador. Recém-modernizado, o setor açucareiro também registrava elevada capacidade ociosa, que poderia ser reduzida com a produção de álcool combustível, que proporcionaria flexibilidade da produção de açúcar para exportação.

Assim, em 14/11/1975 o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) mediante Decreto 76.593, que motivou uma inovação radical (HILL; ROTHARMEL, 2003): o desenvolvimento de um carro movido 100% a álcool, o que exigiu a criação de um novo motor com taxa de compressão maior do que o motor a gasolina, e ainda obrigou o desenvolvimento de novos materiais resistentes à corrosão aplicados em diversos componentes do carro. A pesquisa de Pefley *et. al.* (1980) provavelmente seja o primeiro estudo científico voltado para o uso de misturas gasolina, metanol e etanol em motores comerciais usando injeção eletrônica.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) especificou dois tipos de álcool etílico combustível para comercialização (Resolução ANP nº 36, de 6/12/2005 - DOU 7/12/2005):

Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) – destinado para mistura com gasolina. Teor alcoólico 99,3 °INPM mín. A proporção entre ambos os combustíveis é indicada pela porcentagem de etanol (álcool etílico) precedido pela letra E maiúscula. Desta maneira, a mistura E10 está composta de 10% de etanol anidro e 90% de gasolina;

Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) – para utilização como combustível em motores de combustão interna de ignição por centelha. Teor alcoólico 92,6 a 93,8 °INPM. (denominado E100).

Também é possível a mistura de metanol (álcool metílico) com gasolina; neste caso, a denominação é com a letra M. Uma mistura comum é M85, composta de 85% de metanol e 15% de gasolina.

A injeção eletrônica (década de 80) substituiu totalmente os antigos carburadores de tecnologia mecânica e elétrica, passando a usar tecnologia eletrônica avançada e um computador (ECU - Electronic Control Unit) e software específico. Em essência, a injeção eletrônica faz um controle da combustão em ciclo fechado, permitindo ajustes de diversos parâmetros de funcionamento do motor em frações de segundos, e com isso melhora a *performance* dos motores e reduz as emissões de poluentes. A injeção eletrônica foi desenvolvida nos anos 70 e continua em processo de desenvolvimento até os dias de hoje.

No Brasil, a década de 90 foi marcada por uma série de avanços e discussões sobre a tecnologia flex liderada pelos “sistemistas”, fabricantes de componentes que dominavam a tecnologia de injeção eletrônica. Por força de lei, a gasolina no Brasil continha um percentual de etanol anidro – abaixo de 10% na década de 30, entre 10% e 25% (1940 a 1989) e acima de 20% (depois de 1989), chegando a um patamar de 25% em 2007 (NASCIMENTO *et al.*, 2009a). Sem fiscalização, a distribuição de combustíveis nos postos era frequentemente fraudada com adulterações que chegavam a mais de 50% de etanol (NASCIMENTO *et al.*, 2009a). Além disso, os próprios motoristas foram percebendo que os carros andavam com mais álcool do que a mistura “permitida”. Assim, para economizar, passaram a misturar álcool hidratado à gasolina quando enchiam seus tanques. Isso exigiu um esforço constante das montadoras e sistemistas em adaptar os motores dos veículos, permitindo uma faixa mais ampla de

variação da proporção gasolina-etanol. Tecnicamente, o desenvolvimento de uma solução totalmente flexível (E100 até E20) era considerado uma evolução natural.

Houve uma intensa negociação bem-sucedida entre “sistemistas”, montadoras de veículos e o governo para que os carros com tecnologia flex fuel recebessem os mesmos incentivos fiscais que os carros a álcool. Assim, o lançamento comercial do “primeiro” carro flex fuel no Brasil ocorreu em março de 2003 (NASCIMENTO *et al.*, 2009b; NASCIMENTO; YU; MARQUES, 2009a; YU *et al.*, 2009a, 2009b).

O fato de o Brasil já ter uma experiência de consumo e uma infraestrutura implantada de distribuição de álcool e gasolina em todo o território nacional contribuiu para uma adoção imediata dos consumidores. São mais de 35,5 mil postos de serviços no Brasil. Para se ter uma ideia, nos Estados Unidos somente cerca de 700 dos 170 mil postos de serviços oferecem etanol do milho (CARSON; VAITHEESWARAN, 2008).

O Gráfico 5 mostra a evolução percentual das vendas de veículos flexfuel no Brasil desde seu lançamento comercial em 2003 até 2008.

Gráfico 5 - Evolução Percentual das Vendas de Veículos Flex Fuel no Brasil

Fonte: ANFAVEA.

Elaboração do autor.

Nota-se que, desde 2003, as vendas dos carros com motores flexíveis não param de crescer. Por exemplo, 91% (ANFAVEA, 2009) dos carros novos vendidos no Brasil em 2008 foram flex fuel, incrementando a frota já existente de cerca de 37% da frota total de veículos leves (JANK, 2009).

4.5. OUTROS USOS DO ETANOL NO BRASIL

Além do advento dos veículos flex fuel, um dos movimentos no Brasil para buscar fontes alternativas ao petróleo, talvez o mais importante na atualidade seja a substituição do eteno (C_2H_4) pelo eteno-álcool (C_2H_5OH) do etanol (C_2H_6O) da cana-de-açúcar.

O eteno de origem fóssil, principal matéria-prima da cadeia de valor das resinas termoplásticas que provém da nafta (C_5 a C_7), que por sua vez tem origem no petróleo, responde por 90% a 95% dos custos totais da cadeia de suprimento dos plásticos.

É importante ressaltar que o etanol é uma substância homogênea e reativa, que pode ser utilizada como insumo em diversos processos tradicionalmente petroquímicos. Os principais processos utilizados na transformação do etanol estão no Quadro 6, enfatizando-se a produção de eteno a partir do processo de desidratação do etanol. Com base na equação de desidratação do etanol e assumindo uma eficiência de conversão de 95%, Horta Nogueira *et al.* (2008) destaca um consumo específico de 1,73 kg ou 2,18 litros de etanol por kg de eteno.

Quadro 6 - Principais Processos Utilizados na Transformação do Etanol

Processos	Principais produtos	Aplicação típica
Desidratação	Eteno Propeno Etilenoglicol	Resinas plásticas Solventes Éter etílico Fibras têxteis
Desidrogenação Oxigenação	Acetaldeído	Ácido acético Acetatos Corantes
Esterificação	Acetatos Acrilatos	Solventes Fibras têxteis Adesivos

Halogenação	Cloreto de etila	Fluidos refrigerantes Produtos medicinais Resinas plásticas
Amonólise	Dietilamina Monoetilamina	Inseticidas Herbicidas
Desidrogenação Desidratação	Butadieno	Borrachas sintéticas

Fonte: Elaborado com base em Schuchardt (2001).

O quadro acima apresenta os diversos processos de transformação do etanol, além da desidratação. A partir da desidrogenação obtém-se o acetaldeído, e desse produto consegue-se obter outra classe de intermediários de grande interesse, butadieno e polibutadieno, componentes básicos das borrachas sintéticas usadas para diversas aplicações, como por exemplo, pneus. Enfim, todos os produtos do Quadro 6 são bem conhecidos da indústria (tintas, solventes e adesivos), da agricultura (fertilizantes e defensivos) e uso final (fibras têxteis).

O potencial da alcoolquímica no mercado brasileiro é enorme. Estima-se que a alcoolquímica pode demandar, só para o mercado interno, cerca de 7 bilhões de litros de álcool por ano, ou seja, em torno de 27% da safra 2009/10 de 25,87 bilhões de litros (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e CONAB - 3º levantamento/dezembro de 2009). Segundo Marcello Guimarães Mello, um dos especialistas em energia renovável do País, o etanol nada mais é que um petróleo limpo e renovável (APLA, 2006).

Na verdade, conforme lembra Wongtschowski (APLA, 2006), a alcoolquímica não é novidade para as indústrias brasileiras. "No Brasil, a alcoolquímica precedeu a petroquímica por várias décadas. Muitos produtos tidos atualmente como 'petroquímicos', dos quais o exemplo mais relevante é o eteno, tiveram suas produções iniciadas utilizando o etanol como matéria-prima", destaca Wongtschowski.

O principal motivo para o arrefecimento da alcoolquímica no passado foi de natureza econômica. Para Wongtschowski (APLA, 2006) "Os produtos petroquímicos, derivados de matéria-prima mais competitivas, produzidos por rotas tecnológicas mais

avanzadas e em escalas comerciais de produção, apresentaram custos de produção menores que os alcoolquímicos, deslocando-os do mercado consumidor”.

Considerando que o Brasil responde por cerca de 2,8% no ranking da produção mundial de eteno (Abiquim, 2007 *apud* BASTOS, 2008), fica claro o quanto é significativo o potencial de incremento da indústria do álcool da cana-de-açúcar no âmbito mundial. Conforme Horta Nogueira *et al.*(2008), apenas a demanda global de eteno em 2005, de 105 milhões de toneladas (CMAI, 2005 *apud* HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008), e uma penetração de 10% do etanol em substituição a outros insumos, resultam no requerimento de 23 bilhões de litros de etanol, ou algo em torno de 89% de toda safra atual.

5. EMPRESA ESTUDADA

Em 1979, um ano após a inauguração do Polo Petroquímico de Camaçari na Bahia, a Odebrecht, empresa baiana do ramo da construção civil, comprou 1/3 do capital votante da CPC (Companhia Petroquímica de Camaçari), marco da sua entrada na petroquímica.

Nos anos 80, a Odebrecht adquiriu participação no capital de outras companhias: Salgema em Alagoas (produtora de cloro-soda), Poliolefinas (fabricante de polietilenos), PPH (produtora de polipropilenos) e Unipar (holding de empresas petroquímicas). Para administrar seu conglomerado de indústrias petroquímicas, a organização criou a Odebrecht Química S.A.

Na década de 90, o governo iniciou a privatização do setor petroquímico com o PND (Programa Nacional de Desestatização), e a Odebrecht adquiriu relevante parcela da Copesul (Central de Matérias-Primas do Rio Grande do Sul); passando a integrar seu grupo de controle, comprou o controle da PPH, da Poliolefinas, da Salgema e da empresa que marcou sua entrada na petroquímica, a CPC. Integrou a PPH com a Poliolefinas, criando a OPP Petroquímica S.A. Integrou também a Salgema e a CPC, criando a Trikem S.A., consolidando, assim, a primeira integração horizontal do setor no Brasil.

Em julho de 2001, a Odebrecht adquiriu o controle da Central de Matérias-Primas de Camaçari na Bahia, a Copene (Companhia Petroquímica do Nordeste) em

parceria com o grupo Mariani, iniciando seu processo de integração vertical unindo ativos da 1ª com 2ª geração, na época inédito no Brasil.

Em 16 de agosto de 2002, A Odebrecht integrou seis empresas: Copene, OPP, Trikem, Nitrocarbono, Proppet e Polialden, criando a Braskem.

Em 2006, adquiriu a Políteno, empresa produtora de polietilenos em Camaçari, e iniciou o processo de integração.

Em 2007, adquiriu o Grupo Ipiranga em parceria com o Grupo Ultra e Petrobrás.

Em 2008, lançou o primeiro polietileno verde certificado do mundo e inaugurou uma planta de polipropileno em Paulínia (SP), primeira unidade industrial *Green Field*. Em setembro do mesmo ano, foi finalizada a operação de aquisição dos ativos petroquímicos do Grupo Ipiranga em parceria com a Petrobrás.

Em maio de 2009, incorporou em seu conglomerado a Petroquímica Triunfo, localizada no Rio Grande do Sul.

Em 22 de janeiro de 2010, a organização anunciou a aquisição da Quattor por meio de um Acordo de Investimento celebrado entre Odebrecht, Petrobrás, Braskem e Unipar. O Acordo permitirá à Petrobras consolidar seus principais ativos petroquímicos na Braskem, que se manterá como empresa privada de capital aberto e ampliará sua capacidade de competir globalmente.

A consolidação dos ativos posicionará a organização como a maior empresa petroquímica das Américas em capacidade de produção de resinas termoplásticas (PE, PP e PVC), colocando-a em um novo patamar de escala e eficiência, listada em três bolsas: BM&FBovespa (São Paulo), NYSE (Nova York) e Latibex (Madri).

Ainda no início de 2010, a Braskem anunciou a aquisição dos negócios de polipropileno da americana Sunoco Chemicals e criou a Braskem America. Dessa forma, ampliou para 29 suas unidades industriais, sendo 26 no Brasil (em Alagoas, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul) e três nos Estados Unidos, onde também passou a contar com mais um Centro de Tecnologia e Inovação e ampliou a produção para 15 milhões de toneladas de resinas termoplásticas e outros produtos petroquímicos.

No Brasil, a empresa passou a ter faturamento anual de R\$ 28,2 bilhões (incluindo Quattor e Sunoco). Com integração entre a 1ª (Petroquímicos Básicos) e a 2ª

geração petroquímica (Polímeros), suas 28 plantas brasileiras estão localizadas em cinco Estados, sendo: 01 Cracker Nafta, 02 plantas de polipropileno e 03 plantas de polietileno em São Paulo; 01 Cracker Gás, 01 planta de polietileno e 01 planta de polipropileno no Rio de Janeiro; 01 Cracker Nafta, 05 plantas de polietileno, 02 plantas de polipropileno e 01 de eteno verde no Rio Grande do Sul; 01 Cracker Nafta, 04 plantas de polietileno, 01 planta de polipropileno, 01 planta de policloreto de vinila e 01 planta de cloro-soda na Bahia; e 01 planta de policloreto de vinila e 01 planta de cloro-soda em Alagoas com capacidade para processar 6,5 milhões de toneladas/ ano de resinas. Possui ainda seis Centros de Distribuição de resinas (Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e três em São Paulo) e cinco Terminais de Distribuição de soda cáustica líquida localizados nos principais portos do País.

A empresa possui o maior e mais moderno complexo de pesquisa do setor na América Latina, o Centro de Tecnologia e Inovação Braskem, que conta com unidades em Triunfo (no Rio Grande do Sul), em São Paulo e nos Estados Unidos. Nos Centros são desenvolvidos produtos, processos, aplicações e novos mercados em parceria com os clientes, os transformadores de plástico, que compõem a terceira geração. Dessa forma, a empresa agrega valor e competitividade para toda a cadeia de valor da petroquímica e das resinas.

A empresa organiza suas operações em três Unidades de Negócios:

(a) Unidade de Petroquímicos Básicos (UNIB), onde são produzidos os produtos de 1ª geração ou petroquímicos básicos, como eteno e propeno;

(b) Unidade de Polímeros (UNIPOL), onde estão presentes os negócios de vinílicos (PVC/cloro soda), polietileno, polipropileno e o desenvolvimento do negócio do polímero verde. O PVC é resina demandada pela construção civil; o cloro é utilizado na fabricação de PVC, defensivos agrícolas, fármacos e limpeza hospitalar e tratamento de água. Já a soda é utilizada na fabricação de sabão, papel e celulose, alumínio e outros. Os polietilenos e polipropilenos são resinas que servem como matéria-prima para a fabricação de materiais plásticos como embalagens para alimentos, copos descartáveis, sacaria para produtos agrícolas, peças automotivas, utensílios domésticos e componentes para eletroeletrônicos;

(c) Desenvolvimento de Negócios Internacionais, responsável pela implementação dos projetos de internacionalização da Braskem.

Sua filosofia tem como base a Tecnologia Empresarial Odebrecht (TEO), que defende a confiança nas pessoas como preposto básico do desenvolvimento de sua gestão e o compromisso com o Desenvolvimento Sustentável.

5.1. CADEIA PRODUTIVA PETROQUÍMICA

(Braskem insere-se na 1ª e 2ª geração) ⁴

Figura 7 – Cadeia Produtiva Petroquímica

Fonte: ABIQUIM

Elaboração do autor

⁴ Os grandes blocos da petroquímica são as olefinas que são hidrocarbonetos, compostos químicos orgânicos constituídos de hidrogênio e principalmente carbono. Estes podem ser gasosos, líquidos ou sólidos, cujas ligações entre carbonos são realizadas por meio de ligações duplas em cadeias abertas. Estas cadeias podem ser normais ou ramificadas, chamadas de petroquímicos básicos (eteno, propeno e derivados de C₄ como o butadieno) e aromáticos (benzeno, tolueno e xilenos) da 1ª geração, com base nos quais são produzidos diversos petroquímicos de 2ª geração.

A cadeia produtiva petroquímica tem origem no petróleo, que, a partir de seus diferentes componentes, possibilita produzir proporções variadas de derivados (GLP, Nafta ou gasolina, querosene, óleo diesel, gasóleo, asfalto, parafinas e vaselinas). A petroquímica brasileira “tradicional” utiliza nafta e gás natural como insumos para fabricação de seus produtos através de processos complexos agrupados em três categorias:

1ª Geração: são as indústrias que produzem os produtos petroquímicos básicos como eteno (C_2H_4), propeno (C_3H_6) e butadieno.

2ª Geração: são as indústrias que transformam os petroquímicos básicos em resinas termoplásticas ou petroquímicos finais como polietileno (PE), polipropileno (PP) policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS), acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e polietileno tereftálaco (PET).

3ª Geração: são as indústrias em que os produtos finais são quimicamente modificados ou conformados em produtos de consumo como filmes, embalagens, garrafas, tubos e conexões, autopeças, fios e cabos.

5.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DA EMPRESA

A macroestrutura de Inovação e Tecnologia da empresa está organizada em três vice-presidências:

- Vice-presidência Corporativa de Tecnologia e Inovação (empresa IDEOM);
- Vice-presidência da Unidade de Negócios de Petroquímicos Básicos;
- Vice-presidência da Unidade de Negócios de Polímeros.

Para facilitar a gestão corporativa da área de Tecnologia e Inovação, a Braskem criou a IDEOM com 100% de capital próprio. O presidente desta entidade jurídica responde diretamente ao vice-presidente corporativo de Tecnologia e Inovação da própria Braskem; a empresa tem foco macro e visão de 10 anos e está estruturalmente organizada em três grandes áreas (CONNECTA, 2010):

- Gestão da Inovação;
- *Open Innovation*;

- Inteligência tecnológica.

