

# Simulação dos Efeitos Concorrenciais da Fusão Copene-Braskem

Arthur Barrionuevo Filho\*

FGV/EESP e EAESP

e-mail: abarrio@fgvsp.br

Av. Nove de Julho, 2029 - 11º andar

01313-902 São Paulo,SP

Cláudio Ribeiro de Lucinda†

FGV/EESP e EAESP

e-mail: claudiolucinda@uol.com.br

Av. Nove de Julho, 2029 - 11º andar

01313-902 São Paulo, SP

**Resumo:** Neste artigo, são simuladas as implicações concorrenciais decorrentes da compra do controle da COPENE pelo grupo BRASKEM. Mais especificamente, tal operação diz respeito aos efeitos da concentração horizontal no mercado de polietilenos (PEAD, PEBD e PEBDL), e da integração vertical no mercado de eteno. Para avaliar os efeitos da operação, foi realizada uma análise que simulou o comportamento das empresas produtoras de polietilenos e eteno em termos de fixação de preços e quantidades ofertadas. As principais conclusões destas simulações, partindo da formação da BRASKEM: (i) Elevação do preço médio dos polietilenos no mercado brasileiro; (ii) Redução da quantidade total de polietilenos consumida; (iii) Elevação da concentração no setor, medida pelo Índice Herfindahl-Hirschmann; (iv) Maior participação de mercado da BRASKEM, o que reforça sua posição dominante.

**Abstract:** In this paper, we aim to analyze the consequences for the competition as regards the purchase of control of COPENE by the BRASKEM group. Specifically, such operation increases the degree of horizontal concentration in Brazilian Polyethylene market (PEAD, PEBD, PEBDL), as well as the vertical concentration in the market for ethene. In order to evaluate the consequences of this operations, an analysis was carried out in order to simulate the behavior of producing companies of polyethylene and ethene as regards prices and quantities. The main conclusions of these simulations, from the formation of BRASKEM: (i) Increase in average prices of polyethylene in Brazilian Market; (ii) Decrease in the total quantity of polyethylene consumed; (iii) Increase in the Herfindahl-Hirschman Index in the sector; (iv) Greater market share of BRASKEM, reinforcing its dominant position.

**Palavras-Chave:** Concentração Horizontal; Indústria Química

**Código JEL:** L11, L13.

**Área ANPEC: 4 - Microeconomia, Economia Industrial e Mudança Tecnológica e Métodos Quantitativos.**

---

\*Chefe do Departamento de Planejamento e Análise Econômica da FGV/EAESP.

†Professor da FGV/EESP e EAESP e das Faculdades Ibmecc.

# Simulação dos Efeitos Concorrenciais da Fusão Copene-Braskem

## Resumo

Neste artigo, são simulados as implicações concorrenciais decorrentes da compra do controle da COPENE pelo grupo BRASKEM. Mais especificamente, tal operação diz respeito aos efeitos da concentração horizontal no mercado de polietilenos (PEAD, PEBD e PEBDL), e da integração vertical no mercado de eteno. Para avaliar os efeitos da operação, foi realizada uma análise que simulou o comportamento das empresas produtoras de polietilenos e eteno em termos de fixação de preços e quantidades ofertadas. As principais conclusões destas simulações, partindo da formação da BRASKEM: (i) Elevação do preço médio dos polietilenos no mercado brasileiro; (ii) Redução da quantidade total de polietilenos consumida; (iii) Elevação da concentração no setor, medida pelo Índice Herfindahl-Hirschmann; (iv) Maior participação de mercado da BRASKEM, o que reforça sua posição dominante.

**Abstract:** In this paper, we aim to analyze the consequences for the competition as regards the purchase of control of COPENE by the BRASKEM group. Specifically, such operation increases the degree of horizontal concentration in Brazilian Polyethylene market (PEAD, PEBD, PEBDL), as well as the concentration in the market for ethene. In order to evaluate the consequences of this operations, an analysis was carried out in order to simulate the behavior of producing companies of polyethylene and ethene as regards prices and quantities. The main conclusions of these simulations, from the formation of BRASKEM: (i) Increase in average prices of polyethylene in Brazilian Market; (ii) Decrease in the total quantity of polyethylene consumed; (iii) Increase in the Herfindahl-Hirschman Index in the sector; (iv) Greater market share of BRASKEM, reinforcing its dominant position.

**Palavras-Chave:** Concentração Horizontal; Indústria Química

**Código JEL:** L11, L13.

## 1 Introdução

O controle acionário da COPENE pela Odebrecht Química coloca duas questões concorrenciais importantes. A primeira, mais imediata, diz respeito à concentração horizontal no mercado de polietilenos (PEAD<sup>1</sup>, PEBD<sup>2</sup> e PEBDL<sup>3</sup>) envolvendo a POLIALDEN e o Grupo Odebrecht. A segunda, a concentração na produção brasileira de eteno, insumo essencial para a produção dos polietilenos.

O Grupo Odebrecht, após esta operação, passou a participar do controle dos dois principais pólos produtores de eteno no Brasil. Como se sabe, o eteno é um produto cujo transporte exige condições

---

<sup>1</sup>PEAD-Polietileno de Alta Densidade.

<sup>2</sup>PEBD - Polietileno de Baixa Densidade.

<sup>3</sup>PEBDL - Polietileno de Baixa Densidade Linear.

especiais (é um gás que se liquefaz apenas a temperaturas muito reduzidas) e tem custos elevados. O fornecimento de eteno para uma planta de polietilenos, a partir de outro pólo petroquímico, torna inviável economicamente a planta de polietileno, pois a participação da matéria prima eteno é muito significativa no custo do polietileno e o o abastecimento de eteno a partir de outro pólo petroquímico elevaria seus custos de tal maneira, impossibilitando fixar preços competitivos em relação a concorrentes com plantas próximas ao produtor de eteno.

Deste modo, abre-se, hipoteticamente, a possibilidade de manipulação de preços ou quantidade ofertada de eteno, para elevar preços e lucros no mercado de polietilenos. Isto acarretaria uma redução do bem estar dos consumidores, aumento de lucros da empresa integrada verticalmente e redução de participação de mercado dos concorrentes.

Para a investigação desta hipótese, devemos começar analisando a estrutura do setor. Com este fim, e considerando que inexistente a diferenciação de produtos no caso dos polietilenos, o modelo mais adequado segundo a literatura é o de Cournot<sup>4</sup>. Este modelo considera que variável competitiva chave em oligopólios, onde: a) existem barreiras à entrada, no caso o tamanho do investimento em relação ao mercado e o tempo necessário para colocá-lo em operação; b) o produto é não diferenciado e c) a capacidade produtiva apresenta indivisibilidades técnicas, portanto, evolui por patamares e não incrementalmente; é a capacidade de oferta de curto prazo de cada firma definirá sua estratégia de preços e quantidades ofertadas<sup>5</sup>. Neste modelo, a teoria econômica estabelece uma relação entre os preços e margens de lucros de uma indústria como resultado do seu grau de concentração, mensurado pelo Índice Herfindahl-Hirschmann (HHI).

O uso do modelo de Cournot para mensurar os efeitos de concentrações horizontais foi aperfeiçoado por Farrell e Shapiro (1990). Estes autores avaliam os efeitos de uma concentração horizontal e como a autoridade antitruste deve responder a ela. A principal conclusão é que uma fusão entre duas empresas no mesmo setor pode gerar eficiências que podem contrabalançar os efeitos sobre os preços<sup>6</sup> da concentração. Para eles as fusões podem ter três tipos de efeitos: a) nenhum impacto sobre os custos marginais, provocando aumento de preços; b) realocação da produção para as plantas mais eficientes, gerando um aumento de eficiência limitado e somente no curto prazo; c) criação de sinergias, como economias de escala ou de aprendizado.

