



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**

**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

**O VALOR DA FLEXIBILIDADE EM CLÁUSULAS “*TAKE-OR-PAY*” DE  
CONTRATOS PARA FORNECIMENTO DE GÁS NATURAL  
INDUSTRIAL**

**José Carlos Lemos Carvalhinho Filho**

**Orientador: Prof. Dr. Edmilson Moutinho dos Santos**

**São Paulo**

**2003**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

**O VALOR DA FLEXIBILIDADE EM CLÁUSULAS “*TAKE-OR-PAY*” DE  
CONTRATOS PARA FORNECIMENTO DE GÁS NATURAL  
INDUSTRIAL**

**José Carlos Lemos Carvalhinho Filho**  
**Orientador: Prof. Dr. Edmilson Moutinho dos Santos**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Economia,  
Administração e Contabilidade da Universidade de  
São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Mestre em Administração**

**São Paulo**  
**2003**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Carvalhinho Filho, José Carlos Lemos

O valor da flexibilidade em cláusulas "take-or-pay" de contratos para fornecimento de gás natural industrial / José Carlos Lemos Carvalhinho Filho. São Paulo : FEA/USP, 2003.

138 p. +Apêndices

Dissertação - Mestrado  
Bibliografia.

1. Contratos (Direito privado) 2. Contrato de fornecimento  
3. Gás Natural 3. Custo de transação 4. Opções (Finanças)  
I. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP  
II. Título.

CDD – 346.02

REITOR DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

Prof. Dr. Adolpho José Melfi

DIRETOR DA FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E  
CONTABILIDADE

Profa. Dra. Maria Tereza Leme Fleury

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Prof. Dr. Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos

# DEDICATÓRIA

Ao meu pai José Carlos  
Meu grande professor de ética e justiça  
A minha mãe Elvira  
Meu exemplo de perseverança e luta  
Dedico este trabalho

# AGRADECIMENTOS

Meus mais carinhosos agradecimentos para meu filho Carlos Henrique e a minha esposa Heloísa pela compreensão e apoio durante a elaboração desta Dissertação de Mestrado.

Agradeço a todos que me apoiaram durante a realização deste trabalho junto ao curso de mestrado na FEA/USP, especialmente...

Ao Prof. Dr. Edmilson Moutinho dos Santos e Dr. Antônio Carlos Pereira Maia pela orientação e por se disporem a participar de minha Banca de Defesa.

Aos professores da FEA e IEE da USP, pelas aulas, discussões e idéias, e, particularmente aos Profs. Drs. José Roberto Securato, Abraham Oih Yu, e Roberto Sbragia por se disporem a participar de minhas Bancas de Defesa e Qualificação.

À Petrobrás, pelo apoio financeiro e de oportunidade, particularmente estendido pelos Engenheiros Luiz Rodolfo Landim Machado, Djalma Rodrigues Souza, Nelson José Guitti Guimarães e Gelson Baptista Serva, Diretores e Gerentes na Unidade de Gás Natural da Empresa.

Ao Engenheiro André Lima Cordeiro, Diretor Superintendente da Transportadora do Gasoduto Bolívia-Brasil, pelo apoio e incentivo oferecidos no início desta longa caminhada.

Aos Diretores e Gerentes das distribuidoras de gás natural, visitadas nesta pesquisa, que compartilharam de seu tempo e experiência.