As vice-presidências de Tecnologia e Inovação que estão inseridas na estrutura organizacional das Unidades de Negócios de Petroquímicos Básicos e de Polímeros têm visão de 5 anos. Possuem em seu *staff*, além dos diretores das demais áreas como comercial/industrial, controladoria, marketing e outras, uma diretoria focada em Tecnologia e Inovação composta de gerentes e especialistas. A Figura 8 dá uma visão macro da estrutura organizacional de Tecnologia e Inovação da empresa:

Figura 8 – Macroestrutura Organizacional de Tecnologia e Inovação da Braskem
Elaboração do autor.

Enquanto a área de Tecnologia e Inovação de Petroquímicos Básicos concentra-se em insumos básicos como olefinas e aromáticos, a área de Tecnologia e Inovação de Polímeros foca as resinas termoplásticas (PE, PP e PVC).

5.3. GESTÃO DA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA EMPRESA

O foco em tecnologia e inovação é um dos eixos estratégicos que impulsionam o crescimento da Braskem e promovem a melhoria da competitividade da cadeia produtiva da petroquímica e dos plásticos (KANTER, 1985; DRAZIN; SCHOONHOVEN, 1996; PRAHALAD ; HAMEL, 1990). Em 2007, a Braskem lançou o primeiro polietileno certificado mundialmente, o etanol de cana-de-açúcar. O Plástico

Verde, como ficou conhecido, proporcionou à companhia um dos mais importantes reconhecimentos internacionais do setor relacionados com tecnologia e inovação.

A gestão corporativa da Tecnologia e Inovação da Braskem, que é feita pela empresa IDEOM através das áreas de Gestão da Inovação, *Open Innovation* e Inteligência Tecnológica tem escopo de negócio, conforme diretrizes macro listadas abaixo.

1. Gestão da inovação:

- Metodologias, métricas e indicadores;
- Financiamentos e contratos;
- Propriedade industrial.

2. *Open Innovation*:

- Mapeamento de competências;
- Rede de Inovação;
- Gestão de Projetos;
- Gestão do conhecimento.

3. Inteligência Tecnológica:

- Monitoramento e avaliação de tecnologias emergentes;
- Apoio a fusões e aquisições;
- Análise da competitividade tecnológica.

A Figura 9 mostra o fluxograma de um projeto na IDEOM:

Figura 9 - Fluxograma de um Projeto na IDEOM

Elaboração: Programa de Inovação Braskem (PIB).

As iniciativas da IDEOM estão alinhadas com a estratégia de crescimento sustentável da Braskem e do governo brasileiro. A empresa utiliza conceitos de inovação aberta para gerenciar projetos a fim de otimizar custos, tempo de mercado, riscos e competências externas. Suas iniciativas capturaram em torno de R\$ 18 milhões em financiamentos públicos em 2009.

Por outro lado, a gestão da Tecnologia e Inovação das Unidades de Negócios (Petroquímicos Básicos e Polímeros) foca a criação de valor para os clientes, personalização de produtos, novas aplicações e serviço ao cliente (PORTER, 1999).

Assim, conforme *site* UTEC, a Braskem está sempre buscando ampliar mercados e fidelizar seus clientes por meio do desenvolvimento de novas resinas e alternativas de uso para o plástico. Investe cerca de R\$ 50 milhões por ano em pesquisa e desenvolvimento e conta com seus Centros de Tecnologia e Inovação para apoiar os clientes e contribuir para a melhoria da competitividade da cadeia petroquímica e dos plásticos. Visando ampliar sua rede de pesquisa e desenvolvimento, a empresa também mantém acordos de cooperação com universidades e instituições de pesquisa do Brasil e do mundo (DRUCKER, 1985; COVIN ; MILES, 1999).

O Centro de Tecnologia e Inovação localizado em Triunfo (RS) é o mais moderno e bem equipado do setor na América Latina, com ativos nos quais foram

investidos mais de R\$ 300 milhões e utilizados por uma equipe de aproximadamente 190 pessoas – entre pesquisadores e técnicos – para o desenvolvimento de produtos, processos e aplicações em parceria com clientes. Conta com 11 laboratórios e sete plantas-piloto direcionados para os negócios de Poliolefinas.

Em São Paulo, o Centro de Tecnologia e Inovação mantém uma unidade especializada em Vinílicos, que desenvolve e aprimora formulações, processos e produtos de PVC, em parceria com os clientes, além de oferecer treinamento e suporte no desenvolvimento de aplicações. Possui um conjunto completo de equipamentos para a pesquisa de novos compostos e teste do desempenho da resina, além de um *showroom* de aplicações. Há ainda uma unidade localizada em Pittsburgh (Pensilvânia), nos Estados Unidos.

Ainda, segundo o *site*, o resultado desse trabalho é fundamental para a autonomia tecnológica da Braskem e cria valor para seus acionistas e clientes. A empresa tem mais de 250 patentes depositadas no Brasil, nos Estados Unidos e na Europa, e um conjunto consistente de projetos que lhe permite lançar constantemente novidades no mercado, além de conquistar inúmeros prêmios.

A Braskem mantém um convênio com a Universidade de São Carlos (UFSCar) para o desenvolvimento de novas tecnologias do PVC. Outros convênios, com a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e a Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo), por exemplo, permitem ao Centro testar e avaliar o comportamento de provas de PVC expostas à chuva, radiação solar e umidade em cidades de climas diferentes: Belém (PA), São Paulo (SP) e Rio Grande (RS).

A Unidade de Negócios de Petroquímicos Básicos da Braskem efetuou parcerias com outras universidades para o desenvolvimento de projetos, com o objetivo de complementar suas competências e incentivar a geração de inovações tecnológicas, a formação e a capacitação de recursos especializados. Exemplo disso é a parceria com a Universidade Salvador (UNIFACS) que instalou, em regime de comodato, uma unidade de bancada para testes catalíticos e todos os sistemas periféricos. Isto possibilita a seleção de catalisadores industriais de melhor performance para a aplicação em algumas plantas de aromáticos da Unidade de Petroquímicos Básicos.

A empresa mantém outra parceria com o Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que instalou em comodato uma unidade semi-piloto

adequada a testes com catalisadores comerciais, modelagem de reação e outros estudos específicos para um processo catalítico da Unidade Petroquímicos Básicos.

Para a montagem de uma unidade-piloto de gaseificação de biomassa, a Braskem detém uma parceria com a Universidade Federal da Bahia, em projeto parcialmente financiado pela FINEP.

6. PROJETO DO PLÁSTICO VERDE

6.1. O PROJETO

De acordo com um dos executivos da área de *Open Innovation*, a entrada da organização no mercado de biopolímeros está relacionada com a estratégia da empresa de ter uma alternativa à nafta, sua principal matéria-prima (oriunda do petróleo). O etanol mostra-se como uma alternativa de fonte renovável que poderá garantir perpetuidade da sua disponibilidade, em consonância com o pensamento estratégico mencionado por Ghemawat (2007).

O biopolietileno é o resultado de um processo de polimerização equivalente aos processos já conhecidos e dominados; tem como grande diferencial a obtenção do eteno produzido por desidratação do etanol da cana-de-açúcar e é uma inovação a partir de um conhecimento pré-existente (HARGADON; SUTTON, 2000). Através desta tecnologia, foi possível integrar a alta experiência e competitividade do Brasil no setor sucroalcooleiro com o *know-how* da Braskem no desenvolvimento e na produção de resinas termoplásticas (PORTER, 1996).

Livros recentes de vários autores (David Goodstein, vice-reitor do California Institute of Technology, Jeremy Leggett, pioneiro da energia limpa, Kenneth Deffeyes, professor da Universidade Princeton e Matt Simmons, proeminente banqueiro de investimentos) destacam a questão da escassez do petróleo (CARSON; VAITHEESWARAN, 2008).

Favoravelmente, o etanol da cana-de-açúcar encontra vantagens estruturais no Brasil. A extensão de terras cultiváveis alinhada ao clima permite pensar em disponibilidade de matéria-prima de fonte infinita. Neste sentido, a organização se beneficia de fatores estruturais brasileiros para se diferenciar e inovar, em linha com a teoria do diamante de Porter (1999).

Em tese, a cana-de-açúcar no Brasil é mais competitiva que a nafta. Como o preço da nafta depende do preço do petróleo, “grosso modo”, sempre que o barril do petróleo supera US\$ 55, o etanol seguramente se torna mais competitivo como substituto da principal matéria-prima da cadeia petroquímica brasileira. Assim, a organização busca a inovação a partir da conquista de uma nova fonte de matéria-prima (SCHUMPETER, 1982).

O Gráfico 6 mostra a evolução do preço do petróleo no período de 1990 a 2009 FOB Europa (*free on board*, ou seja, o vendedor disponibiliza o produto a bordo do transporte contratado pelo comprador) e o Gráfico 7 apresenta os preços da nafta importada.

Gráfico 6 - Evolução do Preço do Petróleo no Período de 1990 a 2009 FOB Europa

Fonte: CMAI - Chemical Market Associates, Inc., março de 2010.

Elaboração do autor.

Gráfico 7 - Evolução do Preço da Nafta Importada no Período de 1990 a 2009

Fonte: CMAI - Chemical Market Associates, Inc., março de 2010.

Elaboração do autor.

Quando se trata de etano, o cenário muda. O etano é mais competitivo que o etanol brasileiro, mas a grande questão é a sua disponibilidade no Brasil. Na verdade, a estratégia do governo brasileiro parece ser a de utilizar o gás natural na produção de energia elétrica, ou seja, na insuficiência de água nas hidrelétricas para geração de energia, o gás seria uma alternativa. O etano (cuja fórmula química é C_2H_6), é um hidrocarboneto gasoso alifático saturado, inflamável, incolor e inodoro. É o segundo membro da série dos hidrocarbonetos alcanos (parafinas). Encontra-se no petróleo, no gás natural e no gás das instalações de coque, podendo também ser obtido por adição de hidrogênio ao etileno. Na indústria química é usado para produção de etanol, acetaldeído, acetato de vinila, cloreto de etila, diclorometano, estireno, polietileno, alcoóis superiores, outros etils halogenados, etc. (INFOPÉDIA, 2010).

Importante ressaltar a questão do Oriente Médio, onde o custo e a disponibilidade de matérias-primas pelo uso do gás natural são da ordem de US\$ 0,70 e US\$ 1,70 o milhão de Btu (British Thermal Unit: unidade inglesa de energia) (PETRO & QUÍMICA, 2007 *apud* BASTOS, 2009). Isto porque o custo de extração e de oportunidade é extremamente baixo. Sem muitas alternativas, ou utilizam o gás na produção de petroquímicos ou terão que queimá-lo. Assim, a concorrência também deve

ter movimentos neste sentido (etanol como alternativa de matéria-prima para suas resinas) até para ficar competitivo com os árabes.

Para a obtenção de cerca de 460 milhões de litros de álcool/ano para produção do eteno verde, considerando a crescente demanda do etanol como combustível veicular, a empresa poderá contar com o comportamento do próprio mercado, pois o álcool terá sempre um “batente” com relação ao preço da gasolina; as leis de mercado equilibrarão essa demanda. Por exemplo, em São Paulo é competitivo abastecer o carro com etanol, mas em alguns outros Estados brasileiros isto não ocorre. Com a evolução desse movimento na petroquímica brasileira, a organização deve ter uma “base verde” (ter a posse, controle e tecnologia sobre a produção de álcool) para poder competir globalmente (teoria VBR – BARNEY, 2001). Existem estudos que demonstram que com o uso do bagaço da cana será possível elevar de 30% a 40% a produção do álcool, além do crescimento que ocorrerá pela expansão do plantio da cana-de-açúcar, explica o chefe de Comunicação e Negócios da Embrapa Agroenergia, José Manuel Cabral (BUBLITZ, 2010).

Em linha com o exposto acima, João Norberto Noschang Neto, gerente de Gestão Tecnológica da Petrobrás Biocombustível, adianta que a meta é desenvolver, no Brasil, a primeira unidade industrial do mundo capaz de produzir etanol celulósico. Seria a segunda geração do etanol, produzido a partir de restos da indústria madeireira como galhos finos de eucalipto e também de casca de arroz, de bagaço da cana e de outros resíduos agrícolas.

Os fatores que levaram à decisão da Braskem também são contextualizados pelo lado da estratégia. Um estudo da ABIQUIM (2007), BNDES Setorial 2009, apontava a possibilidade de déficit de capacidade, principalmente de eteno e propeno em 2020, mesmo após a entrada em funcionamento do Comperj, que adicionará 1,3 milhões de toneladas de eteno ($C_2H_4 \neq$ etano = C_2H_6). Ainda que as projeções da ABIQUIM (elaboradas antes da crise mundial, iniciada no final de 2008) possam ter superestimado a expansão da demanda e talvez sejam conservadoras no caso da ampliação da oferta, as limitações da nafta são reais e esbarram em limitações técnicas e econômicas decorrentes da característica do petróleo brasileiro (composto em mais de 80% de frações pesadas).

A autossuficiência brasileira na produção de petróleo não beneficiou diretamente nem foi decisiva para o sucesso da petroquímica. O País tem superávit na balança comercial de petróleo e derivados, exportando petróleo cru e alguns derivados (óleo combustível, combustível para embarcações etc.), mas é obrigado a importar derivados como nafta e óleo diesel. No caso da nafta, o País produz 70% do que consome (a produção de nafta representa apenas 8% dos derivados produzidos no País) e o desequilíbrio perdura por toda a década atual, com perspectivas de aumento no caso de ampliação da produção petroquímica.

Assim, conscientes de que “o gerenciamento não é apenas um comportamento passivo e adaptado; significa tomar atitudes que façam acontecer os resultados esperados” (DRUKER, 1985) e com o cenário econômico e social cada vez mais favorável para o uso de matérias-primas de fonte renovável e alternativas ao petróleo (PORTER, 1999), um dos executivos do projeto destaca que em junho de 2003 a organização começou avaliar a sua entrada no mercado de biopolímero através do polietileno verde.

Em maio de 2007, o *press release* mundial com a Braskem anunciando ter produzido o primeiro polietileno certificado como 100% verde e também anunciando o projeto da unidade de 200 mil toneladas/ano para 2009, contribuiu para que a organização fosse procurada por várias empresas.

Entende-se que a empresa brasileira iniciará um processo produtivo novo, que lhe trará o pioneirismo na comercialização de polietilenos oriundos do álcool, matéria-prima 100% renovável, que lhe confere um monopólio, mesmo que temporário proveniente de uma inovação. Possibilitará recompensas por sua invenção e essa desigualdade no curto prazo poderá ser responsável pelo progresso do longo prazo. (SCHUMPETER, 1982).

Um dos executivos da Braskem da área técnica explica, em linhas gerais, que o processo de obtenção de eteno a partir de etanol ocorre através da desidratação do álcool na presença de catalisadores. Os contaminantes gerados no processo devem ser removidos através de sistemas apropriados de purificação. A água é gerada como subproduto, e pode ser reutilizada em diferentes etapas agrícolas ou do processo industrial. O eteno possui pureza adequada para qualquer processo de polimerização e permite a obtenção de qualquer tipo de polietileno.

O quadro abaixo mostra a linha do tempo do projeto do polietileno verde desde os anos 60 até os dias atuais:

Quadro 7 - Linha do Tempo do Projeto do Polietileno Verde desde os anos 60 até os Dias Atuais

PERÍODO	EVENTO
Anos 60	<ul style="list-style-type: none"> A tecnologia de transformação do etanol em eteno foi desenvolvida pelo Cenpes (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobrás).
Anos 80	<ul style="list-style-type: none"> A empresa Salgema em Alagoas licenciou a tecnologia e durante 10 anos (anos 80) utilizou em seu processo produtivo o eteno proveniente do etanol. (ODEBRECHT INFORMA, 2010)
2004	<ul style="list-style-type: none"> Estudo sobre novos rumos na indústria petroquímica trouxe a proposta de utilização de matérias-primas renováveis.
2005 – 2006	<ul style="list-style-type: none"> Clientes multinacionais vieram procurar a área de Tecnologia da Braskem, perguntando se havia interesse em reativar o negócio do eteno proveniente do etanol. Sentindo a demanda, responderam que sim, e começamos a trabalhar. Foram procurar outros clientes que também tinham preocupação ambiental e eles demonstraram muito interesse.
Maior de 2007	<ul style="list-style-type: none"> <i>Press release</i> mundial com a Braskem anunciando ter produzido o 1º polietileno certificado como 100% verde do mundo e comunicando o projeto da Unidade Industrial de 200 mil toneladas/ano. Várias empresas começaram a procurar a Braskem.
Outubro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> A Braskem foi convidada a participar como palestrante principal nos maiores seminários sobre biopolímeros do mundo. Na Feira K (maior feira de plásticos do mundo realizada na Alemanha), o seu polietileno verde foi escolhido como projeto de maior destaque na feira. O seu <i>stand</i> foi considerado a maior atração da feira, segundo a revista <i>Plastic Technology</i>. Recebeu mais de 1.000 contatos de clientes, inclusive equipes da Toyota Tsusho e da Toyota Motors.
Novembro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> Nas Conferências Biopolymers nos Estados Unidos e European Bioplastics a Braskem foi convidada para palestra de abertura com um público de mais de 500 pessoas.
Dezembro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> A Braskem concorreu com Dow, Dupont, Cargill e

	várias outras empresas e conquistou o <i>Bioplastics Awards</i> da <i>European Plastic News</i> na categoria <i>Best Innovation in Bioplastics</i> .
2008	<ul style="list-style-type: none"> • Na Bio Japan 2008, a Braskem teve as portas abertas para a comercialização de seu polietileno de origem vegetal no país. • Da produção anual estimada em 200 mil toneladas/ano do produto, 50 mil foram destinadas ao mercado asiático (em parceria com a Shiseido, uma das maiores empresas de cosméticos japonesas).
Janeiro de 2009	<ul style="list-style-type: none"> • A Braskem recebeu da Fundação de Proteção Ambiental (Fepam) a Licença de Instalação (LI) que autorizou o início do processo de construção.
Fevereiro de 2009	<ul style="list-style-type: none"> • A empresa iniciou as primeiras movimentações no canteiro de obras da nova planta.
Março de 2009	<ul style="list-style-type: none"> • A Braskem foi reconhecida pelo Prêmio Responsabilidade Ambiental da <i>Global Plastics Environmental Conference</i> (GPEC) 2009, promovido pela SPE (<i>Society of Plastics Engineers</i>). O reconhecimento foi conferido à Braskem em razão do projeto “Materiais Plásticos feitos de recursos renováveis”.
Outubro de 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Assinatura do contrato entre Braskem e ETH (ambas controladas pela Odebrecht), que garantirá o fornecimento por três anos de 150 milhões de litros de etanol da ETH para Braskem.
Junho de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Braskem fechou acordo com a Cosan para fornecimento de etanol. • Foi lançada a marca <i>I'm green</i> para identificar o seu polietileno verde e, posteriormente, toda a sua linha de biopolímero.
Julho de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Conclusão das obras para adaptar o Terminal Santa Clara localizado no município de Triunfo (RS) e com acesso ao rio Jacuí para receber o álcool que será utilizado pela Braskem na produção do polietileno verde.
06 de julho de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Com 30 dias de antecipação, foi realizada a primeira descarga de etanol, que é a matéria-prima para o processo do polietileno verde.
14 de julho de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Braskem recebeu a licença operacional definitiva para planta de eteno verde.