Assim, não necessariamente, um aumento do HHI provocará aumento de preços. Todavia, estes ganhos não estão necessariamente presentes e sua magnitude deve ser suficientemente elevada para compensar os impactos da concentração. No caso presente, como a BRASKEM já operava plantas de polietilenos e dado o grau de utilização pré-fusão das plantas, dificilmente se pode esperar algum ganho como os descritos em (b) e (c) acima. Desta forma, uma análise mais cuidadosa do mercado envolvido se faz necessária para mensurar os efeitos em termos de bem estar dos consumidores.

O segundo ponto, mais duradouro em termos concorrenciais, da concentração gerada pela formação da BRASKEM é o aspecto de integração vertical da operação. A análise de efeitos anticoncorrenciais de integrações verticais, depois de ter sido praticamente descartada, no período de predomínio da Escola de Chicago<sup>7</sup>, foi retomada sobre novas bases, com maior fundamentação econômica.

Ordover; Saloner e Salop (1990) discutem os motivos do abandono da teoria clássica dos efeitos anticompetitivos das integrações verticais e quais os fundamentos para retomá-la. Um dos principais

---

<sup>4</sup>Uma introdução sobre o tema pode ser encontrada em Tirole (1989: cap. 5).

<sup>5</sup>Conforme um trabalho clássico de Kreps e Scheinkman (1983) que transformam o modelo Cournot tradicional em uma competição em que, a partir das capacidades, são determinados os preços.

<sup>6</sup>A integração horizontal pode induzir uma realocação da produção, das plantas menos eficientes para as mais eficientes e pode também gerar sinergias, de escala ou aprendizado, que aumentam a eficiência produtiva após a fusão.

<sup>7</sup>Recomenda-se Riordan e Salop (1995).

motivos apontados pela Escola de Chicago para o abandono da análise de efeitos anticoncorrenciais de integrações verticais é que, em havendo uma integração vertical, não faria sentido a empresa integrada reduzir suas vendas de insumos para os concorrentes, pois isso reduziria seus lucros. Contudo, estes autores desenvolvem um novo modelo, mostrando que sob certas condições, pode ser lucrativo reduzir a venda de insumos para os concorrentes, aumentando os preços dos insumos e o custo dos concorrentes, repassando este maior custo para o preço do produto final. A empresa integrada acompanharia o preço dos concorrentes e aumentaria seu lucro no mercado de produto final, compensando a redução de vendas no mercado de insumos.

No caso em análise, a situação seria ainda mais favorável a uma conduta para aumentar os preços por parte da empresa integrada, pois a BRASKEM tem uma planta de polietileno no pólo da Bahia, portanto, nem seria necessário reduzir as suas vendas de eteno.

A análise realizada a seguir, considerará os efeitos advindos dos aspectos de integração vertical sobre o mercado de polietilenos no Brasil. Para tanto, devem-se mensurar os impactos nos preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietileno, a partir da capacidade que a BRASKEM tem, nos próximos anos, de fixar preços e quantidades de eteno suprida aos seus competidores e, deste modo, influenciar preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietilenos.

Para tanto, é necessário inicialmente construir um modelo sobre o funcionamento do mercado. Na próxima seção foi realizada análise econométrica, para estimar parâmetros e relações que descrevem o funcionamento do setor - em especial, estimativas de Custo Marginal e funções de Demanda pelos diferentes produtos.

Na seção três, foram realizadas as simulações, a partir dos custos e demandas estimados, para verificar os resultados sobre o mercado de polietilenos. A seção quatro conclui sobre os resultados concorrenciais e sobre o bem estar dos consumidores no mercado de polietilenos.

## 2 Modelagem do Setor: Custos e Demanda

O primeiro passo da análise envolve a construção de um modelo de competição imperfeita que replica as características do setor de polietilenos (PEAD, PEBDL e PEBD) no Brasil. A partir deste modelo, derivam-se conclusões sobre os possíveis efeitos decorrentes da fusão em análise.

O fundamento teórico para as estimativas é o modelo de Cournot com diferentes custos marginais que originam diferentes participações de mercado para cada empresa. Para que este modelo possa ser bem-sucedido, são necessários os seguintes dados<sup>8</sup>:

- Funções Demanda por segmento e para o mercado como um todo;
- Custos Marginais do setor e por segmento;
- Participações de Mercado.

As participações de mercado utilizadas são baseadas em ABIQUIM (2002). Os outros elementos são de obtenção mais complexa e serão tratados nas seções seguintes.

---

<sup>8</sup>Seguimos neste particular, a análise de Farrell e Shapiro (1990) supra mencionada.

## 2.1 Estimativas de Demanda

O primeiro passo necessário é o de desenvolver um modelo econométrico para a estimação de valores para as funções demanda relevantes para a análise de mercado. Esta análise econométrica baseia-se nas contribuições de Kadiyali (1996) e Roberts e Samuelson (1988). Este modelo se baseia na estimação - por mínimos quadrados a três estágios (MQ3E<sup>9</sup>) - de uma função demanda pelos dois dos principais produtos do setor de polietilenos - PEAD e PEBDL<sup>10</sup>. Optou-se por esta forma de estimação, envolvendo somente dois produtos, uma vez que do ponto de vista da demanda o PEBDL e o PEAD se mostram bastante similares.

Inicialmente, especificam-se os elementos básicos do modelo para, em um momento subsequente, derivar a especificação econométrica propriamente dita.

### 2.1.1 Demanda por Polietileno de Alta Densidade

A função demanda por Polietileno de Alta Densidade é dada por:

$$Q_{PEAD} = \beta_0 + \beta_1 P_{PEAD} + \beta_2 Q_{PERF} + \beta_3 Q_{CDI} + \beta_4 D1 \quad (1)$$

Em que:

- $Q_{PEAD}$ - Quantidade Produzida de Polietileno de Alta Densidade.
- $P_{PEAD}$ - Preço do Polietileno de Alta Densidade.
- $Q_{PERF}$ - Número-Índice representativo da atividade no setor de perfumaria.
- $Q_{CDI}$ - Número-Índice representativo da Taxa de Juros de Curto Prazo - CDI
- $D1$ - Variável *Dummy* referente ao quarto trimestre de cada ano.

### 2.1.2 Demanda por Polietileno de Baixa Densidade Linear

A função demanda por Polietileno de Baixa Densidade Linear é dada por:

$$Q_{PEBDL} = \beta_5 + \beta_6 P_{PEBDL} + \beta_7 Q_{CDI} \quad (2)$$

Em que:

- $Q_{PEBDL}$ - Quantidade Produzida de Polietileno de Baixa Densidade Linear.
- $P_{PEBDL}$ - Preço do Polietileno de Baixa Densidade Linear.
- $Q_{CDI}$ - Número-Índice representativo da Taxa de Juros de Curto Prazo - CDI.

---

<sup>9</sup>Recomenda-se Greene (1996) para uma análise aprofundada do tema.

<sup>10</sup>Optou-se por estimar demandas separadas para somente o PEAD e o PEBDL.

### 2.1.3 Custo Marginal do Produto

O custo marginal de produção do produto  $i$  ( $i = PEAD, PEBDL$ ) é igual a:

$$CMg_i = \gamma_0 + \gamma_1 L_i + \gamma_2 P_{ETENO} \quad (3)$$

Em que:

- $L_i$ - Remuneração da Mão-de-Obra no setor - Índice IBGE.
- $P_{ETENO}$ - Preço do Eteno.