A todos os colegas que comentaram este trabalho, particularmente os Engenheiros Alexandre Silvestre de Araújo, Guilherme Legey Abry e Sr. Rafael Almir Marcial Tramm e o Economista Paulo Damico, pela inestimável revisão do texto e discussões oferecidas.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	x
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACTS</b> .....	xii
<b>CAPÍTULO 1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	1
1.1 INTRODUÇÃO .....	1
1.2 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO .....	6
1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL .....	7
1.3.1 Características e Breve Histórico da Indústria de Gás Natural .....	7
1.3.2 Panorama da Indústria e do Mercado Consumidor de Gás Natural no Brasil .....	10
1.4 O PROBLEMA DA PESQUISA .....	13
1.4.1 Objeto da Pesquisa .....	13
1.4.2 Delimitação da Fronteira de Análise .....	14
1.4.3 Justificativa da Escolha .....	16
1.4.4 Formulação do Problema .....	18
<b>CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA BASE TEÓRICA</b> .....	19
2.1 INTRODUÇÃO .....	19
2.2 VALOR DA FLEXIBILIDADE E A TEORIA DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO .....	20
2.2.1 Contratos Incompletos e Custos de Transação .....	22
2.2.2 Ativos Específicos e Custos de Transação .....	24
2.3 O VALOR DA FLEXIBILIDADE E A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS .....	27
2.3.1 Conceitos Básicos de Valor em Opções Financeiras .....	27
2.3.2 Opções Reais: Incerteza e Investimentos Irrecuperáveis .....	30
2.3.3 Determinantes de Valor para a Capacidade Contratada .....	33
2.4 FLEXIBILIDADE NOS CONTRATOS DE GÁS NATURAL .....	37
2.4.1 Flexibilidade e Provisões de Preço .....	37
2.4.2 Flexibilidade e Provisões de Quantidades .....	40
2.4.3 Flexibilidade e Provisões de Duração .....	43
2.5 MODELOS CONCEITUAIS PARA VALOR DA FLEXIBILIDADE NO TAKE-OR-PAY .....	43
2.5.1 O Contrato Take-or-Pay e Custos de Transação .....	43
2.5.2 O Contrato Take-or-Pay como uma Opção Real .....	47
2.5.3 A Fórmula de Black-Scholes Aplicada ao Cálculo do Prêmio de Opção em Contratos de Longo Prazo .....	50
2.6 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO VALOR DA FLEXIBILIDADE NA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL .....	54
2.6.1 Uma Aplicação no Contexto de Orçamento de Capital .....	54
2.6.2 Uma Aplicação no Contexto de Negociação Contratual e Regulamentação .....	56
2.7 O PROBLEMA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO .....	58
<b>CAPÍTULO 3 PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	59
3.1 INTRODUÇÃO E NATUREZA DO MÉTODO .....	59
3.2 HIPÓTESES DA PESQUISA .....	60
3.3 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL .....	61
3.3.1 Variáveis Operacionais para a Hipótese IA e IB – Flexibilidade Contratual e Custos de Transação .....	61
3.3.2 Variáveis Operacionais para a Hipótese II - Flexibilidade Contratual e Opções Reais .....	65
3.4 INSTRUMENTAL DE COLETA DE DADOS E SEGMENTAÇÃO DA AMOSTRA .....	71
3.5 MÉTODO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	75
3.6 LIMITAÇÕES DO MÉTODO .....	77
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	80
4.1 HIPÓTESE IA – CUSTOS DE TRANSAÇÃO E VALOR DA FLEXIBILIDADE .....	80
4.1.1 Análise Crítica da Amostra e Eliminação de Outliers .....	80
4.1.2 Transformação de Variáveis .....	84
4.1.3 Resultados da Regressão Linear Simples entre as Variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$ e $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$ .....	88