24 de setembro de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Braskem inaugurou a sua planta de polietileno verde.

Fonte: Braskem.

Elaboração do autor

A tecnologia de transformação do etanol em eteno é dos anos 60 e foi desenvolvida pelo Cenpes (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobrás). A empresa Salgema em Alagoas, que foi adquirida pelo grupo Odebrecht e hoje faz parte do conglomerado Braskem, licenciou a tecnologia e durante 10 anos (anos 80) utilizou em seu processo produtivo o eteno proveniente do álcool. Somente após a construção de um duto que liga o Complexo Petroquímico de Camaçari na Bahia até a Salgema em Maceió (Alagoas) é que a técnica deixou de ser utilizada, tendo em vista que a empresa alagoana passou a receber por duto-via o eteno da nafta diretamente da Central de Matéria Prima em Camaçari (antiga Copene, hoje uma unidade produtora da Braskem).

Desde o lançamento do projeto, a Braskem tem sido convidada a participar como palestrante principal nos maiores seminários sobre biopolímeros do mundo. Durante a Feira K (maior feira de plásticos do mundo realizada em outubro de 2007, na Alemanha), o polietileno verde da Braskem foi escolhido como projeto de maior destaque na feira.

Merece destaque a conquista do prêmio *Best Innovation in Bioplastics*, concedido pela revista *European Plastics News*, no contexto do *Global Bioplastics Award* 2007. Este é um dos mais importantes reconhecimentos internacionais relacionados à tecnologia do setor. A empresa foi reconhecida pelo Prêmio Responsabilidade Ambiental da *Global Plastics Environmental Conference* (GPEC) 2009, promovido pela SPE (*Society of Plastics Engineers*). Segundo notícias vinculadas no site da organização, o reconhecimento foi conferido à Braskem em razão do projeto “Materiais Plásticos feitos de recursos renováveis”.

Foi na Bio Japan 2008 que a Braskem abriu portas para comercialização de seu polietileno de origem vegetal no país. (BRASKEM SE DESTACA..., 2008). Tanto que da produção anual estimada em 200 mil toneladas/ano do produto, 50 mil serão destinados ao mercado asiático. A confirmação desse grande interesse do mercado asiático pelo polietileno verde da Braskem é a parceria com a Shiseido, uma das maiores empresas de cosméticos japonesas. Esses acordos preveem desde o

desenvolvimento conjunto de novos produtos até o simples fornecimento da resina para a produção de peças plásticas, conforme notícias divulgadas no site da empresa.

Em outra parceria, a empresa de Brinquedos Estrela anunciou o lançamento do Banco Imobiliário Sustentável, versão modernizada de um dos jogos mais tradicionais da indústria de brinquedos no Brasil. Esta iniciativa teve como objetivo desenvolver produtos com polietileno verde aproveitando o conhecimento das empresas em inovação, tecnologia, meio ambiente e mercado.

Foi também assinado um acordo com a Tetra Pak para fornecer o polietileno verde, a ser utilizado pela multinacional na fabricação de tampas plásticas. O contrato prevê a entrega de 5 mil toneladas anuais de polietileno de alta densidade (PEAD) à fabricante de embalagens e representa o primeiro acerto para a utilização do polietileno verde na indústria mundial de alimentos e bebidas.

No início de janeiro de 2009, a Braskem recebeu da Fundação de Proteção Ambiental (Fepam) a Licença de Instalação (LI) que autorizou o *start up* do processo de construção. Em fevereiro de 2009, começaram as primeiras movimentações no canteiro de obras da nova planta.

Em 13 de outubro de 2009, a empresa assinou contrato com a ETH, que garantirá o fornecimento por três anos de 150 milhões de litros de etanol. Isto representará um faturamento para a companhia sucroalcooleira de R\$ 160 milhões (ETH BIOENERGIA, 2009). O etanol será utilizado pela Petroquímica para a produção de polietileno verde e o contrato é o primeiro entre as duas empresas controladas pela Odebrecht, beneficiando-se das *interfaces* (elos) dentro da cadeia de valor (PORTER, 1979).

A ETH é um capítulo à parte que vale a pena explorar. Conforme entrevista do presidente da ETH José Carlos Grubisich à revista *Época Negócios*, a Odebrecht, decidida a investir em etanol, encontrou no Brasil um setor fragmentado – cerca de 400 usinas agrupadas em 200 grupos e mais voltadas para a produção de açúcar do que para a bioenergia. Segundo o executivo, em 2009 as empresas do setor se fragilizaram por causa da crise financeira, criando oportunidades.

Assim, em 18 de fevereiro de 2010, a ETH e a Brenco (Brazilian Renewable Energy Company) anunciaram a combinação de seus ativos em uma empresa que planeja chegar a 2012 com nove usinas em operação (cinco usinas de álcool da ETH

mais quatro que a Brenco está construindo), produzindo 3 bilhões de litros de etanol e 2,7 mil gigawatts/hora de energia elétrica de biomassa. Ambas as empresas vendem para o mercado externo, mas o peso das exportações é irrisório. O açúcar produzido nas usinas é exportado, mas o etanol, carro-chefe da companhia, fica todo no mercado doméstico e a prioridade até 2012 é atender a demanda brasileira.

De acordo com o empresário Marcelo Odebrecht (2010), a Brenco teve seu caixa reduzido em 2009 e, em função da falta de crédito, foi forçada a vender participação à BNDESPar (holding do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) em troca de um aporte de capital. Para ele, se não houvesse crise provavelmente não teria surgido a oportunidade de aquisição da empresa sucroalcooleira.

A lógica da fusão Brenco-ETH é sobretudo defensiva, tendo em vista que o setor de açúcar e álcool é alvo de uma invasão estrangeira de proporções inéditas. O grupo francês Louis Dreyfus comprou a Usina Santelise Vale, a Bunge adquiriu as usinas do grupo Moema e a produtora de açúcar indiana Shree Renuka arrematou 51% dos negócios da Equipav. A petroleira British Petroleum já havia se associado à Santelise e à Maeda para construir a Usina Tropical, e a Shell anunciou parceria com a Cosan.

Em junho de 2010 a organização firmou contrato com a Cosan, um dos líderes do mercado de açúcar e álcool do Brasil, para o fornecimento anual de 175 milhões de litros de etanol hidratado durante cinco anos para a produção do eteno verde (JORNAL ET-205, 2010).

A matéria-prima será transportada através de malha ferroviária, a ser adaptada pela Cosan, que também garantirá a entrega do etanol no Rio Grande do Sul, uma vez que a Braskem consumirá 9% de toda a produção dessa empresa entre 2010-2011. (COSAN FECHA CONTRATO..., 2010)

O projeto do PE Verde consumirá cerca de 462 milhões de litros de etanol/ano, volume que inicialmente será adquirido em regiões como São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Com a partida da planta de eteno verde, a Braskem passará a consumir 570 milhões de litros de etanol em suas unidades no Rio Grande do Sul, praticamente o mesmo volume do consumo total do Estado (600 milhões). Destes, 150 milhões correspondem ao utilizado na planta de ETBE (etilercbutiléter) da companhia. (BRASKEM INAUGURA..., 2010)

Também em junho de 2010, a empresa vinculou na mídia interna o lançamento da marca *I'm green* para identificar o polietileno verde e, no futuro, toda a linha de biopolímero da companhia. Segundo comunicado da Braskem, *I'm green* também será usado como um selo para ser aplicado no produto final dos seus clientes, demonstrando a sustentabilidade do produto. A empresa entende que, desta forma, a aplicação do selo se tornará um importante diferencial comercial, agregando valor para toda a cadeia produtiva do plástico.

“O selo foi construído para ser simples e direto na comunicação com os diversos públicos e concebido para proporcionar aos clientes mais valor ao seu produto”. “Com a criação do selo estamos estendendo os benefícios da aplicação de uma resina de fonte renovável para o consumidor final, que enxerga e valoriza os produtos com componentes renováveis”, explica Rui Chammas, vice-presidente da Unidade de Polímeros.

Em julho de 2010, com 30 dias de antecipação foi realizada a primeira descarga de etanol para abastecer a planta de eteno verde. Após intensas atividades de construção, montagem e comissionamento, ficaram prontos os dois tanques de armazenagem internos da Unidade de Insumos básicos do Rio Grande do Sul e o terminal ferroviário para a descarga.

Dois vagões com etanol com 120 mil litros foram descarregados, inicialmente como um teste dos sistemas, vindos de São Paulo e Paraná. Foi a primeira vez que a empresa operou nesse modal (ferroviário) para o transporte do etanol, que será usado na planta de Eteno Verde. Cerca de 40% do álcool utilizado pela Braskem será trazido por trens. Até então, o produto era transportado apenas por hidrovia e rodovia. A Braskem possui a capacidade de consumir 230 milhões de litros de álcool para produção de ETBE (Camaçari/BA e Triunfo/RS) e comprará mais 460 milhões de litros para a planta de Eteno Verde. (BRASKEM INICIA..., 2010)

Em 14 de julho, a empresa recebeu a licença de operação para sua fábrica de eteno verde concedida pela Fepam. Esta é a permissão definitiva do órgão ambiental para a partida da unidade industrial.

A Fepam concede a licença após analisar os estudos de impacto ambiental da fábrica. O vice-presidente de petroquímicos básicos destacou que a unidade utilizou tecnologia para produzir o eteno verde com os mais avançados critérios de preservação

ambiental. “Por processar unicamente o etanol, o único efluente gerado pela fábrica é a água.”

Destaca, também, que 80% da futura produção da planta já foi comercializada, principalmente, para clientes da Europa, Estados Unidos e Ásia. A Braskem planeja manter parte do volume disponível porque a intenção é realizar um marketing global da resina. “Há um apelo ambiental muito forte e queremos que o mundo conheça essa opção.”

Na ocasião, a governadora do Rio Grande do Sul, Yeda Crusius, anunciou a criação de um comitê para tratar da autossuficiência na produção de etanol no Estado. O governo estudará municípios para induzir a plantação de cana, pois a matéria-prima do eteno verde será inicialmente adquirida em outras regiões.

Cerca de 2.200 trabalhadores atuaram na construção da planta; destes, 174 eram formados pelo Programa Acreditar, desenvolvido pela Construtora Odebrecht, visa qualificar mão de obra local. O Acreditar capacitou, durante oito meses, 248 moradores de Triunfo (RS) nos cursos de eletricista, montador de estruturas, encanador, carpinteiro e soldador. O Projeto foi uma iniciativa da Odebrecht, em parceria da Braskem, SENAI e Prefeitura Municipal de Triunfo.

Sobre o projeto do plástico verde, o vice-presidente reafirma que a fábrica de eteno verde da Braskem é a primeira unidade industrial do mundo a utilizar etanol de cana-de-açúcar para a produção em escala comercial de eteno de origem 100% renovável.

O projeto de Polímeros Verdes insere-se na estratégia de acesso a fontes competitivas de matéria-prima renováveis, em linha com a visão de sustentabilidade da companhia. Além disso, contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade, já que o plástico verde retira mais carbono da atmosfera do que emite ao longo de todo o seu ciclo de vida, do cultivo da cana à reciclagem pós-consumo, destaca o executivo.

Ele menciona que a Braskem vem estabelecendo, desde 2009, uma série de parcerias com renomados clientes nacionais e internacionais, principalmente da Europa, Estados Unidos e Japão, interessados em reforçar a associação de suas marcas ao conceito de sustentabilidade. Cabe ressaltar os acordos firmados com a Toyota Tsusho, "trading company" do grupo Toyota, com a Shiseido, renomada fabricante de cosméticos voltados ao segmento de alto padrão, e com a gaúcha Acinplas. A demanda

potencial já identificada para o PE Verde está ao redor de 600 mil toneladas/ano, três vezes maior do que a capacidade da nova planta.

Além dos aspectos ambientais, um estímulo adicional ao uso do polímero verde está no fato de apresentar características de aplicação e propriedades idênticas às do plástico tradicional, o que permite às indústrias de transformação aproveitar todo o seu parque fabril atual para processar a resina de fonte renovável. O polietileno verde tem aplicação em mercados como o automobilístico, indústria de brinquedos, embalagens sopradas para alimentos e produtos de higiene e embalagens injetadas para utilidades domésticas.

Depois de um ano e quatro meses em obras, a Braskem inaugurou em 24 de setembro de 2010 a primeira fábrica do planeta capaz de produzir em escala industrial o polietileno verde, também apelidado na mídia de “o plástico da cana”. (BUBLITZ, 2010b)

Fazendo uma analogia do polietileno verde da Braskem com a teoria econômica VBR - visão baseada em recursos de Barney (2001), nota-se que o “plástico da cana” confere à Braskem vantagem competitiva, em concordância com a teoria econômica VBR que menciona duas hipóteses sobre recursos e capacidades: a suposição da heterogeneidade de recursos (estes podem estar distribuídos heterogeneamente entre concorrentes) e a suposição da imobilidade de recursos (essa heterogeneidade pode ser de longa duração). A partir dessas duas suposições criam-se condições de a empresa ganhar vantagem competitiva.

A visão baseada em recursos usa uma ferramenta que sugere quatro questões sobre os recursos e capacidades de uma empresa para avaliar seu potencial competitivo. É o modelo VRIO (valor, raridade, imitabilidade e organização), conforme Barney (2001).

A Braskem ganha vantagem competitiva ao incorporar características da ferramenta VRIO desde a concepção até a produção em escala comercial do polietileno verde. À luz da ferramenta VRIO, pode-se concluir que o projeto contempla de certa forma as quatro características VRIO:

Valor: seus recursos permitem explorar oportunidades estruturais brasileiras, neutralizando ameaças externas (disponibilidade e custo do petróleo). Questões ecológicas (absorção de CO₂) permitiram à organização cobrar um preço-prêmio

(adicional sobre o preço) de clientes que firmaram contrato. (BRASIL LARGA..., 2010).

Raridade: na medida em que a empresa é a única no mundo a produzir em escala comercial uma resina de matéria-prima de fonte 100% renovável, passa a ter vantagem competitiva ante os concorrentes, mesmo que seja temporária.

Imitabilidade: os concorrentes globais enfrentam desvantagens para obtenção dos recursos, meios e oportunidades conferidas à Braskem no desenvolvimento e produção do polietileno verde. O fato de a organização dominar a tecnologia fez com que o desenvolvimento do produto fosse muito rápido.

Organização: a forma como a Braskem se organizou e se articulou para desenvolver o produto, tendo em vista que a tecnologia é nacional, sendo aprimorada e patenteada, foi utilizada durante dez anos por uma empresa, hoje pertencente ao grupo.

Segundo executivos da área comercial da companhia, a produção de plásticos a partir do etanol destina-se a suprir os principais mercados internacionais que exigem produtos de desempenho e qualidade superiores, com destaque para a indústria automobilística, de embalagens alimentícias, cosméticos e artigos de higiene pessoal, que já realizam testes de aplicações.

A tendência mundial de redução das emissões de CO₂ na atmosfera, aliada à crescente escassez de petróleo, tem impulsionado a demanda por plásticos de origem vegetal. A Braskem e a Toyota Tsusho, trade company da Toyota Corporation, fecharam um acordo para desenvolver atividades conjuntas para comercialização do polietileno verde na Ásia. (PARCERIAS INOVADORAS..., s.d.)

A Norma ASTM D6866-06 (American Society for Testing and Materials) é utilizada para determinar o conteúdo de carbono de fonte renovável em uma amostra de produtos sólidos, líquidos ou gasosos. Essa metodologia permite diferenciar carbonos de fonte fóssil e renovável. Através desse método, constatou-se que o polietileno produzido na Braskem é 100% de fontes renováveis, conforme notícias vinculadas no site da companhia.

No processo químico para a produção de 1,0 kg do polietileno a partir da nafta é emitido na atmosfera 2,5 kg de CO₂ (dióxido de carbono), enquanto 1,0 kg de polietileno a partir do álcool da cana-de-açúcar capta e fixa 2,0 kg a 2,5 kg do CO₂

(dióxido de carbono) (INSTITUTO ETHOS, 2009). Esta foi a conclusão do trabalho realizado pela Fundação Espaço ECO, através de uma metodologia internacional do *PlasticsEurope*. O balanço entre fotossíntese, transporte e processos químicos seria:

Captura da atmosfera 2 kg de CO₂ (1 kg de polietileno verde) – Emissão de 2,5 kg de CO₂ (1 kg de polietileno a partir da nafta) = -0,5 kg de CO₂.

Se for considerado que para cada quilo de polietileno verde produzido é deixado de produzir um quilo de polietileno “convencional”, a vantagem seria de 4,5 kg de CO₂ que não serão adicionados à atmosfera.