A partir destas funções, podemos determinar qual será a especificação do modelo econométrico de análise

### 2.1.4 Especificação do Modelo Econométrico

Para obter as especificações a serem estimadas, parte-se da premissa que o setor, como um todo, maximiza a seguinte função de lucros:

$$\Pi = P_{PEAD} \times Q_{PEAD} + P_{PEBDL} \times Q_{PEBDL} - CMg_{PEAD} \times Q_{PEAD} - CMg_{PEBDL} \times Q_{PEBDL}$$

Esta função lucro, por sua vez, tem duas variáveis objetivo (variáveis que as empresas manipulam para maximizar o seu lucro) sobre as quais se realiza a estimação - os preços dos dois produtos<sup>11</sup>. Substituindo as equações 1 e 2 na função  $\Pi$ , temos as seguintes condições de primeira ordem - que representariam o lado da oferta do modelo:

$$Q_{PEAD} + (P_{PEAD} - CMg_{PEAD})\beta_1 = 0 \quad (4)$$

$$Q_{PEBDL} + (P_{PEBDL} - CMg_{PEBDL})\beta_6 = 0 \quad (5)$$

Substituindo a definição de custo marginal derivada da equação 3, temos então um sistema de quatro equações, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Q_{PEADt} &= \beta_0 + \beta_1 P_{PEADt} + \beta_2 Q_{PERFt} + \beta_3 Q_{CDIt} + \beta_4 D1_t + \varepsilon_t \\ Q_{PEBDLt} &= \beta_5 + \beta_6 P_{PEBDLt} + \beta_7 Q_{CDIt} + \varepsilon_t \\ Q_{PEADt} &= \beta_1(\gamma_0 + \gamma_1 L_{PEADt} + \gamma_2 P_{ETENOt}) + \beta_1 P_{PEADt} + \varepsilon_t \\ Q_{PEBDLt} &= \beta_6(\gamma_0 + \gamma_3 L_{PEADt} + \gamma_2 P_{ETENOt}) + \beta_6 P_{PEBDLt} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Estas quatro equações podem ser estimadas em conjunto por qualquer técnica de estimação de equações simultâneas. É importante observar que houve uma opção de estimar as duas últimas equações acima somadas, para melhorar os resultados da estimação. Observe-se também que, como muitas plantas "reversíveis" podem produzir de maneira alternativa PEAD e PEBDL, a soma das duas equações reflete esta condição tecnológica presente na indústria. Os resultados são:

$$\begin{aligned} Q_{PEADt} &= 33,18 - 12,07P_{PEADt} + 365,88Q_{PERFt} - 6132,51Q_{CDIt} + 6028,06D1_t \\ Q_{PEBDLt} &= 41,14 - 12,26P_{PEBDLt} - 5907,32Q_{CDIt} \\ Q_{PEADt} + Q_{PEBDLt} &= 61.755,73 - 15,07L_t + 30,67P_{ETENOt} + 12,07P_{PEADt} + 12,26P_{PEBDLt} \end{aligned}$$

<sup>11</sup>É importante notar que este procedimento tem por objetivo simplesmente derivar uma especificação testável para os parâmetros de demanda do Polietileno, o que será importante para a análise subsequente. Evidentemente, na prática existem mais de dois produtos envolvidos.

Em que  $L$  denota o custo total da mão de obra no setor. Adicionalmente foi realizada uma estimativa, também por Mínimos Quadrados a Três Estágios, de uma função demanda para o setor (total de polietilenos), bem como uma função oferta associada com o processo de maximização da empresa. Os resultados foram os seguintes:

$$Q_{Tt} = 111.741,70 - 43,95P_{POLt} + 503,37Q_{INDt}$$

$$Q_{Tt} = 125.366 - 5,998L_t + 15,579P_{ETENOt} + 17,326P_{POLt}$$

Em que  $Q_T$  denota a quantidade total de polietilenos produzida,  $P_{POL}$  o preço médio do polietileno (média simples dos três produtos - PEAD e PEBDL - e  $Q_{IND}$  o número-índice representativo da produção na indústria. Também foram realizadas estimações utilizando-se especificações isoelásticas; os resultados para todas estas especificações estão expostos nos anexos.

Ainda que tenhamos conseguido a identificação dos parâmetros das funções demanda com esta metodologia, não foi possível obter estimativas confiáveis para o Custo Marginal do setor. A principal razão é o fato que as séries que refletem o custo do capital são pouco significantes na análise econométrica<sup>12</sup>. Ou seja, uma metodologia alternativa é necessária para obter valores de custos marginais, como se verá no próximo item.

## 2.2 Custo Marginal - Metodologia Alternativa de Estimação

O passo seguinte na análise, tendo em vista as limitações da metodologia acima, é buscar outras formas de estimação do Custo Marginal. Para tanto, se toma como ponto de partida o valor dos custos unitários obtidos para cada uma das famílias de produtos acima mencionados.

Os custos foram fornecidos pela POLITENO, com uma periodicidade anual, englobando custos variáveis, parte dos custos fixos, incluindo as despesas com depreciação. Tendo em vista que estes custos estavam em reais correntes, eles foram deflacionados, utilizando as seguintes regras:

- Preço do Eteno: Deflacionado de acordo com a série de preços do eteno fornecida pela POLITENO;
- Preço da Energia Elétrica: Deflacionado de acordo com o índice de preços da Energia Elétrica;
- Demais Insumos e Custos Fixos: Deflacionados de acordo com o IPA-OG para o setor da Indústria Química.
- Custo da Mão-de-Obra: Deflacionado de acordo com a evolução do custo da mão-de-obra calculada pela ABIQUIM (Relatório Custo da Mão-de-Obra)

Aplicando esta regra, são obtidos os seguintes valores médios para o Custo Médio de Produção, ao longo do período entre 1999 e 2002: R\$ 771 para o PEAD, R\$ 801 para o PEBDL e R\$ 732 para o PEBD.

Este deflacionamento fez com que os valores resultantes estejam expressos em Reais de 1998. Para estimar valores para os custos marginais a partir dos custos médios, existem duas etapas a serem realizadas. Em primeiro lugar, para a obtenção dos custos médios em dólares, estes valores foram convertidos pelo dólar médio de 1998 e a média destes custos para o período 1999-2002 foi

<sup>12</sup>Tentou-se utilizar como Proxy para o custo do capital a taxa do CDI, no entanto os resultados não foram significativos.

computada para chegar aos custos médios de produção por segmento. Os valores obtidos foram US\$ 638 para o PEAD, US\$ 662 para o PEBDL e US\$ 605 para o PEBD.

O passo seguinte foi estimar a relação entre custos médios e custos marginais no setor. Para tanto, foi realizada uma análise de fronteira estocástica<sup>13</sup> para determinar a fronteira eficiente do setor e, a partir daí, avaliar como os custos médios evoluem em relação ao valor adicionado na produção.

Estes resultados, expostos no Apêndice, indicam uma elasticidade-produção dos custos da ordem de 0,65. Ou seja, para um aumento de 1% no valor adicionado no setor químico, os custos totais se elevam em 0,65%. Lembrando a definição de elasticidade:

$$\varepsilon_Y^{CT} = \frac{\partial CT}{\partial Y} \times \frac{Y}{CT}$$

Em que:

- $Y$  - Valor da Produção.
- $CT$  - Custo Total da Produção.
- $\frac{\partial CT}{\partial Y}$  - Derivada Parcial do Custo com relação à Produção.