4.2	HIPÓTESE IB – CUSTOS DE TRANSAÇÃO E VALOR DA FLEXIBILIDADE – DIFERENÇAS ENTRE MERCADOS E DEPRECIÇÃO DE ATIVOS.....	94
4.3	HIPÓTESE II – OPÇÕES REAIS E VALOR DA FLEXIBILIDADE .....	97
4.3.1	Análise Crítica da Amostra e Eliminação de Outliers .....	97
4.3.2	Transformação de Variáveis .....	101
4.3.3	Resultados da Regressão Linear Simples entre as Variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$ e $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ .....	104
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>		<b>114</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>120</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>135</b>
<b>APÊNDICES.....</b>		<b>1</b>
<b>GLOSSÁRIO E TERMOS TÉCNICOS TRADUZIDOS .....</b>		<b>16</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura dos Investimentos na Cadeia de Fornecimento de Gás Natural .....	3
Figura 2	Estrutura da Indústria e Cadeia de Fornecimento de Gás Natural no Brasil em 2002 .....	11
Figura 3	Características dos Contratos de Fornecimento de Gás Industrial .....	16
Figura 4	Preços médios ao consumidor industrial de gás natural para as duas regiões que fizeram parte desta pesquisa (baseado nas tabelas reguladas das distribuidoras e ABRACE) .....	39
Figura 5	Evolução dos preços médios ao consumidor industrial de gás natural para as duas regiões que fizeram parte desta pesquisa (baseado nas tabelas reguladas das distribuidoras e ABRACE) .....	39
Figura 6	Comparação esquemática entre os valores do fornecedor e do consumidor na transação para o fornecimento de gás natural .....	42
Figura 7	Quebra contratual eficiente mediante pagamento de penalidade (MASTEN & CROKER, 1985) .....	45
Figura 8	Efeito da incerteza sobre o comportamento do valor do ativo subjacente a um contrato de opção (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002) .....	47
Figura 9	Sensibilidade do valor da opção de compra de uma capacidade de gás natural contratada, para a volatilidade do preço do combustível substituto (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002) .....	52
Figura 10	Exemplo de um processo de simulação computacional com várias amostragens do caminho que o valor de uma variável de incerteza sobre a demanda poderia seguir (CARVALHINHO Fo., DIAS & KEECH, 2001) .....	57
Figura 11	Exemplo de distribuição de probabilidades do valor de uma opção real calculado por simulação computacional (CARVALHINHO Fo., DIAS & KEECH, 2001) .....	57
Figura 12	Reprodução da Figura 1 - Estrutura dos investimentos na cadeia de fornecimento de gás natural....	62
Figura 13	Relação entre o preço médio do gás natural e o volume efetivamente consumido (Julho 2002).....	66
Figura 14	Representação esquemática do prêmio pago pela opção de garantia de capacidade, para dois consumidores com diferentes perfis de consumo, ao longo de 12 meses, e contratos idênticos para fornecimento de gás natural .....	67
Figura 15	Representação esquemática da força da negociação sobre o prêmio pago pela opção de garantia de capacidade, para dois consumidores com diferentes perfis de consumo e contratos idênticos para fornecimento de gás natural .....	67
Figura 16	Representação esquemática da Hipótese II utilizando a terminologia apresentada na Seção 2.5 .....	69
Figura 17-	Alternativa de negociação para a adequação das percepções de valor da opção sobre as quantidades contratadas .....	71
Figura 18	Relação entre volume contratado (QDC) e volume consumido em Julho/2002 .....	75
Figura 19	Diagrama de Dispersão para as variáveis TOP_Ind_% e Razão_QDC_(Ind./Distr.) .....	81
Figura 20	Diagrama de dispersão - variáveis TOP_Ind_% e Razão_QDC_(Ind/Distr) - Distribuidora D4.....	82
Figura 21	Diagrama de Frequência Acumulada para a variável Razão_QDC_(Ind/Distr) .....	84
Figura 22	Diagrama de dispersão para as variáveis TOP_Ind_% e Razão_QDC_(Ind/Distr) .....	85
Figura 23	Diagrama de dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis TOP_Ind_% e Razão_QDC_(Ind/Distr) .....	86
Figura 24	Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis TOP_Ind_% e Razão_QDC_(Ind/Distr) – Modelo Original.....	87
Figura 25	Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$ e $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$ – Modelo com transformação de variáveis .....	87
Figura 26	Comparação entre frequência esperada e observada, dos resíduos padronizados, para o modelo de regressão transformado, e o modelo de regressão original .....	87
Figura 27	Reta de regressão ajustada - variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$ e $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$ .....	88
Figura 28	Histograma da frequência observada para a variável TOP_Ind_% nas Regiões 1 e 2 - Amostras controladas para Razão_QDC_(Ind/Distr) < 10%.....	96
Figura 29	Histograma da frequência observada para a variável TOP_Ind_% nas Distribuidoras de Gás Natural D1, D2 e D3 - Amostras controladas para Razão_QDC_(Ind/Distr) < 10%.....	96
Figura 30	Histograma da frequência observada para a variável TOP_Ind_% nas Distribuidoras de Gás Natural D4, D5 e D6 - Amostras controladas para Razão_QDC_(Ind/Distr) < 10%.....	97
Figura 31	Diagrama de Dispersão para as variáveis TOP_Ind_Pr e $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ – Toda amostra válida para a Hipótese II .....	98
Figura 32	Diagrama de Dispersão para as variáveis QDC e $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ .....	100
Figura 33	Diagrama de Dispersão para as variáveis QDC, controlada para valores menores do que 50.000 m <sup>3</sup> /dia, e $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ .....	100