A cadeia na qual o polietileno verde é produzido permite maior redução dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera, em comparação a outros polímeros, em consequência de duas principais características:

- Alta produtividade da cana-de-açúcar em gerar a biomassa, que pode ser usada como fonte de energia para o processo;
- Alta capacidade da molécula de eteno em armazenar carbono (86% em peso), quando comparado a outros biopolímeros.

A tabela a seguir mostra o balanço de energia na produção de etanol com diversas matérias-primas. A conclusão é que a cana-de-açúcar tem a maior produtividade energética:

Tabela 7 - Balanço de Energia na Produção de Etanol com Diversas Matérias-Primas

Matérias-primas	ER / EF *
Etanol da cana-de-açúcar (Brasil)	8,9
Etanol de sorgo sacarino (África)	4,0
Etanol do trigo (Europa)	2,0
Etanol de beterraba (Alemanha)	2,0
Etanol do milho (USA)	1,3
Etanol de mandioca	1,0

Fonte: Macedo, 2007.

(*) ER/EF: Energia Renovável / Energia Fóssil usada.

Como visto anteriormente, o biopolietileno possui características equivalentes às do polietileno convencional, podendo ter diversas aplicações. Esta é uma vantagem que o polietileno verde tem em relação aos demais biopolímeros que possuem aplicações mais restritas. A empresa esclarece que com o eteno verde é possível produzir todos os tipos de polietilenos: polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa

densidade (PEBD), polietileno de ultra-alto peso molecular (PEUAPM) e polietileno de baixa densidade linear (PEBDL), com 100% de matéria-prima renovável.

A produção de 200 mil toneladas de eteno verde será polimerizada em polietileno de alta densidade e polietileno de baixa densidade linear. A tecnologia escolhida para a produção de polietileno de alta densidade é adequada para a fabricação de grades de sopro de grandes volumes (aplicação: tanques de combustível), pequenos volumes (aplicação: isolamento sólido e “foan skin” de veias telefônicas), grades de injeção (aplicação: baldes, banheiras, utilidades domésticas, recipientes para alimentos, caixas para pescados, hortifrutigranjeiros, tampas em geral) e grades de filme (sacolas em geral, sacos para congelamentos, bobinas picotadas, filmes finos). A tecnologia para produção de polietileno de baixa densidade linear permite a produção de grades para filme (aplicação: filme *stretch*, filme industrial), grades de injeção (aplicação: tampas para embalagem de alimentos) e grades de rotomoldagem (aplicação: caixas d’água, brinquedos, containers, peças técnicas). (O POLÍMERO VERDE..., 2010)

Para a Braskem, o polietileno verde alia benefícios ambientais às vantagens técnicas e de processabilidade dos polietilenos, beneficiando, assim, toda a cadeia do plástico. O produto é o resultado de uma combinação de sucesso dos mais de 30 anos da indústria de cana-de-açúcar e álcool brasileira, das vantagens do Brasil para o agronegócio e o comprometimento da Braskem com a tecnologia, inovação e sustentabilidade (CHOPRA; MEINDL, 2003).

A Braskem argumenta que a produtividade energética da cana-de-açúcar e a profissionalização do setor de produção de álcool conferem ao ciclo de vida do polietileno verde vantagens ambientais excepcionais. A empresa ratifica que outra grande vantagem do polietileno verde é a sua versatilidade, pois todos os seus produtos podem ser usados nos maquinários das indústrias de transformação (clientes) sem qualquer necessidade de investimentos em modificações ou adaptações, além de possuir custo de produção bastante competitivo no mercado mundial.

6.2. CADEIA DE VALOR – LOGÍSTICA DE ENTRADA (APLA, 2009)

O Terminal Santa Clara, localizado no município de Triunfo (RS) e com acesso ao rio Jacuí, foi adaptado para receber o álcool que é utilizado pela Braskem para a

produção do polietileno verde, segundo Hardi Schuck (diretor de logística e matéria-prima da empresa).

A opção da Braskem em fazer a logística do etanol até as suas plantas no Sul, no lugar de produzir eteno na destilaria e transportá-lo até as fábricas de polietileno pode ter sido em função das características do produto, como parece mais lógico à primeira vista. O etanol é líquido, relativamente fácil de ser transportado, enquanto o eteno é gasoso na temperatura ambiente, o que complicaria o transporte, anulando a pequena vantagem aparente de diminuir em 7% a massa transportada. Além disso, a empresa possui capacidade industrial instalada no Sul, que lhe confere sinergias com a produção de ambos os etenos (“verde” e “tradicional”).

Os tanques de armazenamento têm capacidade para 6 mil metros cúbicos cada um. Anteriormente, o terminal movimentava apenas sólidos e passou a operar também com líquidos. Schuck destaca que os requisitos de segurança no terminal são maiores. Por isso, além da implementação de tubulações, grande parte do investimento está voltado para sistemas de controle de acidentes. O investimento na reforma do Santa Clara foi de cerca de R\$ 17 milhões. Complementarmente a essa ação, a Granel Química (empresa contratada para fazer as modificações no Terminal) também investiu em torno de R\$ 24 milhões em seu terminal em Rio Grande. No município do Litoral Sul, a companhia implementou quatro tanques para receber o álcool procedente de São Paulo. Finalizados os complexos, a Braskem remunerará a Granel Química, que será a operadora dos terminais. A logística do etanol na Braskem está sintetizada na Figura 10:

Figura 10 – Logística do Etanol na Braskem

Fonte: Elaboração do autor.

A maior parte do etanol chega à Braskem pela via fluvial, ou seja, em torno de 55% do etanol recebido pela empresa é transportado através da hidrovia, 35% por ferrovia e o restante por rodovias, isso porque, segundo o executivo, o modal rodoviário até apresenta menores custos do que os outros, mas também é o que implica mais emissões. Como a ideia era fortalecer a questão ambiental, foram priorizados os modais com menores impactos ambientais e mais seguros.

A logística prevista pela Braskem difere da logística do etanol comercializado no Brasil (inclusive etanol hidratado) pelo fato de que 70% do volume de álcool movimentado desde o produtor até as bases primárias e daí aos postos revendedores utiliza o modal rodoviário (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008).

O álcool que é usado pela Braskem sai do porto de Santos até Rio Grande, e depois é transportado para Triunfo pela Navegação Guarita. Para chegar ao Terminal Santa Clara, em Guaíba, as barcas que chegam dos portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR) percorrem um canal de três quilômetros até Triunfo (RS). No terminal, o etanol é descarregado para tanques, de onde é transportado por meio de uma tubulação de 4,5 quilômetros até a fábrica, onde é armazenado. A companhia receberá cinco abastecimentos de etanol, por mês, pela hidrovia. O navio que trará o etanol voltará com produtos como benzeno e tolueno, entre outros.

Dos 570 milhões de litros de álcool demandados por ano pela Braskem, 150 milhões de litros vêm da ETH Bioenergia, empresa controlada pela Odebrecht em associação com a empresa japonesa Sojitz Corporation com investimentos de R\$ 6 bilhões no desenvolvimento de três polos produtivos de etanol, energia elétrica e açúcar, localizados nos Estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul (EXAME NOTÍCIAS, 2009).

6.3. CADEIA DE VALOR - OPERAÇÕES (BRASKEM RECEBE..., 2010)

Com investimentos aprovados em R\$ 500 milhões, a nova Planta de Polietileno Verde da Braskem tem capacidade de produção de 200 mil toneladas/ano de eteno e

polietileno a partir da cana-de-açúcar. A unidade está instalada no Polo Petroquímico de Triunfo, no Rio Grande do Sul, ao lado da Planta 2 da Unidade de Petroquímicos Básicos da organização e tem previsão de início das operações para 2011 (*start up* ocorreu em 2010). As plantas de polimerização disponibilizadas para o projeto do polietileno verde são da própria unidade em Triunfo.

A empresa fez a reserva firme dos equipamentos críticos do projeto, como o compressor de gás de carga e compressor de trem frio. Esses são equipamentos de alta tecnologia que precisavam ser encomendados com antecedência para garantir o cumprimento do cronograma. (BRASKEM CONCLUI..., 2008)

Dois fornos estavam em processo de instalação na obra já em janeiro de 2010, de um total de quatro. Os fornos são os responsáveis pelo aquecimento do etanol, pois a reação de desidratação ocorre em temperatura elevada. Cada forno tem queimadores capazes de queimar vários tipos de combustíveis gasosos e líquidos, respeitando os limites de emissão ambiental.

A seguir, é apresentado um diagrama de processo genérico de uma planta de etileno à base de etanol:

Figura 11 - Processo Genérico de uma Planta de Etileno à Base de Etanol

Fonte: Morschbacker, 2009.

Após a reação de desidratação, o produto bruto é purificado em uma sequência de operações, começando com um resfriamento rápido do fluxo de reação e uma torre de atenuação da água para remover a maior parte da água formada e as substâncias condensáveis polares, como o que não reagiu e pequenas quantidades de acetaldeído e

ácido acético. O etileno bruto, contendo outros contaminantes menores, sai para ser tratado de acordo com a pureza desejada para o produto final.

Em um esquema ideal de separação, a corrente de eteno bruto recebe uma lavagem cáustica para remover traços de dióxido de carbono. Depois de uma compressão, o fluxo de eteno passa através de um leito de secagem para produzir o eteno grau químico com pureza superior a 99%. O eteno grau químico é fracionado em um sistema de destilação criogênica / *stripping* para remover os contaminantes leves e pesados e obter o produto final com um grau de pureza adequado para a maioria dos tipos de sistemas de polimerização catalítica.

Os fluxos de efluentes das torres de resfriamento e lavagem conterão, principalmente, acetaldeído, éter etílico e etanol não-reagido. Esses componentes podem ser facilmente removidos por decapagem e os efluentes aquosos restantes podem atingir uma demanda química de oxigênio inferior a 100 ppm (MORSCHBACKER, 2009).

6.4 O PROJETO À LUZ DA LITERATURA

O uso de etanol em processos petroquímicos no Brasil ocorreu em dois momentos. No primeiro momento nos anos 60, quando a tecnologia foi desenvolvida pelo Cenpes (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás), a inovação tecnológica de uso do etanol em processos petroquímicos teve características de “empurrada”. No segundo momento, mais atual, quando a tecnologia foi aprimorada para produção do polietileno verde pela empresa brasileira Braskem, a inovação possui características de mudança tecnológica “puxada” (DOSI, 1982).

Essas definições consideram a teoria de Dosi (1982) no que diz respeito ao aparecimento de uma inovação. Fazendo uma analogia com a teoria de mudanças tecnológicas, o autor classifica inovação em duas grandes categorias: mudança tecnológica “empurrada” ou “puxada”:

(a) Quando a inovação ocorre a partir de mudanças tecnológicas por iniciativa da empresa ou da produção é classificada como “empurrada”. Os fatos cronologicamente apresentados no *time line* do projeto da Braskem demonstram que nos anos 60 a iniciativa da antiga Salgema de utilizar álcool no seu processo produtivo não estava relacionada com necessidades externas (mercado), mas sim por restrições internas.

(b) Inovações que têm sua origem na necessidade do consumidor (mercado) são classificadas como “puxadas”. Na Braskem, essa característica ocorreu no segundo momento, quando a organização passou a ser procurada por clientes interessados no plástico verde. (ODEBRECHT INFORMA, 2006)

A teoria de Hargadon e Sutton (2000) está bem contextualizada no projeto do polietileno verde da empresa brasileira quando os autores defendem que o conhecimento muitas vezes é pré-existente e a organização, ou seu corpo gerencial, somente viabiliza a aplicação daquele conhecimento. Dessa forma a inovação não ocorre descontextualizada, isolada de uma situação, mas tem origem em ideias pré-existentes na organização, que são novamente testadas e aplicadas.

É fato que o desenvolvimento do biopolímero pela empresa brasileira se beneficiou de uma ideia, um conhecimento pré-existente na organização a partir da aquisição da Salgema, viabilizando um projeto inovador de fabricação de resinas termoplásticas com matéria-prima 100% renovável.

No entanto, ainda não se consegue comparar com exatidão o contexto da inovação de uso do etanol em processos petroquímicos com a teoria de Anderson e Tushman (1990). Os autores propõem a existência de um modelo evolutivo de inovação tecnológica. O modelo destacado pelos autores possui um ciclo composto por duas fases: efervescência e incremental.

Para Anderson e Tushman (1990), o avanço tecnológico, ou descontinuidade de uma concepção dominante, inicia-se com uma fase de intensa variação técnica e de seleção, culminando em uma única concepção dominante (1ª fase ou fase de efervescência). A partir daí, ocorrem inovações incrementais baseadas na concepção dominante (2ª fase ou fase incremental) até que um ciclo novo se estabeleça.

Não se pode afirmar com segurança se a organização brasileira iniciou um ciclo novo (ANDERSON; TUSHMAN, 1990) com o uso de matéria-prima de fonte renovável na petroquímica brasileira estando no começo da fase de efervescência ou se, ao contrário da teoria de Anderson e Tushman, essa não seria uma tecnologia dominante, mas sim uma tecnologia que conviverá com as demais existentes no Brasil e no mundo.

Anderson e Tushman (1990) propõem oito hipóteses em seu modelo evolutivo de inovação tecnológica. Não foi possível aplicar as oito hipóteses na sua totalidade no

contexto do projeto do polietileno verde, tendo em vista que o desenvolvimento é relativamente recente. Portanto, é difícil afirmar que as hipóteses descritas a seguir ocorrerão:

1ª hipótese - O número de projetos na fase de efervescência é maior que na fase subsequente, denominada fase incremental.

Macedo (2007) destaca que produtos derivados da alcoolquímica (mais de 30 tipos diferentes foram produzidos no início dos anos 1990, incluindo borracha sintética) estão sendo reavaliados nas condições de hoje, em particular, o polietileno.

2ª hipótese (A) - A fase de efervescência tem um tempo maior quando provoca uma descontinuidade de competência, em comparação quando ocorre o inverso (reforço da competência existente).

2ª hipótese (B) - A fase de efervescência cresce mais lentamente em cada série de reforço da competência existente.

3ª hipótese - Nos regimes de baixa propriedade (processo de patente), uma única concepção dominante surgirá na sequência de cada descontinuidade tecnológica.

4ª hipótese - Após cada descontinuidade tecnológica, há picos de vendas de todas as versões da nova tecnologia depois do surgimento da concepção dominante e não durante a fase da efervescência.

5ª hipótese - Uma descontinuidade tecnológica, por si só, não se tornará uma concepção dominante.

6ª hipótese - Uma concepção dominante não está localizada na fronteira do desempenho técnico no momento em que se torna dominante.

7ª hipótese - Concepção dominante surge da destruição de competência que é iniciada por novos entrantes na indústria, enquanto concepção dominante com reforço da competência é iniciada por empresas cuja entrada precedeu a descontinuidade.

8ª hipótese - A maior parte das melhorias de desempenho sobre a vida útil da tecnologia irá ocorrer fora da fase incremental.

Ulrich e Eppinger (2004) sugerem um processo de desenvolvimento de produto genérico composto de cinco fases (Desenvolvimento do Conceito, Projeto no nível do sistema, Projeto detalhado, Testes e refinamentos, Produção); porém, esclarecem que o

processo de desenvolvimento genérico é mais apropriado para produtos “demandados pelo mercado”. Embora o projeto do polietileno verde tenha algumas características relacionadas ao processo genérico de Ulrich e Eppinger (2004), existem outras características que sugerem uma variação do processo genérico, conforme o quadro a seguir:

Quadro 8 - Variação do Processo Genérico de Desenvolvimento de Produto

	Genérico (<i>Market Pull</i>)	<i>Technology-Push</i>	Produtos de Plataformas	Intensivo em Processos
Descrição	Empresa inicia a partir de uma oportunidade de mercado, então busca uma tecnologia apropriada para atender as necessidades do cliente.	Empresa inicia uma nova tecnologia, então busca um mercado apropriado.	Empresa assume que o novo produto será construído a partir de subsistema tecnológico pré-existente.	Características do produto são altamente constituídas por processos produtivos.
Distinção do processo genérico		Atividade inicial de combinar tecnologia com mercado. Conceito de desenvolvimento assume uma dada tecnologia.	Desenvolvimento do conceito assume uma plataforma de tecnologia.	Ambos, processos e produtos, devem ser desenvolvidos juntos, ou um processo de produção existente deve ser especificado para o começo.

Fonte: Ulrich e Eppinger, 2004.

Há evidências empíricas de que o projeto da Braskem possui algumas características do desenvolvimento genérico proposto pelos autores. No entanto, outros fatos sugerem que o projeto é na verdade uma variação do modelo genérico proposto por Ulrich e Eppinger (2004). Tendo em vista que a empresa brasileira precisou buscar novos clientes (*Technology-Push*), o produto foi produzido a partir de uma tecnologia

pré-existente (Produtos de plataformas) e é constituído fortemente por processos produtivos (Intensivo em Processos).

Ainda segundo a teoria de Ulrich e Eppinger (2004), do ponto de vista da organização do desenvolvimento do produto que os autores classificam em organização por função, por projeto e híbrido, o desenvolvimento do polietileno verde se deu através de uma organização híbrida (por função e por projeto) com características mais marcantes da organização por projeto “peso pesado”, conforme entrevistas com lideranças ligadas ao projeto.

Neste caso, em que os autores conceituam como organização híbrida por projeto “peso pesado”, as ligações de organização por projetos são mais fortes do que as ligações por função. O gestor do projeto geralmente tem a autoridade sobre o orçamento, está envolvido com a carreira dos membros da equipe e outros aspectos. Já na organização por projeto “peso leve”, o gestor do projeto exerce mais um papel de coordenador e administrador, atualizando agendas e organizando reuniões, e não tem real autoridade e controle na organização do projeto.

No artigo “Desenvolvimento de Produtos: pesquisas anteriores, resultados presentes e direções futuras”, Brown e Eisenhardt (1995) organizam a literatura empírica de desenvolvimento de produtos em três correntes: Plano racional, Teia de comunicação e Solução disciplinada de problemas.

Empiricamente, o projeto da empresa brasileira para a produção de polietileno verde em escala comercial é resultado de um planejamento cuidadoso iniciado em junho de 2003, quando a empresa começou a avaliar se a produção do polietileno a partir do etanol seria a melhor opção para entrar no mercado de biopolímeros.