Desta forma, se obtém estimativas para o custo marginal iguais ao custo médio multiplicado por 0,65. Este valor indica a existência de economias de escalas na indústria química, pois o custo marginal é o custo variável adicional, enquanto o custo médio e o valor adicionado incluem também os custos fixos. Com este valor de 0,65, os valores para os custos marginais são de US\$ 416,52 para o PEAD, US\$ 432,59 para o PEBDL e US\$ 395,24 para o PEBD.

Note-se que qualquer modelo que simular o comportamento de uma indústria deverá trabalhar com algumas simplificações. No caso em questão, considera-se que a relação constante entre custos médios e marginais, dadas as economias de escala, é aceitável como uma aproximação linear.

### 3 Resultados do Modelo de Análise

Partindo das características da indústria foi utilizado o Modelo de Cournot para a obtenção de estimativas dos efeitos sobre preço, quantidade e concentração de mercado - mensurada pelo Índice de Herfindahl-Hirschman - no setor de polietilenos. No modelo de Cournot, as firmas atuantes no mercado escolhem como variável estratégica a quantidade a ser produzida em um dado instante do tempo, considerando as escolhas das outras firmas, gerando assim um equilíbrio de mercado. Para a utilização deste modelo para o caso brasileiro, os seguintes dados são necessários:

1. Custos Marginais das diferentes firmas;

---

<sup>13</sup>Foram selecionadas 10 empresas do setor químico, com dados trimestrais de 1999/1 a 2003/2. Definimos Valor Adicionado ( $VA_{it}$ ) em cada empresa para cada um dos trimestres como a diferença entre Receita Bruta e Impostos sobre Vendas e Custos Operacionais. O Custo Total ( $CT_{it}$ ) é definido como a soma dos Custos Operacionais e Custos dos Produtos Vendidos. A análise de Fronteira Estocástica se baseou na seguinte especificação:

$$\ln(CT_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(VA_{it}) + \varepsilon_{it} - v_{it}$$

Os resultados desta análise estão expostos no Apêndice. Recomenda-se Battese e Coelli (1992) para maiores detalhes sobre o modelo.

## 2. Função Demanda do setor.

A função demanda do setor foi obtida no item 2.1 acima, enquanto que a estimativa de Custo Marginal foi obtida no item 2.2. Partindo do Modelo de Cournot aplicado ao setor de polietilenos, o processo de decisão sobre as quantidades ofertadas das diferentes empresas, considera que as plantas do setor, em muitos casos, são de capacidade reversível (a reversibilidade ocorre em uma proporção aproximadamente de 1:1) entre as duas linhas de produtos (PEAD e PEBDL), o que leva a uma tomada de decisão onde a variável chave passa a ser a quantidade total de polietilenos produzida pelos competidores.

Com esse instrumental de análise, padrão em estudos sobre este tipo de indústria, foram realizadas simulações referentes aos efeitos sobre as variáveis de mercado. Dois tipos de simulação foram usados:

- **Participações de Mercado Endógenas:** Uma vez que os produtos são não diferenciados, portanto, as participações de mercado seriam derivadas de custos marginais assimétricos. A manipulação de preços do eteno, principal componente do Custo Marginal, ocasiona mudança de participações de mercado e conseqüentemente de grau de concentração e de preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietilenos;
- **Participações de Mercado Exógenas:** as participações de mercado das diferentes firmas são dadas (exógenas) e decorrem do grau de utilização de capacidade e das suas diferentes capacidades produtivas totais. A manipulação das quantidades de eteno fornecido a cada planta ocasiona mudança de participações de mercado e conseqüentemente de grau de concentração e de preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietilenos.

Estas duas simulações, usadas alternativamente, permitem testar a “robustez” dos efeitos da integração vertical mencionada, decorrentes do controle sobre o preço e a quantidade de eteno fornecidas nos pólos da Bahia e Rio Grande do Sul por COPENE e COPELUL.

## 3.1 Participações de Mercado Endógenas

A simulação que chega às participações de mercado a partir dos custos marginais, tem como base os dados citados anteriormente, onde o preço-base do eteno é o da POLITENO. Esta simulação foi realizada em duas versões. Na primeira delas cada linha de produto é analisada isoladamente, desconsiderando a possibilidade de reversão de capacidade entre as distintas linhas de produtos.

### 3.1.1 Análise por Segmento de Mercado

Elas partiram da calibragem dos valores de um modelo de Cournot para refletir as participações de mercado por segmento de cada um dos grupos. As variáveis de ajuste do modelo foram os custos marginais dos outros grupos, para os quais não existe uma estimativa confiável e em especial do preço do eteno que responde pela maior parte do custo marginal.

A partir destes valores obtidos, a simulação se realizou por meio da variação dos Custos Marginais da empresa equivalente à POLITENO no modelo. Os resultados estão expostos nas figuras a seguir<sup>14</sup>. Para cada um dos produtos se faz uma estimação da relação entre o valor do custo marginal e os impactos sobre o HHI, o preço de mercado e a quantidade consumida.

---

<sup>14</sup>O Software utilizado foi o *Mathematica*, versão 4.1

Figura 1: Índice Herfindahl-Hirschman, Preço e Quantidade - PEBDL

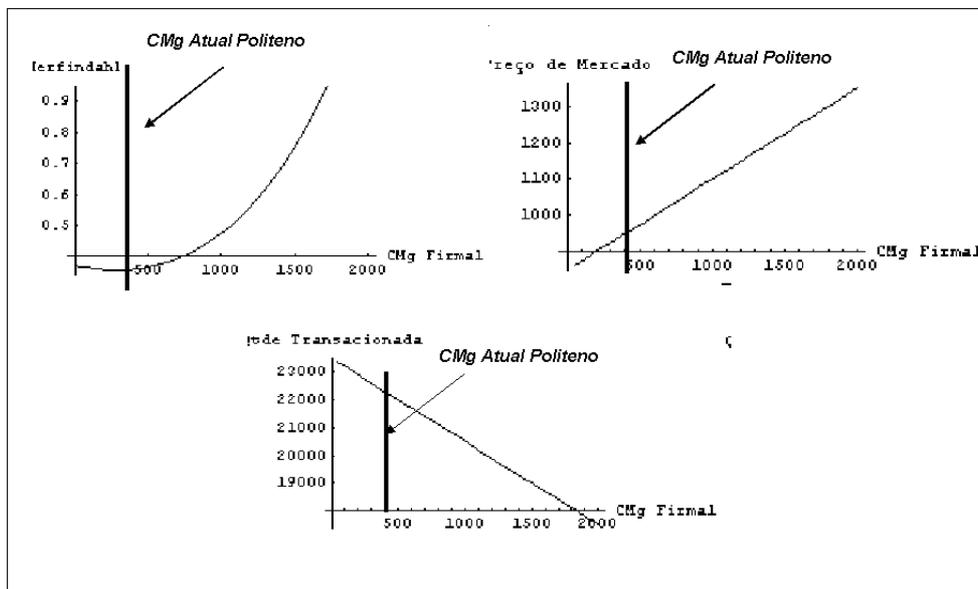
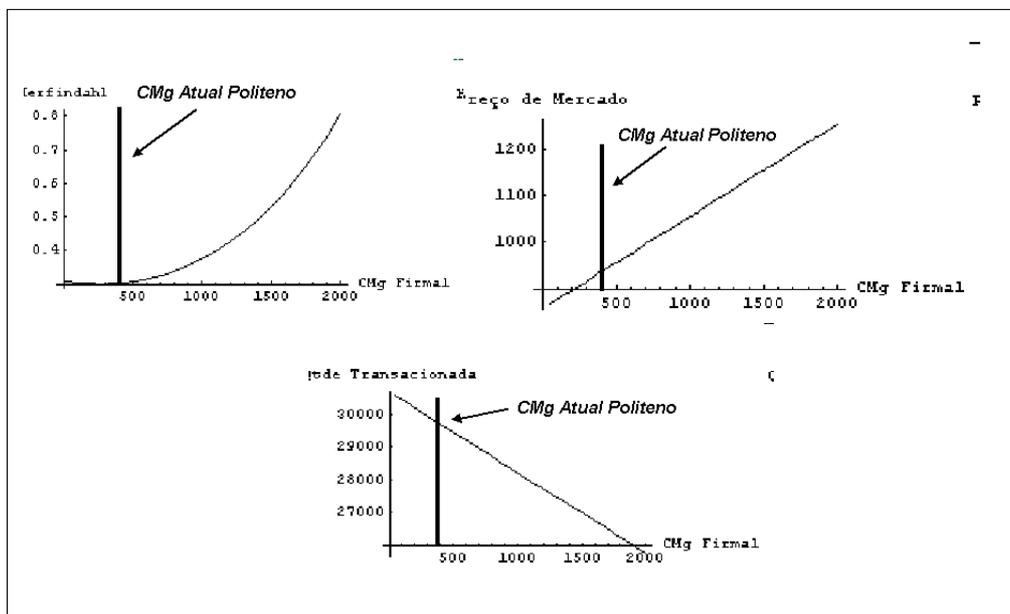