Figura 34	Diagrama de Dispersão para as variáveis TOP_Ind_Pr e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia e modelo de regressão original .....	102
Figura 35	Diagrama de Dispersão para a variável transformada f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia e modelo de regressão transformado.....	102
Figura 36	Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda) – Modelo de regressão transformado.....	103
Figura 37	Comparação entre frequência esperada e observada dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda).....	103
Figura 38	Reta de regressão ajustada para as variáveis f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda).....	104
Figura 39	Proporções de ocorrência para combustíveis substituídos pelo gás natural, agregados em combustíveis de alto preço relativo (GLP, Energia Elétrica e Óleo Diesel), e combustíveis de baixo preço relativo (Óleos Combustíveis, Lenha, Casca de Castanha e Óleo de Xisto).....	109
Figura 40	Reta de regressão ajustada para as observações das variáveis TAKE-OR-PAY PERCENTUAL (TOP_Ind_%) e Preço do Gás Natural Industrial .....	122
Figura 41	Diagrama de dispersão entre as variáveis Razão_Consumo_Industrial (Esperado/Contratado) e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia .....	125

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Algumas classificações para diferentes tipos de flexibilidade ou opções reais .....	32
Tabela 2	Sensibilidade do valor da opção de compra de gás natural para a variação do preço do combustível substituto e do preço de exercício (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002) .....	52
Tabela 3	Tamanho da Amostra por Segmento - Tipo de Combustível Substituído - .....	73
Tabela 4	Tamanho da Amostra por Segmento - Tipo de Segmento Industrial - .....	73
Tabela 5	Estatística da Regressão Linear Simples (OLS) entre o volume industrial contratado e o volume médio efetivamente consumido (Julho 2002) .....	75
Tabela 6	Estatísticas descritivas da amostra de tamanho 382 da variável TOP_Ind_% .....	81
Tabela 7	Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese IA - Tipo de Combustível Substituído - .....	83
Tabela 8	Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese IA - Tipo de Segmento Industrial - .....	83
Tabela 9	Estatísticas Descritivas da amostra de tamanho 311 para a variável Razão_QDC_(Ind./Distr.) .....	84
Tabela 10	Estatísticas da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_%) e f(Razão_QDC_Ind/Distr) para amostra completa.....	88
Tabela 11	Análise de Variância para a Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_%) e f(Razão_QDC_Ind/Distr) .....	89
Tabela 12	Estatística Descritiva da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_%) e f(Razão_QDC_Ind/Distr) .....	89
Tabela 13	Segmentações da Amostra para o Teste da Hipótese IA.....	90
Tabela 14	Coefficientes da Regressão Linear Simples e Estatísticas de Significância – Hipótese IA.....	92
Tabela 15	Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP_Ind_% nas duas Regiões 1 e 2 – Amostras controladas para Razão_QDC_(Ind/Dist) < 10% .....	95
Tabela 16	Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP_Ind_% nas duas Regiões 1 e 2 - Toda a Amostra .....	95
Tabela 17	Estatísticas Descritivas da Variável Sigma(Var_Demanda) - Amostra tamanho 285 .....	99
Tabela 18	Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese II - Tipo de Combustível Substituído - .....	99
Tabela 19	Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese II - Tipo de Segmento Industrial - .....	99
Tabela 20	Coefficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis QDC e Sigma(Var_Demanda).....	100
Tabela 21	Coefficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis QDC e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC < 50.000 m3/dia .....	101
Tabela 22	Estatísticas da Regressão Linear Simples entre as variáveis QDC e Sigma(Var_Demanda) para amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia .....	101
Tabela 23	Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda) para amostra completa, controlada ao nível QDC<50.000m3/dia .....	104
Tabela 24	Análise de Variância para a Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_Pr) e Sigma(Var_Demanda) - amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia.....	105
Tabela 25	Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP_Ind_%) e Sigma(Var_Demanda) - amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia.....	105
Tabela 26	Segmentações da Amostra para o Teste da Hipótese II.....	107
Tabela 27	Coefficientes da Regressão Linear Simples e Estatísticas de Significância – Hipótese H-II.....	108
Tabela 28	Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP_Ind_Pr nas Regiões 1 e 2 – Amostras controladas para QDC < 50.000 m3/dia .....	109
Tabela 29	Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis TAKE-OR-PAY PERCENTUAL (TOP_Ind_%) e Preço do Gás Natural Industrial – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia .....	122
Tabela 30	Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis Razão_Consumo_Industrial (Esperado/Contratado) e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia .....	126
Tabela 31	Estatísticas da Regressão Linear Múltipla, com duas variáveis explicativas para a variável dependente TOP_Ind_Pr: Razão_Consumo_Industrial (Esperado/Contratado) e Sigma(Var_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia .....	126