Não se pode relacionar a aquisição da antiga Salgema em Alagoas, nos anos 80, com o projeto, pois essa premissa não ficou empiricamente comprovada nas pesquisas.

Assim, a primeira perspectiva de plano racional destacada por Brown e Eisenhardt (1995) para o sucesso do desenvolvimento de um novo produto é mais evidente no projeto do polietileno verde da Braskem.

O bem-sucedido desenvolvimento do polietileno verde resultou de um planejamento bem elaborado para um produto diferenciado, com um “apelo” ecológico direcionado para um mercado disposto a pagar um pouco mais pelo produto, conforme afirma Carlos Grubisich, presidente da Braskem (MORAIS, 2007).

Para Brown e Eisenhardt (1995), os itens de grande relevância para o produto ser bem-sucedido são as vantagens do produto, como benefícios únicos para os clientes, alta qualidade e custo atrativo. Características inovadoras do produto foram o fator mais crítico para o sucesso. Tais produtos se mostravam superiores aos seus concorrentes e resolveram problemas dos clientes.

No caso do polietileno da Braskem, oriundo do eteno da cana-de-açúcar, a organização destaca que o produto tem as mesmas características do polietileno convencional (proveniente do eteno do petróleo). Assim, a alta qualidade e custo atrativo destacados na teoria dos autores não seriam itens de grande relevância. Porém, a questão da sustentabilidade, valor intrínseco do produto, é uma característica inovadora que diferencia o polietileno verde do polietileno “convencional”.

Brown e Eisenhardt (1995), a partir de sua pesquisa, mencionam que foram importantes o planejamento do pré-desenvolvimento, desde a definição de um mercado alvo, assim como a especificação do produto, o conceito, o mercado preliminar, as avaliações técnicas até as competências multifuncionais e suas sinergias com as competências existentes das empresas. O apoio da gestão superior também é mencionado como relevante, mas menos que os demais fatores.

O apoio da alta administração desde o início do projeto contribuiu para o avanço do pré-desenvolvimento do projeto do polietileno verde dentro da Braskem. Desse modo, esse suporte da alta administração configura como um dos fatores de maior relevância no projeto da Braskem, diferente do que foi evidenciado pelos autores.

Os produtos que entraram num mercado em crescimento e com poucos competidores tiveram mais chances de serem bem-sucedidos. Isto apesar de essas características de mercado terem sido menos importantes para o sucesso comercial que os fatores do produto e organização interna, tais como vantagens do produto, conceito claro e planejamento preliminar (Cooper; Kleinschmidt, 1987, *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995).

Considerando a falta de segurança no suprimento de petróleo e a necessidade de, no mínimo, manter as emissões de gases de efeito estufa nos níveis atuais, a demanda por produtos sustentáveis tende a aumentar, fomentando esse mercado. O polietileno verde da Braskem insere-se neste contexto de mercado em crescimento e ainda com poucos competidores, que contribuem para que se torne um produto de sucesso. Mesmo

antes da sua produção em escala comercial, boa parte das 200 mil toneladas anuais que a empresa produzirá tem contrato de fornecimento celebrado com grandes organizações nacionais e internacionais. (BRASKEM RECEBE..., 2010)

A pesquisa feita por Brown e Eisenhardt (1995) enfatiza que o sucesso do produto é mensurado por indicadores financeiros, tais como rentabilidade, faturamento, participação de mercado, entre outros. Boa parte dos indicadores financeiros citados pelos autores ainda não é possível aplicar no projeto do biopolímero da Braskem, mas segundo a companhia, mais de dois terços da produção estão com a comercialização garantida através de contratos com Tetra Pak, Toyota Tsusho, Natura etc. (BRASIL..., 2010)

Relativa importância é dada, também, à participação de fornecedores e clientes logo no começo de um projeto de desenvolvimento de produto (BROWN; EISENHARDT, 1995). No caso do projeto do biopolímero da Braskem, há menção de que alguns clientes multinacionais vieram procurar a área de Tecnologia, perguntando se havia interesse em reativar o negócio do eteno proveniente da cana-de-açúcar. Sentindo a demanda, responderam que sim e começaram a trabalhar (ODEBRECHT INFORMA, 2006).

Porém, um fato de suma importância no desenvolvimento do biopolímero da companhia brasileira foi ter o domínio da tecnologia para a fabricação de resinas termoplásticas a partir de eteno oriundo do álcool.

A pesquisa feita por Brown e Eisenhardt (1995) não demonstra a relevância do domínio da tecnologia pela empresa responsável pelo projeto como fator crítico para o sucesso de um novo produto. A revisão da literatura feita pelos autores trata das características do produto, especificamente que este deve estar em conformidade com as competências da organização; no entanto, não deixa claro o domínio da tecnologia.

Porém, verificou-se no projeto da Braskem que as características do produto não só devem estar em linha com as competências da empresa, mas também que a empresa deve ter total domínio da tecnologia que será empregada no desenvolvimento do novo produto. Este seria talvez o fator mais crítico para o projeto da Braskem no contexto de demonstrar para as partes interessadas que poderia produzir um polietileno proveniente da cana-de-açúcar, matéria-prima 100% renovável.

Desse modo, numa tentativa de contribuir com o modelo de fatores proposto por Brown e Eisenhardt (1995) foi agregado ao modelo o fator “processo tecnológico”, que no caso do projeto em estudo mostrou-se relevante para o avanço do desenvolvimento do polietileno verde na empresa brasileira.

Figura 12 – Modelo de Fatores com Agregação do Fator “Processo Tecnológico”

Fonte: Brown e Eisenhardt, 1995, com adaptação do autor.

* As letras maiúsculas e as linhas mais grossas indicam resultados robustos.

As atividades que antecedem o desenvolvimento de novos produtos, denominadas atividades de *front end*, também devem receber atenção (MURPHY; VINOD KUMAR, 1997). Os autores apresentam um modelo em três estágios para essas atividades: geração da ideia, definição do produto e evolução do projeto.

A geração da ideia, que segundo Murphy e Vinod Kumar (1997) marca o início do processo de desenvolvimento de um novo produto, na Braskem partiu da cultura de inovação da organização. Conforme Cassinelli, tudo começou em 2004, quando um

estudo sobre novos rumos na indústria petroquímica trouxe a proposta de utilização de matérias-primas renováveis. Cassinelli sabia que uma das empresas que compunham a Braskem produzira eteno de etanol para uma unidade de PVC em Alagoas na década de 1980, que a unidade fora fechada e muita informação se perdera. “Passo a passo, buscamos pessoas e recuperamos conhecimentos. A ideia de produzir polietileno verde avançou e ganhou força após 2006, com o sucesso do projeto na Feira K, a maior do setor de plástico”, recorda. (ODEBRECHT INFORMA, 2010)

O estágio de definição do produto, ou seja, a conversão da ideia na possibilidade de um produto tangível ou projeto inicial do conceito, possivelmente ocorreu quando a empresa aprovou o *start up* de um *Feasibility Study* preliminar.

Conforme Murphy e Vinod Kumar (1997), o último estágio é a evolução do projeto. Na empresa brasileira, a evolução do projeto provavelmente se deu com o resultado do *Feasibility Study* (análise de desempenho do negócio, objetivos, mercado, entre outros aspectos).

7. O ETANOL NA PETROQUÍMICA

7.1. O PREÇO DO ETANOL NO BRASIL

É importante comentar como, em condições de mercado, se formam os preços do etanol. Os mercados de combustíveis evoluíram para mercados com preços livres, determinados pelos agentes econômicos ou emulando os mercados mais competitivos, segundo os preços de paridade. Nesse contexto, os preços do etanol para o consumidor foram determinados pelos preços ao produtor, que, por sua vez, foram definidos segundo as cadeias produtivas e logísticas adotadas, incorporando os tributos devidos e as margens de comercialização. Assim, o preço mínimo do etanol para os produtores atendeu a dois requisitos:

a) Custos de produção (matéria-prima, operação da planta industrial, custos de capital dos investimentos);

b) Ser igual ou maior aos resultados que seriam obtidos caso a matéria-prima fosse utilizada para a fabricação de produtos alternativos, que no caso da cana-de-açúcar são o açúcar e o melaço (subproduto inevitável da indústria açucareira, com aplicações como insumo industrial e alimento animal).

Considerando as equações químicas da transformação da sacarose em bioetanol, tem-se que 1 kg de açúcar permite, teoricamente, a produção de 0,684 litro de etanol anidro, e com as eficiências típicas de 90% fermentação e 98% destilação, tem-se a estimativa do preço de indiferença do etanol anidro (PIEa) ante o preço do açúcar (PAC):

$$\text{PIEa (R\$/litro)} = 1,67 * \text{PAC (R\$/kg)}$$

Na expressão, deve-se considerar apenas o valor da sacarose, sem incluir os custos associados aos investimentos e à operação da Usina. Em princípio, só faz sentido produzir etanol a preço superior a tal preço. É importante observar que essa relação não tem sentido quando o mercado de açúcar se satura, ou seja, a demanda de açúcar é atendida na sua plenitude e o excesso de oferta faz os preços do açúcar caírem a níveis que não cobrem os custos. Esse raciocínio também é válido no caso do melaço ou mel esgotado na produção do etanol; nesse caso, a vantagem sempre é do etanol, tendo em vista que o preço do melaço é sempre inferior ao preço do açúcar. Porém, as disponibilidades de melaço são determinadas pela fabricação de açúcar e podem se consideradas limitadas pela necessidade de produção de etanol.

Enquanto com base no caldo direto fabricam-se mais de 80 litros de etanol com uma tonelada de cana (conforme visto anteriormente), por meio do melaço são produzidos em torno de 12 litros de etanol por tonelada de cana, além do açúcar fabricado. Assim, constata-se que nos países latino-americanos com produção açucareira, o melaço poderia constituir uma fonte de etanol relevante para o atendimento das necessidades internas de combustível. Por exemplo, nos países centro-americanos, apenas com o uso do melaço disponível e sem cultivar um hectare adicional de cana, seria possível atender a 22% da demanda de etanol necessária para promover a introdução de 10% desse biocombustível na gasolina consumida (hoje 100% importada), segundo Horta Nogueira *et al.* (2008).

Estudo recente do Banco Mundial com vários cenários de mercado apresenta simulações do comportamento dos preços do açúcar com mercados liberados, apontando elevações de apenas 2,5% em relação aos preços médios de hoje. As vantagens mais expressivas ocorrem nos países da América Latina e da África ao sul do Saara (WORLD BANK, 2007). Duas referências relevantes para os preços internacionais do açúcar são:

- a) Contratos preferenciais com os Estados Unidos, dentro das quotas estabelecidas pelo Departamento de Agricultura norte-americano, com preços determinados por Contratos;
- b) Contratos com a Europa conforme os acordos ACP (África, Caribbean and Pacific) e SPS (Special Protocol Sugar) limitados por quotas atribuídas aos países produtores;
- c) Contratos livres ou de excedentes.

Comparando a atratividade do etanol com os preços internacionais da gasolina, evidencia-se a evolução da atratividade da produção de etanol com base na cana nos últimos dez anos. Podem ser identificadas duas fases: o período anterior a 2003 e os anos sucessivos a 2003. Na primeira fase, os preços da gasolina ficaram quase sempre abaixo do valor de oportunidade do bioetanol, calculado com base no preço internacional do açúcar. Nesse período, a produção de bioetanol dependeu, em muitas situações, de subsídios que cobrissem esse diferencial de atratividade e que se justificaram pelas reconhecidas externalidades positivas do bioetanol: menores emissões atmosféricas, geração de empregos e redução da dependência externa no suprimento energético. No período seguinte, os preços se aproximam bastante e, salvo alguns meses em que a gasolina esteve mais barata, a fabricação de bioetanol passou a ser mais compensadora do que a produção de açúcar a preços internacionais.

Antes de mais nada é relevante ressaltar que os preços internacionais da gasolina não são exatamente aqueles praticados como preço básico na maioria dos países, sobretudo nos países importadores – em que os preços internos são definidos com a incorporação de fretes marítimos e os custos adicionais de internação desses produtos, elevando a curva de preços da gasolina. Por outro lado, a consideração dos preços internacionais do açúcar como referência de oportunidade para a cana tampouco leva em conta os descontos que devem ser aplicados na eventual exportação. A análise anterior também não considerou as matérias-primas de baixo preço, como o melaço, que possibilitam a produção a preços mais baixos. De todo modo, essa comparação mostra como vem se ampliando a margem de atratividade do bioetanol, o qual atinge condições de contestar efetivamente os mercados de gasolina, segundo Baumol (1982).

Além disso, é preciso considerar que a expansão do mercado de açúcar encontra limites, enquanto o mercado de bioetanol tem um potencial de expansão praticamente ilimitado. Nesse ambiente econômico favorável e de interesse dos consumidores, é necessário ressaltar o papel do Estado como promotor do desenvolvimento do mercado

de etanol, pois torna-se mais difícil o etanol ser inserido no mercado de combustível de um país sem um suporte firme do governo. Vale ressaltar que a substituição da gasolina pelo álcool no período 1976-2004 representou para o Brasil uma economia de US\$ 61 bilhões (dólares de dezembro de 2006) ou US\$ 121 bilhões com os juros da dívida externa (BERTELLI, 2007).

No caso brasileiro, em que o desenvolvimento do mercado já alcançou a comercialização de etanol hidratado e já dispõe de uma frota superior a oito milhões de veículos flex fuel, os mecanismos regulatórios e tributários são, necessariamente, mais complexos e a formação de preços sujeita-se a outros condicionantes e padrões. Por exemplo, dentro de limites, é o preço da gasolina que tem definido o preço do etanol no Brasil, constituindo o teto a ser respeitado pelos produtores interessados em proteger o seu mercado consumidor. Como visto anteriormente, esse mercado conta com um crescente número de veículos flex fuel, que poderão migrar para a gasolina caso o preço do etanol ao consumidor, por litro, ultrapasse cerca de 70% do preço da gasolina nos postos revendedores. Por outro lado, o preço do etanol também restringe o aumento do preço da gasolina, tendo em vista que os consumidores que usam gasolina deixarão de fazê-lo caso o etanol lhes seja mais atrativo.

Enfim, essa arbitragem exercida pelo consumidor leva em conta os custos finais na utilização dos combustíveis. Estes são, por sua vez, uma consequência das diferenças de consumo por quilômetro percorrido, e têm constituído um efetivo estabilizador dos preços dos combustíveis no Brasil, mesmo em tempos de altos preços do barril de petróleo. Vale destacar que o etanol de cana-de-açúcar, produzido nas condições brasileiras, mostra-se competitivo com o petróleo ao redor de US\$ 50 o barril, com um custo de produção determinado principalmente pela matéria-prima (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008)

O governo brasileiro entende que os preços do etanol necessitam de uma “equiparação” com as cotações da gasolina para frear o consumo e evitar riscos ao abastecimento – a demanda interna chega a 1 bilhão de litros mensais. As usinas precisariam, segundo a avaliação, recompor suas margens após duas safras de excesso de oferta e preços abaixo das médias históricas. Além disso, a entrada de multinacionais no setor desaconselharia medidas extremas de intervenção, sob pena de haver um prejuízo nas relações futuras. O governo está preocupado em garantir condições para a

mistura obrigatória do anidro na gasolina, mas não quer perder de vista os preços do combustível hidratado.

Consideram “razoáveis” as cotações entre R\$ 0,85 a R\$ 0,90 por litro do etanol na usina. Mas os preços do anidro já alcançaram R\$ 1,12 por litro. Isso porque o cenário é desfavorável ao consumidor. As cotações internacionais do açúcar, hoje em níveis recordes, levaram os usineiros a optar por deixar o etanol em segundo plano. Mesmo com o dólar em baixa, houve uma corrida para produzir açúcar. É fato que a crescente demanda provocada pelos veículos com motores “flex fuel” também tem elevado o consumo efetivo do combustível ano a ano. Outro componente importante, segundo o governo, é permitir a recuperação das margens de lucro das companhias do setor após o longo período de baixa nos preços do etanol. Assim, busca-se evitar desestímulos a investimentos futuros no setor.

Por outro lado, considerando uma frota de carros flex que já alcança 91% dos veículos novos (ANFAVEA, 2009) e 37% da frota total (JANK, 2009), os consumidores podem mostrar seu poder, ou seja, optar por etanol ou gasolina, dependendo do preço.

7.2. IMPULSIONADORES DA ENTRADA DO ETANOL NA PETROQUÍMICA

Segundo Carson e Vaitheeswaran (2008), os maiores especialistas na escassez de petróleo – de Colin Campbell e Kenneth Deffeyes a Jeremy Leggett e David Goodstein – acreditam que o fim do petróleo está próximo e a questão é se o favoritismo está com os combustíveis renováveis ou com os combustíveis de carbono intensivo, feito de areais de alcatrão, de xisto betuminoso e de carvão.

Esses especialistas em escassez, se estiverem certos, para Carson e Vaitheeswaran, (2008) os dois grandes desafios impostos pelo petróleo – o geopolítico e a mudança climática – serão ainda mais dolorosos. Eles argumentam que se o petróleo convencional realmente chegar ao seu pico, iminente e em breve, então o tipo de choque econômico e as guerras por recursos energéticos previstos por Campbell podem ser uma possibilidade.

Se o mundo lidar com o Pico do Petróleo trocando rapidamente para a gasolina feita pelos depósitos de óleo “não convencionais” inacreditavelmente sujos, como as

areias de alcatrão do Canadá e as areias de xisto dos Estados Unidos, então toda a esperança de atacar o aquecimento do globo estará perdida, pois segundo esses autores, o carbono contido nos hidrocarbonos não convencionais é infinitamente maior que o carbono do petróleo convencional.

Assim, para Carson e Vaitheeswaran (2008), “o curso sábio é trabalhar e lutar por um conjunto sensato de políticas públicas, que poderão nos levar mais rápido para um mundo além do petróleo, onde o uso do carbono seja restringido, sem nos empurrar para a Idade Média no processo”.