Figura 2: Índice Herfindahl-Hirschman, Preço e Quantidade - PEAD



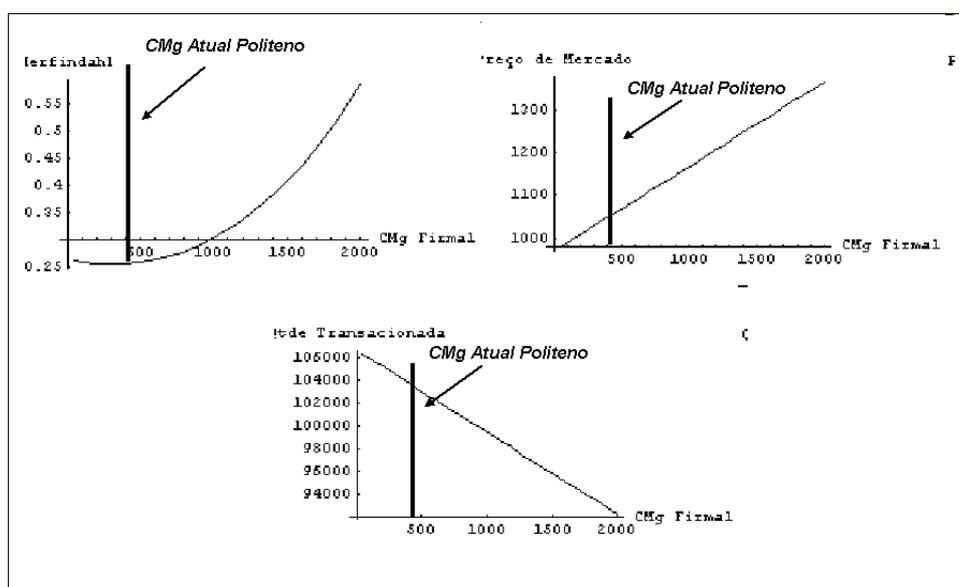
As figuras 1 e 2 mostram que a elevação do custo marginal da POLITENO acima dos valores observados atualmente faz com que: (1) se eleve o grau de concentração na indústria; (2) eleve-se o preço de mercado em cada um dos segmentos e (3) reduza-se a quantidade transacionada em cada um dos tipos de polietileno. Estes resultados foram atingidos considerando o aumento do custo marginal

e são consistentes com o aumento de poder de mercado da BRASKEM, tendo em vista o seu controle da produção nacional de eteno e a sua capacidade de aumentar o preço deste insumo.

### 3.1.2 Análise do Mercado como um todo

A seguir foi modelado o mercado de polietilenos como um todo. Para tanto, foram estimadas as participações de mercado de cada um dos principais grupos, e foram calibrados os custos marginais de cada grupo de forma a refletir estas participações<sup>15</sup>. Os resultados de simulação similar à realizada acima estão na figura a seguir.

Figura 3: Índice Herfindahl-Hirschman, Preço e Quantidade no Setor de Polietilenos



No setor como um todo, do mesmo modo, a elevação do preço de eteno acima dos valores presentes tende a (1) elevar a concentração - medida pelo Índice Herfindahl-Hirschmann, (2) elevar o preço pago pelos consumidores e (3) reduzir a quantidade vendida no setor.

Uma vez que não existem “eficiências” típicas desta operação - sinergias ou realocação eficiente da produção - o aumento da concentração, mais o aumento do custo marginal dos rivais, leva a uma maior concentração e aumento de preços. Os ganhos em eficiência da fusão podem ocorrer apenas em termos dinâmicos (coordenação de novos investimentos), pois no quadro atual da indústria, a produção nos pólos já é integrada, regida por contratos de longo prazo, e não pode ser melhorada apenas pela mudança de controle acionário.

## 3.2 Participações de Mercado Exógenas

A segunda perspectiva para abordar a indústria, a mais utilizada em análises antitruste, é a que considera como exógenas as participações de mercado, dadas pelas capacidades produtivas e pela

<sup>15</sup>A agregação dos diferentes tipos de polietileno foi realizada tendo em vista a conversão de capacidade de produção entre PEAD e PEBDL. Quando se considera a restrição de capacidade, é difícil determinar como alocá-la entre os dois produtos.

taxa de ocupação, e considera os efeitos sobre o mercado a partir da distribuição das participações das firmas. Assim, a partir dos dados de custos marginais calculados, e das participações de mercado obtidas a partir das capacidades de produção dos diferentes grupos, serão analisadas - por meio de três cenários - como a operação em tela irá afetar as principais variáveis relevantes do mercado de polietilenos.

Inicialmente, caracteriza-se a situação em um cenário denominado “base”, onde a situação é análoga à situação anterior à fusão. A seguir são construídos alguns cenários para analisar os efeitos sobre os preços e sobre a concentração de mercado, com as seguintes características:

- Cenário 1: Incorporação da POLIALDEN ao Grupo Odebrecht - que veio a originar a BRASKEM - sem alterações no preço do eteno.
- Cenário 2: Elevação no preço do eteno vendido pela COPENE de 10,77% sem a incorporação da POLIALDEN ao Grupo Odebrecht.
- Cenário 3: Incorporação da POLIALDEN ao Grupo Odebrecht com aumento de 10,77% no preço de eteno vendido pela COPENE.

Estes cenários foram escolhidos tendo em vista a concentração horizontal e a possibilidade de manipulação estratégica do preço de eteno. A tabela 1 mostra a capacidade instalada de produção de eteno em 2001, conforme dados da ABIQUIM. A BRASKEM controla após a fusão, 82% da capacidade instalada de produção de eteno no Brasil, o que pode dar a ela o poder de definir preços relativos deste insumo dentro do país.