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Representação esquemática de direitos e obrigações contratuais mostrando a transferência das garantias estabelecidas sobre ativos físicos ao longo da cadeia de fornecimento de gás natural.	120
Anexo B	Relação Entre o Preço do Gás Natural e o Volume Consumido em 6 Distribuidoras de Gás.....	121
Anexo C	Regressão Linear Simples entre as variáveis TOP_Ind_% e Preço do Gás Natural para os contratos de fornecimento de gás natural com diferentes consumidores.....	122
Anexo D	Exemplos estilizados de negociações sobre o nível de flexibilidade contratual.....	123
Anexo E	Alternativa de negociação de parâmetros contratuais para adequação do prêmio pela opção sobre as quantidades de gás natural contratadas.....	125
Anexo F	Diagramas de dispersão e comparação de frequências de resíduos para as Regressões Lineares Simples entre as variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$ e $f(\text{Razão\_QDC\_}(\text{Ind/Distr}))$ para a amostra segmentada por região estudada.....	127
Anexo G	Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese IA.....	128
Anexo H	Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese II.....	132

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1	Planejamento da Coleta de Dados – Hipóteses IA e IB .....	1
Apêndice 2	Planejamento da Coleta de Dados – Hipótese II .....	2
Apêndice 3	Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 1.....	3
Apêndice 4	Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 2.....	4
Apêndice 5	Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 3.....	5
Apêndice 6	Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 4.....	6
Apêndice 7	Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 5.....	7
Apêndice 8	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 1.....	8
Apêndice 9	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 2.....	9
Apêndice 10	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 3.....	10
Apêndice 11	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 4.....	11
Apêndice 12	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 5.....	12
Apêndice 13	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 6.....	13
Apêndice 14	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 7.....	14
Apêndice 15	Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 8.....	15

## RESUMO

Esta Dissertação de Mestrado analisa o contexto das transações e contratos para fornecimento de gás natural de consumo industrial, e verifica os principais determinantes teóricos do valor da flexibilidade contratual, quanto ao compromisso de pagamento por quantidades mínimas contratadas, ou cláusulas *take-or-pay*. Para o desenvolvimento da Indústria de Gás Natural brasileira, são necessários grandes investimentos em infra-estrutura, cuja realização depende da percepção de valor de longo prazo que os agentes ao longo da cadeia de fornecimento têm sobre a incerteza do mercado. Como estes agentes estabelecem a governança de suas relações, através de contratos de longo prazo, a compreensão dos determinantes de valor da flexibilidade contratual é crítica para a análise da viabilidade de uma transação comercial. Este problema é abordado através do enfoque das Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais. Uma amostra de 396 contratos em 6 distribuidoras de gás natural no Brasil revelou um significativo poder explicativo da Teoria das Opções Reais para o valor da flexibilidade contratual, observada nas transações para fornecimento de gás natural, para consumo industrial. A evidência foi mais tênue no caso da Teoria dos Custos de Transação e fatores são propostos para explicar este fato. A pesquisa indica que a não consideração do valor flexibilidade nos contratos de gás natural tem influência negativa para o desenvolvimento deste mercado. Políticas comerciais e de regulação adequadas devem levar em consideração este aspecto.