De acordo com a International Energy Agency (IEA – Agência Internacional de Energia), o mundo precisará gastar três trilhões de dólares nos próximos 25 anos se a demanda antecipada mundial de petróleo tiver de ser atendida e a maior parte desses recursos não será para aumentar o suprimento global líquido de petróleo, mas para substituir a produção dos campos envelhecidos atuais.

Os problemas na América do Norte e no Atlântico Norte têm deslocado as maiores empresas do setor para esferas de petróleo em países em desenvolvimento, como o Mar Cáspio, a África Ocidental e as águas ultraprofundas da costa do Brasil. No entanto, essa nova onda de exploração envolve formações geológicas tecnicamente complexas, tecnologia sofisticada e alto custo inicial de capital, além dos regimes políticos – por exemplo, incentivado pelos elevados preços do petróleo e pelo nacionalismo, o presidente da Venezuela alterou contratos existentes e as grandes empresas do setor petrolífero tiveram de concordar com os novos termos impostos.

Os desafios que as grandes empresas do setor de petróleo enfrentam são a escalada dos preços, a queda das reservas, os preços não confiáveis, a falta de acesso a reservas e a competição “injusta” de rivais subsidiadas. Derek Butter, da Wood Mackenzie, uma consultoria de energia, argumenta que não há oportunidades suficientes para as maiores empresas do setor reporem suas reservas na exploração tradicional de petróleo e isso forçará a buscar opções de tecnologia intensiva, como o petróleo não convencional e o gás natural.

Porém, para Campbell (2008), o problema de reposição das reservas cresceu de modo tão sério, que não é um problema limitado a umas tantas empresas de petróleo, ao contrário. Para Carson e Vaitheeswaran (2008), o petróleo é um recurso não renovável e, por definição, a era do petróleo deve um dia ser encerrada. Mas é mais provável que

esse dia chegue devido a políticas de restrição dos carbonos e de inovações dos combustíveis limpos e carros limpos, que deixem o petróleo para trás.

Por outro lado, a organização *United State Geological Survey* fez um levantamento em 2002 e concluiu que nas próximas duas décadas ou mais o pico do petróleo não acontecerá. O IEA tem a mesma visão, argumentando que os suprimentos de petróleo somente serão restringidos muito depois de 2030. Com toda a probabilidade, o mundo tem duas décadas para organizar políticas públicas e estimular investimentos em novas tecnologias de energia, que podem propiciar uma transição lucrativa e relativamente “indolor”.

Em meio a toda essa “avalanche” de prospecção acerca do petróleo surge o etanol, que tem recebido capital de grandes multinacionais há algum tempo, como a Royal Dutch/Shell, a Yogen do Canadá, a Dupont e a Genecor, uma empresa de biotecnologia. Richard Branson, o chefe da empresa aérea britânica, entrou na briga com a Virgin Fuels, uma nova empresa que promete investir três bilhões de dólares em etanol. Os sócios da Kleiner Perkins Caufield & Byers, desde 1986, investem em uma nova empresa que está desenvolvendo o etanol de celulose.

Carson e Vaitheeswaran (2008) criticam o etanol do milho, argumentando que o poder do lobby da agricultura norte-americana faz com que os Estados Unidos imponham tarifas na importação da variedade brasileira mais barata e mais verde, o etanol da cana-de-açúcar.

No Brasil, desde março de 2008 o consumo do etanol da cana-de-açúcar supera o de gasolina. Por isso, pode-se dizer que o Brasil é o único país do mundo onde o combustível "alternativo" é o fóssil e o "principal" é renovável. Isso só foi possível graças à sábia decisão adotada depois do choque de 1975, quando foi lançado o mais arrojado programa de substituição de petróleo da época. Hoje, mistura-se 25% de etanol à gasolina; a frota de carros flex já alcança mais de 90% dos veículos novos e 37% da frota total e conta com uma ampla distribuição de etanol puro em todos os postos de combustível (JANK, 2009), diferente de qualquer outro país do globo.

JANK (2009) menciona que estudos recentes trazem dados impressionantes sobre os impactos dessa indústria. Considerando somente a produção do etanol, são 465 mil empregos diretos criados no País, seis vezes mais do que a indústria do petróleo. O etanol está presente em 1.042 municípios, ante 176 no caso do petróleo, o que se traduz

em maior distribuição de renda e interiorização do desenvolvimento. Uma simulação feita por professores da USP mostra que 15% de substituição de gasolina por etanol em nível nacional gera 118 mil empregos líquidos, com uma massa salarial adicional de R\$ 236 milhões anuais.

Na área ambiental, Jank (2009) esclarece que, desde 1975, o uso de etanol em substituição à gasolina permitiu uma redução de emissões de 600 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente ao plantio de 2 bilhões de árvores, e que especialistas afirmam que para cada litro de etanol consumido US\$ 0,20 deixam de ser gastos na mitigação de gases causadores do aquecimento global. Um estudo realizado pelo Laboratório de Poluição da Faculdade de Medicina da USP estima que se todos os carros da Região Metropolitana de São Paulo fossem movidos exclusivamente a gasolina haveria um incremento de 400 mortes e mais de 25 mil internações hospitalares por ano, com um custo anual de R\$ 140 milhões para o sistema de saúde.

Ocorre que a petroquímica brasileira também começa prospectar no etanol da cana-de-açúcar uma alternativa a sua principal matéria-prima (a nafta, oriunda do petróleo). A extensão de terras cultiváveis e, as condições climáticas do Brasil permitem considerar a disponibilidade de etanol de fonte “infinita”. Adicionalmente, o álcool (etanol) brasileiro torna-se competitivo quando a cotação do combustível fóssil alcança US\$ 35/barril (BERTELLI, 2005).

7.3. IMPLICAÇÕES DA ENTRADA DO ETANOL NA PETROQUÍMICA BRASILEIRA

A partir de uma primeira análise – baseada no Gráfico 3, que mostra a frota de veículos por tipo de combustível no Brasil, e na Tabela 4, que apresenta a estimativa de consumo de combustível por veículo –, e se o preço do etanol nos postos de combustível se mantiver competitivo com a gasolina, pode-se inferir para 2011:

- a) Consumo previsto de etanol hidratado por veículo flex fuel em torno de 1.643 litros/ano.
- b) Consumo previsto de etanol anidro por veículo a gasolina em torno de 368 litros/ano ($1.471 * 25\%$).

- c) Consumo previsto de etanol hidratado para veículos a álcool em torno de 1.614 litros/ano.

Se a preferência dos consumidores pelo etanol se mantiver, a inferência é que, em 2011, para abastecer a frota projetada de 26,5 milhões de veículos com etanol (anidro e hidratado) serão necessários cerca de 26,2 bilhões de litros de álcool, conforme demonstração a seguir:

- a) 1.643 litros (consumo previsto de etanol hidratado por veículo flex fuel) * 11,7 milhões de veículos (frota prevista para 2011 de veículos flex fuel) = **19,2 bilhões de litros de álcool hidratado.**
- b) 368 litros (consumo previsto de etanol anidro por veículo a gasolina) * 13,5 milhões de veículos (frota prevista para 2011 de veículos a gasolina) = **4,9 bilhões de litros de álcool anidro**
- c) 1.614 litros (consumo previsto de etanol hidratado por veículo a álcool) * 1,3 milhões de veículos (frota prevista para 2011 de veículos a álcool) = **2,1 bilhões de litros de álcool hidratado.**
- d) $19,2 + 4,9 + 2,1 =$ **26,2 bilhões de litros de álcool** será o total da demanda prevista para abastecer a frota de veículos de passageiros e comerciais leves em 2011.

Dada a demanda projetada para o abastecimento da frota brasileira em 2011, é necessário, também, considerar a previsão de exportação de álcool (Tabela 6), em torno de **6,1 bilhões de litros de álcool** para 2011.

Da parte da petroquímica, a Braskem demandará cerca de **700 milhões de litros de álcool** para seu processo produtivo, conforme estimativa da própria companhia.

Assim, a produção total para suprir a previsão de demanda do mercado doméstico e mercado externo poderá alcançar cerca de **33 bilhões de litros de álcool**, sendo necessário um incremento de 28% na produção quando comparado aos volumes previstos para a safra 2009/2010 e **412,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar** (conservadoramente, a partir do caldo direto, 80 litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar), ocupando um espaço físico médio de **5 milhões de hectares** de terra aráveis no Brasil (com base na produção média de 82,5 toneladas de cana por hectare de terra).

Numa segunda análise, sobre a questão da produção de açúcar, vale um breve comentário do que ocorreu com a safra 2009/2010. De maneira atípica, os produtores brasileiros tiveram sua atenção voltada para a fabricação de açúcar devido à quebra de safra nos principais países produtores. Como exemplo, a Índia, segundo maior produtor, que passou de exportador para importador (CONAB, 2009).

Com o excesso de oferta de produção em 2008, quando a Índia chegou a 26,2 milhões de toneladas de açúcar, milhares de pequenos agricultores sentiram-se desmotivados com a queda nos preços e migraram para a produção de grãos, como soja, algodão e milho, que vinham apresentando bons rendimentos no mercado internacional desde 2007.

O Brasil, maior produtor e também exportador, motivado pelo preço do açúcar que acumulou valorização média de 80% quando comparado aos preços praticados no mesmo período da safra anterior, exportará entre 23 e 24 milhões de toneladas da safra atual de 34,64 milhões de toneladas. Houve um aumento bastante significativo, já que na safra anterior foram exportadas 20,7 milhões de toneladas e o consumo interno gira em torno de 11 milhões de toneladas, sendo 60% por meio de produtos industrializados. (BREISSAN FILHO *et al.*, 2009).

No geral, o consumo de açúcar tem se expandido de modo regular a uma taxa anual de 2% ao longo das últimas décadas, o que significa cerca de 3 milhões de toneladas a mais na demanda mundial a cada ano (HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008). Se o cenário mudar, isto poderá influenciar os usineiros na priorização da produção de açúcar em detrimento da produção de etanol, ameaçando a hegemonia do etanol no Brasil.

Considerando os comentários acima, a produção na safra 2009/2010 foi em torno de **35 milhões de toneladas de açúcar**, um incremento médio de 9,54% na produção de açúcar quando comparado com a safra 2008/2009 de 32 milhões de toneladas de açúcar, sendo necessários **276 milhões de toneladas de cana-de-açúcar** (CONAB, 2009) e ocupando um espaço físico médio de **3,3 milhões de hectares de terra aráveis no Brasil** (com base na produção média de 82,5 toneladas de cana por hectare de terra).

Assim, pode-se estimar no curto prazo (2011) que a demanda total brasileira de biomassa para produção de etanol para combustíveis, álcoolquímica e açúcar para os

mercados interno e externo será em torno de **688,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar**, que ocuparão em torno de **8,3 milhões de hectares ou 2,4% das terras aráveis brasileiras**.

Lembre-se que segundo resultados do Censo Agropecuário de 2006 o Brasil possui 851,4 milhões de hectares, sendo 354,8 milhões de hectares de área das propriedades rurais, (com exclusão de áreas protegidas, corpos d'água e áreas inaptas para agricultura e inclusão de reservas legais de formação nativas). Até 2006, a agricultura brasileira ocupou 76,7 milhões de hectares ou 21,6% da área de propriedades rurais. Portanto, o potencial de incremento da produção agrícola brasileira é quase cinco vezes mais, quando comparado com dados do Censo Agropecuário de 2006 (ver Figura 15).

Figura 13 – Utilização da Área Brasileira em Milhões de Hectares

Fonte: IBGE, 2007; CONAB/ IBGE, 2009 – 3º levantamento: dezembro de 2009 para área plantada com cana (Safrá 2009/10).

Elaboração do autor.

Se pensarmos no horizonte de médio prazo (2012 a 2020), utilizando a mesma lógica da modelagem matemática feita pelo governo para a evolução da frota de veículos de 2009 a 2011, teríamos:

1. Crescimento da frota de veículos flex fuel em 14% (2012), 12% (2013) e em 11% ao ano (de 2014 a 2020);
2. Redução da frota de veículos a gasolina em 4% ao ano (2012 a 2020);

3. Redução da frota de veículos a álcool em 15% em 2012 em relação a 2011, com aumento do percentual de redução em 1% ao ano, chegando a 23% em 2020 em relação a 2019;
4. Crescimento do mercado automotivo de 3% a 7% ao ano.

A Tabela 8 apresenta a evolução da frota brasileira de veículos no período de 2012 a 2020, de acordo com as premissas acima (em mil unidades). Nota-se que a estimativa para 2020 da frota de veículos comerciais leves e de passageiros está estimada em mais de 40 milhões de unidades. O percentual de carros a álcool estará muito próximo de zero e de carros a gasolina em torno de 23% (frota remanescente ainda em circulação). O crescimento do mercado automotivo, que oscilará entre 3% e 7%, será significativo para os veículos flex fuel, que representará 77% da frota brasileira de veículos comerciais leves e de passageiros.

Tabela 8 – Projeção da Evolução da Frota Brasileira de Veículos no Período de 2012 a 2020

FROTA	2012	%	2013	%	2014	%	2015	%	2016	%	2017	%	2018	%	2019	%	2020	%
À Gasolina	12.930	47	12.413	44	11.917	41	11.440	38	10.982	34	10.543	31	10.121	28	9.716	26	9.328	23
Flex	13.343	49	14.944	53	16.587	57	18.412	60	20.437	64	22.686	67	25.181	71	27.951	74	31.025	77
À Álcool	1.105	4	928	3	770	3	632	2	512	2	409	1	323	1	252	1	194	0
Total	27.378	3	28.285	3	29.274	3	30.484	4	31.931	5	33.638	5	35.626	6	37.919	6	40.547	7

Fonte: Dados estimados pelo autor, baseado na lógica da modelagem matemática da CONAB.

Elaboração do autor.

A partir da projeção da frota brasileira, conforme exposto acima e estendendo a estimativa de 2011 do consumo anual médio (em litros) por tipo de veículo feito pela CONAB com aplicação de modelo matemático, tem-se a previsão da demanda de etanol para abastecer a frota de veículos no Brasil em 2020.

Vale ressaltar que é uma forma simplista estender a estimativa do consumo anual médio de combustível de 2011 para o horizonte de 2012 a 2020, lembrando que no caso de veículos a gasolina e veículos a álcool a tendência é de aumento do consumo em função da vida útil da frota. O mesmo não deve ocorrer com os veículos flex fuel, pois a prospecção é de renovação da frota.

- e) 1.643 litros (consumo previsto de etanol hidratado por veículo flex fuel) * 31 milhões de veículos (frota prevista para 2020 de veículos flex fuel) = **51 bilhões de litros de álcool hidratado;**

- f) 368 litros (consumo previsto de etanol anidro por veículo a gasolina) * 9,3 milhões de veículos (frota prevista para 2020 de veículos a gasolina) = **3,4 bilhões de litros de álcool anidro;**
- g) 1.614 litros (consumo previsto de etanol hidratado por veículo a álcool) * 194 mil veículos (frota prevista para 2020 de veículos a álcool) = **313 milhões de litros de álcool hidratado;**
- h) $51 + 3,4 + 0,3 = 55$ **bilhões de litros de álcool** será o total da demanda prevista para abastecer a frota de veículos de passageiros e comerciais leves em 2020.

Para a prospecção do potencial do mercado externo, vale destacar que a estabilização do combustível tipo E10 (mistura de 10% de álcool com 90% de gasolina), que já é compatível para a maioria dos motores da frota de todo o mundo, indica previsões otimistas de aumento da demanda de álcool em vários países e regiões, conforme Tabela 9, a seguir:

Tabela 9 - Potencial da Demanda de Álcool no Mercado Externo

Regiões	Demanda potencial (bilhões de litros)	Mistura com a gasolina	Observações
Japão	1,8	3%	Caso toda a gasolina consumida seja misturada com o etanol
Estados Unidos	28,4	Até 10% em alguns estados	Meta para 2022: adição de 17% de etanol na mistura
China	4,5	10%	Caso as principais províncias da China passem a usar a mistura nos próximos 4 anos
União Européia	1,0	5%	Consumo esperado para 2010, com base no possível uso de misturas com 5% em alguns países e uso de ETBE (aditivo para gasolina)
Índia	1,5	5%	Caso as principais províncias da Índia passem a usar a mistura nos próximos 4 anos.
Tailândia	1,4	10%	Projeção para 2010
Total	38,6	-	-

Fonte: Neves e Conejero, 2007 (adaptado por Carlos Eduardo Freitas Vian).

Extrapolando a demanda do “plástico da cana” da Braskem e considerando o déficit de nafta no Brasil, algo em torno de 30%, que hoje é importada, pode-se pensar na substituição da nafta importada por etanol. Ver detalhes abaixo:

- a) Capacidade instalada de produção de Eteno no Brasil: 730.000 toneladas do Polo de Capuava (SP) + 1.280.000 toneladas do Polo de Camaçari (BA) + 1.240.000 toneladas do Polo de Triunfo (RS) = **3.250.000 toneladas de eteno/ano** (Elaboração própria com base em BASTOS, 2009);
- b) Rendimento da Nafta: 3,5 toneladas para produção de 1 tonelada de eteno;
- c) Demanda de Nafta no Brasil: **11.375.000 toneladas/ano;**
- d) Déficit de Nafta: **3.412.500 toneladas/ano ou 975.000 toneladas de eteno.**

Assim, o déficit brasileiro de nafta de 3.412.500 toneladas/ano reforça a premissa de aumento do uso do etanol na alcoolquímica, chegando aos 2,1 bilhões de litros anuais. Ver detalhes abaixo:

975.000 toneladas de eteno x 2.180 litros de álcool = **2.125.500.000 litros de álcool.**

Muito embora exista menção de que, em tese, a alcoolquímica tem potencial de demanda de 7 bilhões de litros de etanol por ano (APLA, 2006), isso elevaria a necessidade de produção de álcool para **62 bilhões de litros por ano** (demanda doméstica), o que corresponde a mais do que o dobro da produção prevista da safra atual.