Tabela 1: Capacidade Instalada de Produção de Eteno - COPENE, COPELUL e PQU

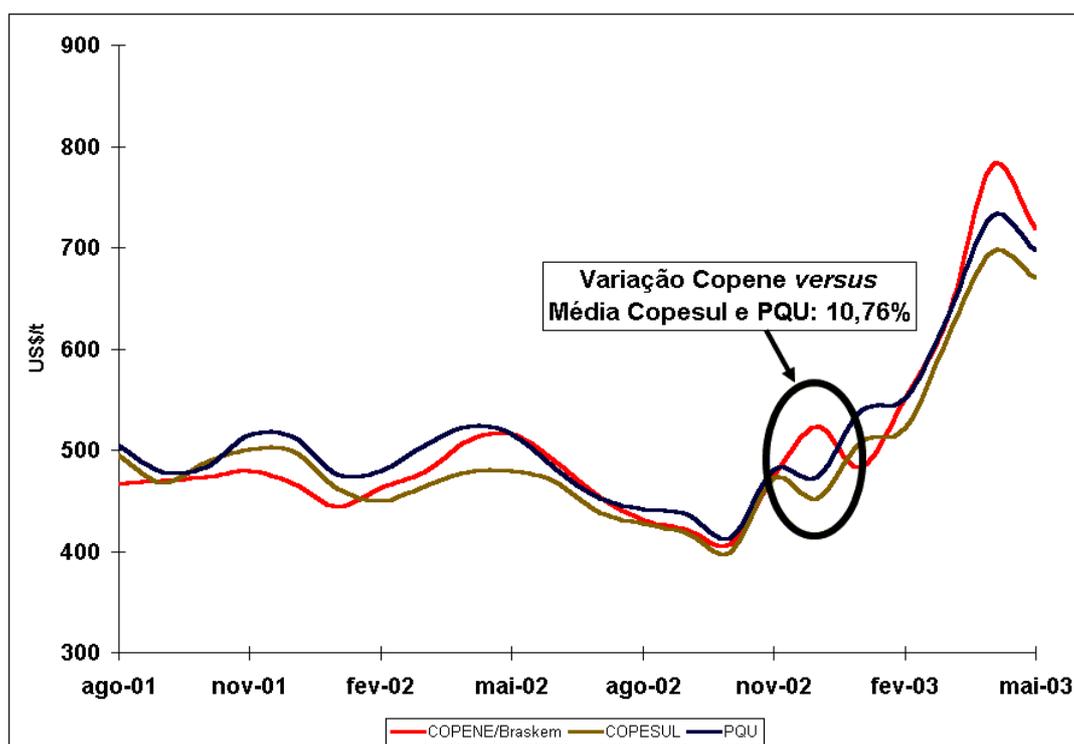
Empresa	Localização	Capacidade Instalada em 2001	% sobre o Total
COPENE	BA	1.200.000	42%
COPELUL	RS	1.135.000	40%
Petroquímica União	SP	500.000	18%
Total		2.835.000	100%

**Fonte:** ABIQUIM (2002)

A análise atual simplifica dois fatos importantes por falta de informações adequadas sobre as empresas envolvidas: a) considera constante o efeito da produção das empresas localizadas em Bahía Blanca na Argentina, que fazem parte do Mercosul e b) não considera as plantas que entrarão em operação no pólo da empresa Rio Polímeros. No primeiro caso, considerando constante a produção da Argentina destinada ao mercado brasileiro, a inclusão destas plantas tem algum efeito sobre a magnitude do resultado da simulação, mas não do seu “sinal”, ou seja, as conclusões seriam as mesmas, embora com menor intensidade. Quanto à entrada em operação do novo pólo do Rio de Janeiro, seu efeito será significativo, todavia, será diluído no decorrer dos próximos 5 anos, devido a seus compromissos de exportação, de modo que, o problema concorrencial deve se manifestar ainda por um tempo significativo.

De modo que, a simulação que sintetiza estas questões, é aquela expressa no cenário 3, que incorpora além da fusão horizontal, uma elevação no preço do principal insumo para a produção de polietilenos - o eteno - mimetiza as recentes elevações observadas no preço de venda da COPENE, comparativamente aos preços praticados em outros pólos petroquímicos.

Figura 4: Evolução do Preço do Eteno - Copene/Braskem, PQU e Copesul



A figura anterior mostra como os preços de eteno no pólo da Bahia que eram geralmente mais baixos do que na COPESUL, passaram recentemente a apresentar valores mais elevados em vários períodos, antes mesmo da fusão BRASKEM ter sido aprovada pelo CADE.

Com estes dados, foi escolhida a variação dos preços relativos de eteno nos três pólos petroquímicos observada em dezembro de 2002 para balizar a variação nos preços observada no cenário 2.

Cada um dos cenários utiliza os seguintes valores:

1. Custos Marginais de cada planta do setor;
2. Capacidades de cada planta do setor;
3. Elasticidades-Preço da Demanda por setor.

As elasticidades-preço da demanda por setor foram obtidas a partir da estimação mostrada no Anexo 2 para a especificação de demanda isoelástica. Tais resultados ali expostos indicam que a demanda de mercado de polietilenos é pouco elástica, cerca de 0,398. Ou seja, uma elevação de 1% no preço

de mercado faz com que a quantidade demandada, *coeteris paribus*, se reduza em 0,398%. Serão realizadas estimativas adicionais utilizando valores de 0,6 e 0,8 para esta variável<sup>16</sup>.

Tabela 2: Estimativas de Participação de Mercado

<b>Empresa</b>	<b>% de Mercado</b>
Braskem	32,04%
Ipiranga	22,56%
Politeno	15,34%
Triunfo	7,22%
Polialden	6,77%
Dow	6,50%
Polietilenos União	5,87%
Solvay	3,70%
<i>Total Geral</i>	<i>100%</i>

**Fonte:** ABIQUIM (2002).

Os Custos Marginais para as diferentes plantas foram obtidos a partir dos valores calculados na seção 3 do presente artigo. Foram obtidos valores para o Custo Marginal das diferentes plantas do setor variando os preços de eteno por pólo petroquímico - Rio Grande do Sul, São Paulo e Bahia. As participações de mercado foram estimadas com base nas capacidades por linha de produtos, obtidas a partir de ABIQUIM (2002).

Tendo coletado todos os dados necessários, o passo seguinte é calcular os preços e as quantidades relevantes do mercado. O primeiro passo foi calcular o Índice Herfindahl-Hirschmann de concentração de mercado, de acordo com a participação de cada um dos grandes grupos do setor. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$HHI = \sum_i s_i^2$$

Em que  $s_i$  se refere à participação de mercado da firma  $i$ . De posse deste valor, foi calculado um preço associado com cada um dos cenários anteriormente descritos. Este preço foi calculado a partir da seguinte equação:

$$\frac{P - \overline{CMg}}{P} = \frac{HHI}{\varepsilon_D}$$

Em que  $P$  é o preço do produto no mercado final;  $HHI$  o índice de concentração;  $\overline{CMg}$  é o custo marginal médio do setor, ponderado pelas respectivas capacidades de produção e  $\varepsilon_D$  a elasticidade preço da demanda do produto final.

<sup>16</sup>Com relação aos valores das elasticidades, a literatura apresenta uma ampla gama de valores. Por exemplo, Scarlett et. al (1997) apresentam uma elasticidade-preço para os produtos da família de polietilenos somente para a produção de embalagens da ordem de 0,85 nos EUA. É de se esperar que o valor para a elasticidade-preço da demanda por polietileno seja significativamente inferior, uma vez que estamos considerando mais produtos (ou seja, o número de substitutos possíveis é menor). De qualquer maneira, as simulações a seguir buscam incluir valores próximos a 0,86 como parâmetro de elasticidade, como uma checagem de consistência dos resultados apresentados.

Ainda que esta abordagem seja em grande medida distinta da anterior, as duas possuem a mesma base teórica, na medida em que esta equação também se baseia em um modelo de competição imperfeita Cournot<sup>17</sup>. Os valores calculados estão expostos na tabela 3.

Tabela 3: Resultados da Estimação - Cenários

Participação Exógena de Mercado		Elasticidades-Preço da Demanda					
Caso 1: Sem aumento do Preço Eteno		0.399		0.6		0.8	
		Pré Fusão	Pós Fusão	Pré Fusão	Pós Fusão	Pré Fusão	Pós Fusão
HHI		0.196	0.237	0.196	0.237	0.196	0.237
Preço		828.15	1036.24	625.85	696.52	558.19	599.05
Share Braskem		32.04%	38.25%	32.04%	38.25%	32.04%	38.25%
Custo Marginal (Média)		421.48	421.93	421.48	421.93	421.48	421.93

Participação Exógena de Mercado		Elasticidades-Preço da Demanda					
Caso 2: Com aumento do Preço Eteno		0.399		0.6		0.8	
		Pré Fusão	Pós Fusão	Pré Fusão	Pós Fusão	Pré Fusão	Pós Fusão
HHI		0.196	0.237	0.196	0.237	0.196	0.237
Preço		847.40	1055.80	640.40	709.66	571.16	610.36
Share Braskem		32.04%	38.25%	32.04%	38.25%	32.04%	38.25%
Custo Marginal (Média)		431.27	429.89	431.27	429.89	431.27	429.89

De acordo com os dados resultantes da simulação, o controle da POLIALDEN pela BRASKEM resultaria em um aumento do índice de concentração Herfindahl-Hirschmann em cerca de 20,74%. Agregando ainda um aumento de preço de eteno de 10,76%, a fusão - considerando os três cenários de elasticidade da demanda, e realizando uma média deles - provoca um aumento de preços de aproximadamente 14,5% em relação ao preço do cenário-base<sup>18</sup>.

Este modelo pode superestimar os efeitos da concentração sobre o aumento do preço médio do polietileno no mercado brasileiro, ao não considerar o teto de preços colocado pelas importações, que deve ser analisado no tópico a seguir, quando se discute a definição de mercado relevante. Todavia, o diferencial observado entre preços domésticos e importado dos polietilenos, embora, talvez, não permita um aumento de 14,5%, como se calculou, permite um *"pequeno mas não transitório aumento de preços"*, que é condição suficiente para afirmar a existência de perda de bem-estar econômico.

## 4 Conclusão

O objetivo do presente estudo foi o de realizar uma simulação dos efeitos da operação que deu origem à BRASKEM. A operação implicou em aumento do poder de mercado desta empresa na produção de polietilenos. Seja porque houve concentração na produção de polietilenos com a incorporação da POLIALDEN ao grupo BRASKEM, seja pela capacidade da entidade resultante, a BRASKEM, que participa do controle da COPENE e da COPESUL, de manipular preços e quantidades de eteno ofertadas aos concorrentes brasileiros da BRASKEM na segunda geração.

<sup>17</sup>Para maiores detalhes, ver Tirole (1989).

<sup>18</sup>Pode-se observar a partir da análise dos dados das duas tabelas anteriores, que a simulação que tende a mostrar resultados mais próximos, em termos de preços, aos efetivamente observados é o de 0,399.

Para avaliar os efeitos da operação, foi realizada uma análise que simulou o comportamento das empresas produtoras de polietilenos e eteno em termos de fixação de preços e quantidades ofertadas. Quanto ao eteno, apenas se relembra que as plantas de polietileno situadas em um pólo dependem da produção cativa da planta de primeira geração do mesmo pólo, tendo em vista os custos de transporte do eteno. No mercado de polietilenos, a estrutura de mercado de oligopólio Cournot foi utilizada para simular o setor, por ser considerada a mais adequada para setores caracterizados por altas barreiras à entrada, produtos homogêneos e capacidade produtiva fixa por período de tempo significativo, como se observa na indústria química.

A análise antitruste, para representar efeitos de uma fusão, tem recorrido crescentemente a modelos de “calibração” do setor, para servir como base para comparar situações de equilíbrio de mercado, pré e pós-fusão. A fusão, quando é analisada pelas autoridades antitruste, ainda não apresentou, plenamente, os seus efeitos sobre o mercado - pois, as participantes da fusão devem, racionalmente, manter comportamento mais moderado do que aquele que seriam capazes, para aumentar a probabilidade de aprovação da operação - daí, a utilidade destes modelos.

Foram realizados dois diferentes conjuntos de simulações. No primeiro deles, as participações de mercado das firmas decorrem dos seus diferentes custos marginais, portanto, as participações de mercado são endógenas, ou seja, resultantes do próprio modelo, dados os custos marginais assimétricos. As empresas com menores custos marginais alcançam maiores participações de mercado. Neste modelo, a manipulação de preços de eteno, principal componente do custo marginal, ocasiona a mudança de participações de mercado e, conseqüentemente, de grau de concentração e de preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietilenos.

O segundo conjunto de simulações considera as participações de mercado das diferentes firmas como dadas (exógenas), decorrentes das diferentes capacidades produtivas das firmas. A manipulação dos preços de eteno para cada planta e a mudança das participações de mercado (dadas exogenamente pela fusão) e de grau de concentração ocasionam, neste caso, a mudança de preços e quantidades de equilíbrio no mercado de polietilenos.

As principais conclusões destas simulações, partindo da formação da BRASKEM e conseqüente controle da maior parcela da produção de eteno no Brasil e do aumento da concentração da capacidade produtiva no setor de polietilenos foram:

1. Elevação do preço médio dos polietilenos no mercado brasileiro;
2. Redução da quantidade total de polietilenos consumida;
3. Elevação da concentração no setor, medida pelo Índice Herfindahl-Hirschmann;
4. Maior participação de mercado da BRASKEM, o que reforça sua posição dominante.

Os fundamentos de teoria econômica que sustentam estes resultados são de que uma fusão que provoca aumento de concentração sem gerar sinergias significativas, que poderiam reduzir custos marginais, em um oligopólio do tipo Cournot, gera maior concentração, portanto, maiores margens de lucro e maiores preços aos consumidores.

Ademais, a concentração vertical permite a mudança de preços relativos de eteno em benefício das plantas do grupo que detém as centrais de matérias primas, o que lhe permite aumentar o preço deste insumo para os rivais. Deste modo, pode aumentar os custos marginais dos rivais, ampliando sua própria participação no mercado de polietilenos e suas margens de lucro. Para capturar este efeito no modelo, foram utilizados os preços de eteno efetivamente praticados nos diferentes pólos e a

constatação que, após a fusão haver se concretizado, o preço de eteno da COPENE, de maneira mais freqüente, passou a ser mais elevado do que o da COPEL, sem qualquer justificativa de custos para tal. Assim, se fez uma análise comparativa com um aumento conservador de preços de eteno da COPENE, da ordem de 10%.

Estes dois efeitos são suficientes para justificar um “pequeno mas não transitório” aumento de preços para os consumidores brasileiros de polietilenos como resultado da formação da BRASKEM. Embora os efeitos da formação da BRASKEM sejam diluídos ao longo do tempo, com certeza existe a necessidade de controlar seus impactos anticoncorrenciais nos próximos anos.