8. CONCLUSÃO

A inovação do polietileno verde pode ser categorizada como mudança tecnológica “empurrada” no primeiro momento (anos 1960), quando a tecnologia foi desenvolvida pelo Cenpes (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás) e “puxada” no momento atual, quando a tecnologia é aprimorada para a produção do plástico verde pela empresa brasileira Braskem (DOSI, 1982),

Trata-se de um conhecimento pré-existente na organização, a partir da aquisição da Salgema, que foi novamente aplicado (HARGADON; SUTTON, 2000), viabilizando um projeto inovador de fabricação de resinas termoplásticas com matéria-prima 100% renovável.

O projeto da Braskem possui algumas características do desenvolvimento genérico de produtos proposto por Ulrich e Eppinger (2004). Porém, outros fatos sugerem que o projeto seria uma variação do modelo genérico proposto pelos autores, pois a empresa brasileira teve de buscar novos clientes (*Technology-Push*), o produto foi produzido a partir de uma tecnologia pré-existente (Produtos de plataformas) e é constituído fortemente por processos produtivos (Intensivo em Processos).

A estrutura organizacional para o desenvolvimento do produto em que Ulrich e Eppinger (2004) classificam em organização por função, por projeto e híbrido, no caso do desenvolvimento do polietileno verde se deu através de uma organização híbrida (por função e por projeto) com características mais marcantes da organização por projeto “peso pesado”.

O estudo do projeto contribui com o modelo de fatores que impactam no sucesso do produto proposto por Brown e Eisenhardt (1995) ao agregar o fator “processo tecnológico: domínio da tecnologia” ao modelo. No caso do projeto em estudo, o domínio da tecnologia mostrou-se relevante para o avanço do desenvolvimento do produto.

A evolução desse movimento na petroquímica brasileira contribuirá com a premissa de que a organização deve ter uma “base verde” para competir globalmente (teoria VBR – BARNEY, 2001). Coincidência ou não, a ETH da Odebrecht anunciou a combinação de seus ativos com os da Brenco em uma empresa que planeja para 2012 produzir em torno de 3 bilhões de litros de etanol e 2,7 mil gigawatts/hora de energia elétrica de biomassa.

O eteno de origem fóssil, que provém da nafta (que, por sua vez, tem origem no petróleo), responde por 90 a 95% dos custos totais da cadeia de suprimento dos plásticos, e a cana-de-açúcar no Brasil mostra-se mais competitiva que a nafta. Como o preço da nafta depende do preço do petróleo, “grosso modo”, sempre que o barril do petróleo supera US\$ 55, o etanol seguramente torna-se mais competitivo.

Favoravelmente, com o uso do bagaço da cana, será possível elevar em 30% a 40% a produção do álcool no Brasil.

A meta da Petrobrás é desenvolver, no Brasil, a primeira unidade industrial do mundo capaz de produzir etanol celulósico, que seria a segunda geração do etanol, produzido a partir de restos da indústria madeireira, como galhos finos de eucalipto, e também de casca de arroz, de bagaço da cana e de outros resíduos agrícolas.

Estudo da ABIQUIM (2007), BNDES Setorial 2009 aponta possibilidade de déficit de capacidade de eteno e propeno em 2020, mesmo com a entrada do Comperj, que adicionará 1,3 milhões de toneladas de eteno. A autossuficiência brasileira na produção de petróleo não beneficiou a petroquímica. O País produz 70% do que consome de nafta (a produção de nafta representa apenas 8% dos derivados produzidos no País).

A planta do plástico verde está com 80% da sua produção comercializada, principalmente, para clientes da Europa, Estados Unidos e Ásia. A Braskem planeja manter parte do volume disponível porque a intenção é realizar um marketing global da resina. Um estímulo adicional ao uso do polímero verde apresenta características de aplicação e propriedades idênticas às do plástico tradicional, o que permite às indústrias de transformação aproveitar todo o seu parque fabril atual para processar a resina.

O processo químico para a produção de 1,0 kg do polietileno a partir da nafta emite para a atmosfera 2,5 kg de CO₂ (dióxido de carbono), enquanto 1,0 kg de polietileno a partir do álcool da cana-de-açúcar capta e fixa 2,0 kg do CO₂ (dióxido de carbono). Se for considerado que para cada quilo de polietileno verde produzido é deixado de produzir um quilo de polietileno “convencional”, a vantagem seria de 4,5 kg de CO₂, que não serão adicionados à atmosfera.

Em se tratando do potencial do mercado de etanol, a análise aponta que no curto prazo (2011), a necessidade de etanol para suprir a demanda da indústria alcoolquímica brasileira desponta timidamente com cerca de 2% (700 milhões de litros/ano) do total da demanda prevista de 33 bilhões de litros para atender o mercado doméstico e externo.

Assim, pode-se estimar que a previsão da demanda total no Brasil de biomassa para produção de etanol para combustíveis, alcoolquímica e açúcar (mercado interno e externo) será em torno de 688,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, que ocuparão cerca de 8,3 milhões de hectares ou 2,4% das terras aráveis brasileiras.

Porém, o que chama mais a atenção é (a) o crescente incremento da frota flex fuel brasileira, que poderá demandar cerca de **55 bilhões de litros de etanol até 2020**, salvo desequilíbrio no preço do álcool *versus* o preço da gasolina; (b) o potencial do mercado externo de **39 bilhões de litros**, por conta de legislação que requer a adição de etanol à gasolina. Alguns países, a exemplo dos Estados Unidos, poderão recorrer à importação, caso novas rotas de produção não se concretizem e (c) a demanda como insumo para a álcoolquímica que tem potencial de alcançar **7 bilhões de litros** (APLA, 2006).

Considerando ainda que o Brasil responde por cerca de 2,8% no ranking da produção mundial de eteno, (ABIQUIM, 2007 *apud* BASTOS, 2008), fica claro quanto é significativo o potencial da demanda no âmbito mundial. Apenas com a demanda global de eteno em 2005, de 105 milhões de toneladas (CMAI, 2005 *apud* HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2008), e uma penetração de 10% do etanol em substituição a outros insumos, tem-se um requerimento de **23 bilhões de litros** de etanol.

Talvez por essa razão, só em 2008 a UNICA recebeu 162 delegações de mais de 60 países, que queriam conhecer melhor a experiência brasileira com o etanol e a bioenergia, e cerca de 30 pedidos de jornalistas por dia (UNICA, 2009).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme Jank (2009), estudos trazem dados impressionantes sobre os impactos sociais, ambientais e econômicos da indústria sucroalcooleira: são 465 mil empregos diretos criados no Brasil, seis vezes mais do que a indústria do petróleo. O etanol está presente em 1.042 municípios, ante 176, no caso do petróleo, o que se traduz em maior distribuição de renda e interiorização do desenvolvimento. No âmbito ambiental, desde 1975 o uso de etanol em substituição à gasolina permitiu uma redução de emissões de 600 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente ao plantio de 2 bilhões de árvores. Além disso, especialistas afirmam que para cada litro de etanol consumido US\$ 0,20 deixam de ser gastos na mitigação de gases causadores do aquecimento global. Um estudo realizado pelo Laboratório de Poluição da Faculdade de Medicina da USP estima que se todos os carros da Região Metropolitana de São Paulo fossem movidos exclusivamente a gasolina haveria um incremento de 400 mortes e mais de 25 mil

internações hospitalares por ano, com um custo anual de R\$ 140 milhões para o sistema de saúde.

Só no período 1976-2004, com a substituição da gasolina pelo álcool o Brasil economizou US\$ 61 bilhões (dólares de dezembro de 2006) ou US\$ 121 bilhões com os juros da dívida externa (BERTELLI, 2007).

Adicionalmente, os preços elevados do petróleo, a nacionalização de recursos naturais, o agravamento da degradação ambiental, as restrições das reservas de recursos naturais impõem à humanidade o ato de repensar seu modelo de suprimento de energia – que apresenta nitidamente sinais de esgotamento – e, particularmente no caso da petroquímica, o suprimento de matérias-primas.

O *know how* brasileiro na produção de etanol de cana-de-açúcar, associado à farta disponibilidade de terra, luz solar e água, com indicadores bastante interessantes de produtividade, conferem ao Brasil uma opção energética estratégica e sustentável.

Outro fato favorável na agroindústria de etanol da cana é que a totalidade da energia consumida no processo pode ser obtida por um sistema de produção de calor e potência elétrica (sistema de cogeração) instalados na própria usina, utilizando o próprio bagaço da cana como fonte de energia. No caso do Brasil, as usinas são autossuficientes em calor e energia elétrica e ainda conseguem exportar o excedente para a rede pública.

É fato que essa opção energética ainda apresenta um enorme potencial de melhorias, seja do ponto de vista tecnológico, racionalização dos processos e valorização dos subprodutos, a exemplo da palha e do bagaço da cana que hoje não são plenamente aproveitados.

As perspectivas de desenvolvimento tecnológico na agroindústria do etanol são significativas, com aumento da produtividade e desempenho energético. É extremamente urgente um incremento na mecanização da colheita da cana para reduzir o trabalho braçal, que hoje demanda mão de obra bastante elevada, em comparação com outras fontes energéticas, sem esquecer a complexa questão de inclusão social dessa mão de obra braçal à medida que é substituída pela crescente mecanização nos canaviais.

Produzido com eficiência e sustentabilidade, o etanol poderá ser capaz de suprir o mercado brasileiro de combustíveis veiculares e de uso em grande escala na álcoolquímica, destacando-se como uma alternativa para atender às demandas de

redução dos gases de efeito estufa e competir mercadologicamente com energias convencionais como o petróleo.

De acordo com a International Energy Agency (IEA – Agência Internacional de Energia), serão necessários 3 trilhões de dólares nos próximos 25 anos se a demanda antecipada mundial de petróleo tiver de ser atendida, e a maior parte desses recursos não será para aumentar o suprimento global líquido de petróleo, mas para substituir a produção dos campos envelhecidos atuais.

Os problemas na América do Norte e no Atlântico Norte têm deslocado as maiores empresas do setor para esferas de petróleo em países em desenvolvimento, como o Mar Cáspio, a África Ocidental e as águas ultraprofundas da costa do Brasil. No entanto, essa exploração envolve formações geológicas tecnicamente complexas, tecnologia sofisticada e alto custo inicial de capital, além de os regimes políticos de algumas regiões visadas acarretarem grandes riscos.

Segundo Carson e Vaitheeswaran (2008), os maiores especialistas na escassez de petróleo – de Colin Campbell e Kenneth Deffeyes a Jeremy Leggett e David Goodstein – acreditam que o fim do petróleo está próximo e a questão é se o favoritismo está com os combustíveis renováveis ou os combustíveis de carbono intensivo, feito de areais de alcatrão, de xisto betuminoso e de carvão. Vale ressaltar que o carbono contido nesses hidrocarbonos não convencionais é infinitamente maior que carbono do petróleo convencional.

No Brasil, desde março de 2008 o consumo do etanol da cana-de-açúcar supera o de gasolina. Por isso pode-se dizer que o Brasil é o único país do mundo onde o combustível "alternativo" é o fóssil, e o "principal" é renovável. Hoje, mistura-se 25% de etanol à gasolina, a frota de carros flex já alcança mais de 90% dos veículos novos e 37% da frota total e conta com uma ampla distribuição de etanol em todos os postos de combustível (JANK, 2009), diferente de qualquer outro país do globo.

A petroquímica brasileira também começa a prospectar no etanol da cana-de-açúcar uma alternativa à principal matéria-prima do eteno, a nafta (oriunda do petróleo), já que sua fonte renovável “garante” disponibilidade infinita. Alinhado a isso estão a extensão de terras cultiváveis do Brasil e o clima favorável, que permitem pensar em disponibilidade de matéria-prima de fonte “infinita”.

Porém, a capacidade e a velocidade de resposta do setor sucroalcooleiro brasileiro, associadas às políticas governamentais que assegurem constantes investimentos estruturais, fortalecendo toda a cadeia de valor do álcool no Brasil possibilitarão um avanço histórico necessário para que o País atenda sem dificuldades a forte demanda interna do setor automotivo e a demanda interna da álcoolquímica. Além disso, possibilitarão ao País participar ativamente do mercado externo, caso este se torne uma realidade.

O que ocorre na atualidade pode ser um alerta. As cotações internacionais do açúcar, hoje em níveis recordes, levaram os usineiros a optar por deixar o etanol em segundo plano. Mesmo com o dólar em baixa, houve uma corrida para produzir açúcar. Se a produção de cana-de-açúcar e a construção de novas usinas, entre outras ações, não acompanharem o crescimento de ambos os mercados (etanol e açúcar), o Brasil poderá perder a oportunidade de consolidar seu espaço no segmento sucroalcooleiro global.

No que diz respeito às limitações deste trabalho, podem ser destacados:

O resultado conclusivo dependeu em grande parte das respostas dos executivos entrevistados, das matérias divulgadas na mídia interna da empresa estudada, reportagens vinculadas na mídia externa durante o período da pesquisa e do julgamento do autor. Possivelmente há problemas que podem advir de respostas politicamente corretas ou dissimuladas, ocultando informações sigilosas.

O mercado brasileiro do etanol é bastante dinâmico e, algumas vezes, vários dados, como por exemplo estimativas da safra atual e produção de açúcar e álcool, foram revisitados para mantê-los atualizados, mas mesmo assim o cenário pode ter sofrido alterações no limiar da finalização da pesquisa.

Posicionamentos de representantes de Entidades ligadas ao tema deste trabalho possivelmente podem ter trazido informações tendenciosas e estas podem ter influenciado o julgamento do autor.

Vale ressaltar que esse trabalho tem propósitos acadêmico-científicos. Sua utilização para outros fins não é recomendada e aqueles que o fizerem agem por sua conta e risco.

Com relação a estudos futuros, uma sugestão é verificar a consolidação do plástico verde no mercado, comportamento da sua demanda, retorno tangível e intangível para as partes interessadas. Analisar também com mais profundidade as ações públicas e privadas para manutenção de um crescimento sustentável do setor sucroalcooleiro, que suporte o potencial de crescimento da demanda doméstica e externa do etanol para os diversos usos, aí incluído o açúcar.

Apêndice – Questionário estruturado aplicado junto ao corpo executivo do projeto de polietileno verde da empresa:

1. Do ponto de vista econômico, a cana-de-açúcar é competitiva? Qual a relação quando é comparada com a nafta e o etano?
2. Seria competitiva mesmo com produto importado do Oriente Médio, onde o custo e a disponibilidade de matérias-primas pelo uso do gás natural no Oriente Médio é US\$ 0,70 e US\$ 1,70 o milhão de Btu?
3. Como a Braskem espera obter cerca de 480 MM (1,7% da produção atual) de litros de álcool/ano para produção do eteno-álcool?
4. Como será a logística de abastecimento de álcool?
5. Qual o papel da ETH (empresa do grupo) neste contexto do eteno-álcool?
6. Há prospecção de integração vertical com a ETH (empresa produtora de álcool do grupo Odebrecht)?
7. Como seria uma análise SWOT do projeto PE verde?
8. Como garantir esse abastecimento, tendo em vista que mais de 70% do álcool produzido atende a frota de veículo flex? Hoje, a frota é mais de 8 milhões de veículos e deve continuar crescendo, pois 92% dos veículos novos vendidos comercializados são flex fuel.
9. Por que o projeto do PE verde é estratégico para a Braskem?
10. Como a estratégia seria classificada (Deliberada ou emergente)?
11. Onde está depositada a patente da Braskem do PE verde?
12. A vantagem competitiva surge do valor que uma empresa consegue criar para seus clientes. Como a empresa espera conseguir essa vantagem competitiva, através da Liderança em custo ou Diferenciação?
13. E a questão da Liderança em custo. De que forma?
14. Pode-se dizer também que há diferenciação, tendo em vista que os clientes pagaram um preço-prêmio, pois há singularidade em oferecer um polietileno feito de matéria-prima 100% renovável?

15. O projeto aproveita alguma oportunidade (de mercado, de estrutura, capacidade produtiva de álcool etc.) e ao mesmo tempo neutraliza alguma ameaça (escalada dos preços do petróleo, por exemplo)?
16. A infraestrutura do projeto (recursos tangíveis e intangíveis) é difícil de imitar? Por quê? (circunstância histórica única e no tempo)
17. Ter a patente muda alguma coisa na questão da imitabilidade?
18. Resumindo: justificar se o projeto apresenta as características da teoria VRIO:
 - a. Valor (valioso)
 - b. Raridade (raro ou não raro)
 - c. Imitabilidade (fácil ou difícil de imitar) Há outra organização neste caminho (matéria-prima renovável)?
 - d. Organização (Explorado pela organização)
 - e. Força ou Fraqueza (Força)
 - f. Implicação competitiva (Vantagem)
19. Qual a vantagem de a planta estar localizada no Rio Grande do Sul (habilidades dos recursos humanos, infraestrutura física, regimes regulatórios, matérias-primas, aspectos tributários (exemplificar), acesso a mercado, setores correlatos (instituições, universidades), proximidade dos fornecedores)?
20. O monopólio do polietileno verde (do ponto de vista global) trará alguma vantagem para a empresa? Quais? Por quê? (SCHUMPETER, 1982)
21. A inovação na empresa é um processo? Como ocorre? (HARGADON; SUTTON, 2000)
22. O projeto PE verde é considerado uma inovação? Essa inovação ocorreu por iniciativa da empresa ou teve sua origem na necessidade do cliente? (DOSI, 1982)
23. A utilização do eteno álcool pode ser uma concepção dominante no futuro? (ANDERSON; TUSHMAN, 1990)

24. Como é o processo de desenvolvimento da empresa? Quais são as fases desse processo (conceito, projeto no nível de sistema, projeto detalhado, testes e refinamentos e produção) (Ulrich e Sppinger, 2004).
25. Poderia explicar como ocorre cada uma das fases?
26. Como é a Organização de desenvolvimento (como as pessoas estão interligadas, focadas, estrutura organizacional de desenvolvimento, elas estão interligadas conforme sua função ou conforme o projeto) (ULRICH; SPPINGER, 2004).
27. Qual o critério usado para selecionar este tipo de integração organizacional?
28. Quais os fatores de sucesso do projeto do polietileno verde? (composição da equipe, como está organizado, processo de comunicação, líder, fornecedores, clientes, mercado, performance financeira – lucratividade projetada). (BROWN; EISENHARDT, 1995).
29. Como foram as atividades de pré-desenvolvimento: geração da ideia, definição do produto e evolução do projeto? (MURPHY; VINOD KUMAR, 1997)
30. O projeto tem requerido apoio de especialistas externos? (CLARK *et al.*, 1993).
31. Falando em características do projeto (CLARK *et al.*, 1993):
 - a. Dimensões de custo, desempenho e cronograma (são inegociáveis? Foram definidos no início? Qual deles é prioritário?)
 - b. Equipe liderada por um engenheiro de projeto ou gerente de negócio?
 - c. O projeto iniciou na fase de marketing ou é multifuncional do início ao fim?
 - d. As fases são sequenciais ou há interação em todas as fases?
 - e. Quais têm sido os principais obstáculos de gestão? (do tipo: prioridades alteradas, recursos, ciclos de produção, fornecedores, mudanças organizacionais).
 - f. Respostas para atrasos no cronograma.
 - g. Há envolvimento da manufatura (Desde o início? Como ocorre? Tem poder de veto?).