## Referências

- [1] ABIQUIM (2002) *Anuário da Indústria Química Brasileira*. Associação Brasileira da Indústria Química, São Paulo.
- [2] ABIQUIM (2003) *Estrutura da Indústria Química Brasileira*. Associação Brasileira da Indústria Química, São Paulo.
- [3] BAKER, J. (1999) “Developments in Antitrust Economics”. *Journal of Economic Perspectives*, 13(1): 181-194.
- [4] BATTESE, G. E. e COELLI, T.J. (1992) “Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India”, *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- [5] COMPTE, O., JENNY, F. and REY, P. (1996). “Capacity Constraints, Mergers and Collusion”. *Mimeo*.
- [6] FARRELL, J. & SHAPIRO, C. (1990) “Horizontal Mergers: An Equilibrium Analysis”. *American Economic Review*, 80(1): 107-126, March.
- [7] FARRELL, J. and SHAPIRO, C. (2001). “Scale Economies and Synergies in Horizontal Merger Analysis”. *mimeo, a ser publicado no Antitrust Law Journal*.
- [8] GREENE, W. H. (1996) *Econometric Analysis*. Prentice-Hall.
- [9] KADIYALI, V. (1996). “Entry, Its Deterrence and Accommodation: A Study of the U.S. Photographic Film Industry”. *The RAND Journal of Economics*, vol. 29 nº 3.
- [10] KREPS, D. and SCHEINKMAN, J. (1983). “Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yields Cournot Outcomes”. *Bell Journal of Economics*, 14: 326-337.
- [11] LIEBERMAN, M.B. (1987). “Excess Capacity as a Barrier to Entry: an Empirical Appraisal”. *Journal of Industrial Economics*, 35(4): 607-625.
- [12] MAGGI, G. (1996). “Strategic Trade Policies with Endogenous Mode of Competition”. *American Economic Review*, 86(1): 237-258.
- [13] ORDOVER, J.A.; SALONER, G. and SALOP, S.C. (1990). “Equilibrium Vertical Foreclosure”. *American Economic Review*, 80(1), pp. 127-42.

- [14] RIORDAN, M.H. and SALOP, S.C. (1995). “Evaluating Vertical Mergers: A Post Chicago Approach”. *Antitrust Law Journal*, 63: 513-568.
- [15] ROBERTS, J. and SAMUELSON, L. (1988). “An Empirical Analysis of Dynamic, Nonprice Competition in an Oligopolistic Industry”. *Rand Journal of Economics*, 19 (2).
- [16] SALOP, S.C. and SCHEFFMAN, D. T. (1983). “Raising Rivals’ Costs”. *American Economic Review*, (Papers and Proceedings), 73(2): 267-71.
- [17] SALOP, S.C. and SCHEFFMAN, D. T. (1987). “Cost-Raising Strategies”. *Journal of Industrial Economics*, 36(1): 19-34.
- [18] SCARLETT, L., McCANN, R., ANEX, R. e VOLOKH, A (1997) *Packaging, Recycling and Solid Waste*. Reason Foundation, California.
- [19] SCHERER, F. M. and ROSS, D. (1990). *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Boston: Houghton-Mifflin.
- [20] SCHMALENSEE, R. (1987). “Horizontal Merger Policy: Problems and Changes”. *Journal of Economic Perspectives*, 1(2): 41-54.
- [21] SEAE (Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda). *Parecer COINP/COGPI/SEAE/MF nº 153 de 5 de julho de 2002*.
- [22] SEAE (Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda) e SDE (Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça). *Guia de Concentrações Horizontais. Portaria Conjunta Nº 50, de 1º de Agosto de 2001*.
- [23] SPECTOR, D. (2002). Horizontal Mergers, Entry and Efficiency Defences. *mimeo*, CEPREMAP-CNRS, nº 06.
- [24] TIROLE, J. (1989). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- [25] VISCUSI, W. K., VERNON, J. M. e HARRINGTON JR., J. E. (2000) *Economics of Regulation and Antitrust*. Cambridge (Mass.): MIT Press.

## Apêndices

### Apêndice 1 - Resultados da Estimação por Segmento

$$Q_{PEADt} = \beta_0 + \beta_1 P_{PEADt} + \beta_2 Q_{PERFt} + \beta_3 Q_{CDIt} + \beta_4 D1_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$Q_{PEBDLt} = \beta_5 + \beta_6 P_{PEBDLt} + \beta_7 Q_{CDI} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$Q_{PEAD} + Q_{PEBDL} = \gamma_1 + \gamma_2 L + \gamma_3 P_{ETENO} - \beta_1 P_{PEAD} - \beta_6 P_{PEBDL} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Tabela 4: Resultados da Estimação

	Modelos		
	6	7	8
Constante	33775,24 (2,354)	41137,69 (7,836)	61755,73 (5,572)
$P_{PEAD}$	-12,065 (-2,019)		-12,065 (-2,019)
$P_{PEBDL}$		-12,260 (-2,541)	-12,260 (-2,541)
$Q_{PERF}$	365,878 (4,706)		
$Q_{CDI}$		-5907,032 (-4,138)	
$D1$	6028,855 (2,066)		
$L$			-15,065 (-2,796)
$P_{ETENO}$			30,664 (4,290)
$R^2$ Ajustado	0,4066	0,2160	0,4988

**OBS:** Estatísticas t entre parênteses

## Apêndice 2 - Resultados da Estimação - Setor Agregado

$$Q_{Tt} = \beta_0 + \beta_1 P_{POLt} + \beta_2 Q_{INDt} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$Q_{Tt} = \beta_3 + \beta_4 L_t + \beta_5 P_{ETENOt} + \beta_6 P_{POLt} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Tabela 5: Resultados da Estimação

	Modelos	
	9	10
Constante	111.741,7 (3,672)	125.366 (8,908)
$P_{POL}$	-43,948 (-2,415)	17,325
$Q_{IND}$	503,365 (2,707)	
$L$		-5,998 (-2,460)
$P_{ETENO}$		15,578 (3,364)
$R^2$ Ajustado	0,098	0,350

**OBS:** Estatísticas t entre parênteses

### Apêndice 3 - Resultados da Estimação - Setor (Especificação Isoelástica)

$$\ln(Q_{Tt}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_{POLt}) + \beta_2 \ln(Q_{CDIt}) + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$\ln(Q_{Tt}) = \beta_3 + \beta_4 \ln(L_t) + \beta_5 \ln(P_{ETENOt}) + \beta_6 \ln(P_{POLt}) + \varepsilon_t \quad (12)$$

Tabela 6: Resultados da Estimação

	Modelos	
	9	10
Constante	14,648 (20,887)	11,263 (16,647)
$\ln(P_{POL})$	-0,389 (-3,865)	0,131 (1,272)
$\ln(Q_{CDI})$	-0,297 (-5,685)	
$\ln(L)$		-0,148 (-2,555)
$\ln(P_{ETENO})$		0,125 (3,908)
$R^2$ Ajustado	0,299	0,382

**OBS:** Estatísticas t entre parênteses

## Apêndice 4 - Estimativa de Fronteira Estocástica

$$\ln(CT_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(VA_{it}) + \varepsilon_{it} - v_{it}$$

Tabela 7: Resultados do Modelo de Fronteira Estocástica

	1
Constante	0,924 (0,844)
$\ln(VA_{it})$	0,657 (6,106)
$\sigma^2$	0,482 (2,294)
$\mu$	1,122 (3,018)
$\gamma$	0,653 (6,690)
$\eta$	0,027 (2,765)
Number of Observations	150
Log-Likelihood	-94,88
LR Test of One-sided Error (d.f.)	82,757(3)

**OBS:** Estatísticas t entre parênteses