REFERÊNCIAS

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Anuário da Indústria Química*, 2007.

AMABILE, T. M.; GRYSKIEWICZ, S.S. The creative environment scales: the work environment inventory. *Creativity Research Journal*, v 2, p. 231-54, 1989.

ANDERSON, Philip; TUSHMAN, Michael L. Techological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 04, p. 604-663, 1990.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Retrieved 10/2009. World Wide Web, <http://www.anfavea.com.br>.

APLA – ASOCIACIÓN PETROQUÍMICA Y QUÍMICA LATINOAMERICANA. *Braskem conclui obras de terminal para receber etanol*. 2009. Disponível em: <<http://www.apla.com.ar/petroquimica2/mostrar.php?&id=17124>>. Acesso em: jan.2010.

_____. *Álcool é solução para indústria química*. 2006. Disponível em: <<http://www.apla.com.ar/petroquimica2/mostrar.php?&id=3679>>. Acesso em: fev.2010.

BARNEY, J. Firm Resource-based theories of competitive advantage: A ten year retrospective on the resource-based view. *Journal of Management*, v. 17, n. 1, 2001.

BASTOS, Valéria Delgado. Desafios da petroquímica brasileira no cenário global. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 29, p. 321-358, mar 2009.

BAUMOL, W. J. Contestable markets: an uprising in the theory of industry structure. *American Economic Review*, v. 72, 1982.

BERTELLI, L. G. A verdadeira história do Proálcool – Programa Nacional do Álcool. *O Estado de S. Paulo*, 30 de outubro de 2007.

_____. *O petróleo está acabando* – UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, janeiro de 2005. Disponível em:

<<http://www.unica.com.br/opiniaio/show.asp?msgCode=%7BA645411D-D509-4BA2-86F6-63226FFED7E7%7D>>. Acesso em: nov.2010.

BRASIL LARGA NA VANGUARDA DO PLÁSTICO VERDE. 2010
Disponível em:<
<http://economia.ig.com.br/empresas/industria/brasil+larga+na+vanguarda+do+plastico+verde/n1237782705930.html>>. Acesso em: out. 2010.

BRASKEM CONCLUI APROVAÇÃO DO PROJETO DO POLIETILENO VERDE. 2008. Disponível em:<
http://www3.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/sala_de_imprensa/sala_de_imprensa_detalhes_8129.aspx>. Acesso em: 25 jun. 2010.

BRASKEM INAUGURA FABRICA DE ETENO VERDE EM TRIUNFO-RS E ASSUME LIDERANÇA GLOBAL DE BIOPOLÍMERO. 2010. Disponível em:< <http://www.odebrecht.com/en/node/14920>>. Acesso em: out. 2010.

BRASKEM INICIA RECEBIMENTO DE ETANOL POR FERROVIA. Disponível em:<
<http://www.udop.com.br/index.php/meteorologia/bolsa/empregos/mapa/download/cepea/index.php?item=noticias&cod=1067865>>. Acesso em: 23 jul.2010.

BRASKEM LANÇA SELO PARA PRODUTOS DE FONTES RENOVÁVEIS. Disponível em:<
http://www3.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/sala_de_imprensa/sala_de_imprensa_detalhes_10182.aspx>. Acesso em: 30 jun.2010.

BRASKEM RECEBE LICENÇA OPERACIONAL DEFINITIVA PARA PLANTA DE ETENO VERDE. 2010. Disponível em:<
http://www3.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/sala_de_imprensa/sala_de_imprensa_detalhes_10273.aspx>. Acesso em: 23 jul. 2010.

BRASKEM SE DESTACA DO OUTRO LADO DO MUNDO.. 2008
Disponível em:<
http://www.braskemnews.com.br/Home/permalink.aspx?id_noticia=40>. Acesso em dez.2010.

BRESSAN FILHO, Ângelo. *O Etanol como um novo combustível Universal. Análise Estatística e Projeção do Consumo Doméstico e Exportação de Álcool Etílico Brasileiro no período de 2006 a 2011*. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2008.

BRESSAN FILHO, Ângelo *et al.* *Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar*. Primeiro levantamento, abril/2009. Brasília: CONAB, 2009.

BROWN, S. L.; EISENHARDT, K. Product development: past research, present findings, and future directions. *The Academy of Management Review*, v. 20, n. 2, p 343-378, 1995.

BUBLITZ, J. A matéria-prima – uma segunda geração para o etanol. *Zero Hora*, Ano 1, nº 30, 2010a.

_____. O plástico da cana. *Zero Hora*, Ano 1, nº 30, 20 set. 2010b, Nosso Mundo Sustentável.

CARSON, I.; VAITHEESWARAN, V. Z. A corrida global para abastecer o carro do futuro. São Paulo: Editora Landscape, 2008, p. 52, 59, 60, 68, 69, 267-274.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações. 1ªed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 465 p.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development: text and cases*. New York: Free Press, 1993.

COELHO, J. R. R. *Análise da competitividade do setor de transformação de plásticos brasileiro*. Diretor titular do Departamento de Competitividade e Tecnologia (Decomtec) da Fiesp, mar. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, cana-de-açúcar – Safra 2009-2010 – Terceiro Levantamento. Dez-2009.

CONECTA. A inovação como estratégia do crescimento sustentável. Planejamento Tecnológico: arquitetando o futuro. São Paulo, 25 e 26/08/2010. Disponível em: < <http://www.slideshare.net/Inovacao/conecta-braskemcassinelli100901124434phpapp01> >. Acesso em: nov/2010.

CONHEÇA A BRASKEM - Linha do tempo disponível em:<

http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/conheca_braskem/linha_tempo/linha.aspx>. Acesso em: 20 jul.2010.

CONHEÇA A BRASKEM, O PLÁSTICO VERDE. Disponível em:<

http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/conheca_braskem/desenvolvimento/plastico_verde/pesquisa_e_desenvolvimento.aspx>. Acesso em: set. 2010.

COSAN FECHA CONTRATO DE R\$ 1 BILHÃO COM A BRASKEM.

Disponível em:< <http://logisticaeagronegocio.blogspot.com.br/>>. Acesso em: out. 2010.

COVIN, J. G; MILES, M. P. Corporate and entrepreneurship and the pursuit of competitive advantage. *Entrepreneurship: theory and the practice*, Spring, 1999, p. 47-63.

CUNHA, F. A *Logística atual de transporte das distribuidoras e infra-estrutura para a exportação do álcool*. Petrobrás Distribuidora, ago. 2003 (apresentação em Power Point). Disponível em:<

http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3cana_09.pdf>. Acesso em: out.2010.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da administração da produção.3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 598 p.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Science Policy Reseach Unit*, v. 11, p 147-162, 1982.

DRAZIN, R; SCHOONHOVEN, C. B. Community, Population and organization effects on innovation: a multilevel perspective. *Academy of Management Journal*. v. 39. n. 5. p. 1065-1083, 1996.

DRUCKER, P. F. *Innovation and entrepreneurship: practice and principles*. New York: HarperBusiness, 1985.

ETH BIOENERGIA. Disponível em:

<http://www.eth.com/index.cfm/2/pt/Noticias/artigo_id=446/ETH_Bioenergia_a

nunciaassinatura_de_contrato_com_a_Braskem_para_fornecimento_de_etanol
>. Acesso em: dez/2010.

EXAME NOTÍCIAS. *Braskem firma contrato de R\$ 160 milhões com ETH*. Disponível em:< <http://portalexame.abril.com.br/ae/economia/braskem-firma-contrato-r-160-milhoes-eth-562475.shtml>>. Acesso em: jan. 2010.

GHEMAWAT, P. *A Estratégia e o cenário dos negócios*. Porto Alegre: Bookman, 2007, cap. 1, p. 15-31.

GOLDEMBERG, J. *et al.* The Brazilian fuel-alcohol program. In: JOHANSSON, T. B. *et al.* (eds). *Renewable energy: sources for fuels and electricity*. Washington: Island Press, 1993.

HARGADON, A.; SUTTON, R. I. Building an Innovation Factory. *Harvard Business Review*, p.157-166, may/ june 2000.

HILL, Charles W. L.; ROTHARMER, Frank T. The performance of incumbent firms in the face of radical technological innovation. *Academy of Management Review*, v. 28, n. 2, p. 257-274, 2003.

HOOGWijk, M. *et al.* Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and Bioenergy*, v. 25, n.2, 2003.

HORTA NOGUEIRA, L. A. *et al.* *Bioetanol de cana-de-Açúcar: energia para o Desenvolvimento Sustentável*. Estudo coordenado pelo BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

INFOPEDIA. *Etano*. Disponível em:< [http://www.infopedia.pt/\\$etano](http://www.infopedia.pt/$etano)>. Acesso em 23 set. 2010.

INSTITUTO ETHOS. *Polietileno produzido a partir do álcool de cana-de-açúcar*. Mostra Ethos 2009. 2ª edição. 2009. Disponível em:< http://www.ethos.org.br/mostravirtual/_negocios/406/406.html>. Acesso em: ago. 2010.

JANICK, J. *Sugarcane. Tropical Horticulture, Purdue University*. Disponível em:< http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/tecture_21/sugarcane_R.html>. Acesso em: dez. 2009.

JANK, M. S. Etanol, Benefícios, Riscos e Desafios. *O Estado de São Paulo*, 06 de novembro de 2009.

JORNAL ET-205. *Etanol da Cosan vira plástico verde*. Disponível em:< http://www.et205.com.br/noticias_naoassinante.aspx?noti=vPM/OReGW84=>. Acesso em: dez. 2010.

JOSEPH Jr., H. *Ethanol fuel: vehicular application technology*. São Paulo: ANFAVEA, Energy and Environment Division, 2005.

KANTER, R. M. Supporting Innovation and venture development in established companies. *Journal of Business Venturing*, v. 1, p. 47-60, 1985.

KAPLINSKI, R.; MORRIS, M. *A handbook for value chain research*. Disponível em:< <http://www.ids.ac.uk/ids/global/pdfs/VchNov01.pdf>>. Institute of Development Studies (IDS), Brighton, 2003. Acesso em: jun.2010.

KUMPE, T.; BOLWIJN, P. Toward the innovative firm – challenge for R&D. *Management Research Technology Management*, p. 38-44, 1994.

MACEDO, I. C. Situação Atual e Perspectivas do Etanol. *Estudos Avançados*, v. 21, n. 59, p. 157-165, 2007.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. *Safári de estratégia*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J. Reflexão sobre o processo estratégico (p. 39-41). In: MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. *O processo da estratégia*. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MORAIS, L. O plástico verde da Braskem. *Revista Isto é Dinheiro*. Ed. 509. Junho 2007. Disponível em:< http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/2923_O+PLASTICO+VERDE+DA+BRASKEM>.. Acesso em: set.2010.

MORSCHBACKER, A. Bio-Ethanol Based Ethylene. *Polymer Review*, v.49, n.2, p. 79-84, 2009.

MURPHY, S. A.; KUMAR, V. The front end of new product development: a Canadian survey. *R & D Management*, v. 27, n. 1. p. 5-15, 1997.

NASCIMENTO, P. T. S.; YU, A. S. O.; MARQUES, J. J. Competência compartilhada na determinação da trajetória tecnológica do sistema flex-fuel: o caso Delphi. In: *ALTEC/2009*. Cartagena de Índias, Colômbia, 2009.

NASCIMENTO, P. T. S. *et al.* Exogenous factors in the development of flex fuel cars as a local dominant technology. *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 4, n. 4, p. 110 – 119, 2009.

NEVES, M.F.; CONEJERO, M. A. Sistema agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica – São Paulo. *Economia Aplicada –Brazilian Journal of Applied Economics, Debates*, v. 11, n. 04, p. 587-604, out-dez 2007.

ODEBRECHT INFORMA. *Liberdade inspiradora*. 2010. Disponível em:< <http://www.odebrechtonline.com.br/materias/02501-02600/2558/?lang=pt><http://www.odebrechtonline.com.br/materias/00701-00800/726/>>. Acesso em: dez.2010.

ODEBRECHT INFORMA. *Solução à brasileira e ambientalmente correta*. 2006. Disponível em:< <http://www.odebrechtonline.com.br/materias/00701-00800/726/>>. Acesso em: jan. 2010.

O POLÍMERO VERDE DA BRASKEM. 2010. Disponível em:< <http://www.embalagemetecnologia.com.br/entrevistas/2010/braskem/index.htm>> . Acesso em: dez. 2010.

O SETOR PETROQUÍMICO BRASILEIRO. Disponível em:< http://www.braskem-ri.com.br/braskem/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&tipo=28155&conta=28>. Acesso em: 25 set. 2010.

PAES, L. A. D. *Palha – potencial como combustível adicional ao bagaço. Geração de energia por biomassa: bagaço e palha*. SEMINÁRIO ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR, Centro de Tecnologia Canavieira, CTC. Piracicaba, SP, 2005.

PAVIT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory. *Research Police*, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PARCERIAS INOVADORAS E SUSTENTÁVEIS. s. d. Disponível em:<http://www.braskem.com.br/plasticoverde/parcerias_cases.html>. Acesso em: 25 set. 2010.

PEFLEY, R. K. *et al.* *A feedback controlled fuel injection system can accommodate any alcohol-gasoline blend.* Proceedings of the IV International Symposium on Alcohol Fuels Technology. Guarujá, SP, Brasil. 5-8, October, 1980.

PETRO & QUÍMICA. O futuro da petroquímica. *Petro & Química*, n. 293, 2007. Disponível em: <<http://www.editoravalete.com.br/site%5Fpetroquímica/>> Acesso em: 20 out. 2009.

PORTER, M. E. How competitive forces shape strategy. *Harvard Business Review*, march-april 1979.

_____. What is Strategy? *Harvard Business Review*, nov.-dic. 1996.

_____. *Competição: estratégias competitivas essenciais.* Rio de Janeiro: Campus, 1999, cap. 8 e 9, p. 305-365.

_____. Competindo além das localidades: ampliando a vantagem competitiva através de uma estratégia global. In: PORTER, Michael (org.). *Competição: estratégias competitivas essenciais.* Rio de Janeiro: Campus, 1999.

_____; KETELS, C. H. M. *UK Competitiveness: moving the next stage.* DTI Economics Paper, n3. 2003. Disponível em: <http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Paper%203_Porter_and_Ketels_Published_tcm6-5508.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2009.

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, v. 28, n. 3, p. 79-91, 1990.

REVISTA SUSTENTABILIDADE. *Braskem e Tetrapak firmam acordo para uso de plástico feito com etanol.* 2010. Disponível em:<<http://www.revistasustentabilidade.com.br/reciclagem/Braskem-e-tetrapak-firmam-acordo-para-uso-de-plastico-feito-com-etanol>>. Acesso em: set.2010.

SCHUCHARD, U. *et al.* A Indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima? *Química Nova*, v. 24, n.2, p. 247-251, 2001.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Abril Cultural, p. 11, 1982 (Primeira edição: 1919).

SEABRA, J. E. A. *Análise de opções tecnológicas para uso integral da biomassa no setor de cana-de-açúcar e suas implicações*. Tese (Doutorado). Campinas. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2008.

STURGEON, T. J. How we define value chains and production networks? *MIT IPC Working Paper 00-010*. Industrial Performance Center, Massachusetts Institute of Technology, 2000.

TEIXEIRA, A. Quero ser gigante. *Revista Época Negócios*, p. 116-125, abril 2010.

ULRICH, K. T.; EPPINGER. *Product design and development*. Cap. 2, p 14-30, 2004.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. *Produção e uso do etanol combustível no Brasil: respostas às questões mais frequentes*. São Paulo: União da Indústria de Cana-de-Açúcar, 2007. (<http://www.unica.com.br>)

_____. Retrieved 11/2009 World Wide Web, <http://www.unica.com.br>.

_____. *Exportações de etanol por país de destino*. Disponível em:< <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: out. 2010.

_____. *História da cana-de-açúcar*. São Paulo: União da Indústria de Cana-de-açúcar. Disponível em:< <http://www.unica.com.br>>. Acesso em: jan. 2010.

VIAN, C. E. FREITAS. *Cana-de-açúcar – Pré-produção, socioeconomia, mercado externo*. EMBRAPA – Agência de informação Embrapa. Disponível em:< http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_57_22122006154840.html>. Acesso em: 22 set. 2010.

WORLD BANK. *World Development Report 2008*. Washington: World Bank, 2007.

YIN, Robert K. *Case study research – design and methods*. Revised edition. Newbury Park: Sage, 1988.

YU, A. S. O.; NASCIMENTO, P. T. S.; NIGRO, F. E. B.; FREDERICK, B. W. B.; VARANDAS JUNIOR, A.; VIEIRA, S. F. A.; ROCHA, R. L. *The evolution of flex-fuel technology in Brazil: the Bosch case*. In: Picmet/2009. Portland, USA, 2009.

YU, A. S. O.; NASCIMENTO, P. T. S.; NIGRO, F. E. B.; FREDERICK, B. W. B.; GATTI JUNIOR, W.; MELO, K. G. P. C. 2009. *Supplier involvement in flex-fuel technology development: the General Motors and Volkswagen Brazilian cases*. In: Picmet/2009. Portland USA, 2009.