## ABSTRACTS

This Dissertation analyses the context of the transactions and contracts involving the natural gas supply to industrial consumption, and verifies the main theoretical drivers of the flexibility value, in contract clauses concerning the commitment of payment for minimum contracted quantities, known as take-or-pay provisions. The development of the Brazilian Natural Gas Industry demands the deployment of heavy infrastructure, which depends upon the long-term value perception of the market uncertainty, by the contracting agents, along the supply chain. Since these agents establish the governance of their relationships through long-term contracts, the understanding of the drivers for contractual flexibility value is crucial to evaluate the feasibility of a commercial transaction. This problem is approached through the concepts of the Transaction Cost and Real Option Theories. A sample of 396 contracts from 6 natural gas distribution companies, demonstrated a remarkable explanation power of the Real Option Theory for the value of the contractual flexibility, observed in transactions for natural gas supply to industrial consumption. The evidence was weaker in the case of the Transaction Cost Theory and the reasons for this fact are proposed. This research demonstrates that if the flexibility value is not taken into account in the contracts, there should be negative influences to the market development. Adequate commercial and regulation policies should consider this aspect.

# CAPÍTULO 1

## DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

### 1.1 INTRODUÇÃO

Transações comerciais visando o fornecimento de gás natural, normalmente implicam em um complexo conjunto de relações entre as várias partes envolvidas ao longo da cadeia de fornecimento. A produção do gás natural inicia-se nos poços de petróleo e / ou de gás não associado<sup>1</sup>, resultado de investimentos exploratórios de alto risco para a localização e delimitação dos campos produtores. Em seguida, o gás é transportado por gasodutos de alta pressão às regiões consumidoras, sendo distribuído aos consumidores finais por redes de gasodutos de baixa pressão.

Ao contrário da situação que prevalece na comercialização da produção de petróleo, caracterizada pelo funcionamento de um mercado *spot* líquido, o gás natural, embora tenha sua produção relacionada tecnologicamente com o primeiro, tem as suas vendas em geral governadas por contratos de longo prazo com baixa liquidez. Esta diferença está diretamente relacionada com as características dos investimentos em transporte e distribuição do produto e com o estágio de desenvolvimento dos mercados. O petróleo não depende necessariamente de pesados investimentos específicos em oleodutos, podendo ser transportado, a custos relativamente baixos, através de outros modais como navios, trens e caminhões (MASTEN & CROCKER, 1985). A densidade de energia por unidade de volume de petróleo transportado é muito maior, reduzindo o custo de transporte. Ao mesmo tempo, os mercados de petróleo encontram-se consolidados e muito dispersos, aumentando a possibilidade de valorização econômica do produto, o que o torna mais líquido do que o gás natural.

Se uma única empresa atua verticalmente integrada para o fornecimento do gás natural, realizando todos os investimentos das etapas mencionadas acima, esta empresa assume todo o risco do negócio, tendo lucro ou prejuízo conforme consiga colocar ou não seu produto junto ao consumidor<sup>2</sup> final em condições competitivas.

---

<sup>1</sup> O gás natural pode ser classificado como associado e não-associado. O gás associado é aquele que se encontra dissolvido no óleo ou na forma de capas de gás em campos de petróleo. Neste caso, sua produção é realizada como um sub-produto do petróleo. O gás não-associado é aquele que existe isoladamente do petróleo, em reservatórios próprios, o que permite sua produção independente.

<sup>2</sup> Neste trabalho, as palavras consumidor e comprador serão utilizadas de forma intercambiável, muito embora “comprador” tenha uma conotação mais genérica, incluindo os mercados intermediários das cadeias de fornecimento, e “consumidor” uma conotação mais voltada para os mercados finais de consumo.

A situação é mais complexa quando diversos agentes atuam na cadeia de fornecimento, cada um com seus interesses e obrigações de investimento. Os ativos construídos ao longo da cadeia de exploração, produção, transporte e distribuição e consumo de gás natural são, em geral, interdependentes, isto é, cada um deles é essencial para que seja possível o consumo final. Assim, todos os investimentos precisam ter um retorno adequado através de uma partilha da renda total gerada no negócio. Contudo, devido ao fato destes investimentos serem altamente específicos, isto é, uma vez realizados por um agente da cadeia de fornecimento não serem re-aproveitáveis em outras atividades econômicas sem a perda de seu valor original<sup>3</sup>, o agente em questão se torna vulnerável ao maior poder de barganha de uma contraparte na transação comercial ao longo da cadeia.

O poder de barganha<sup>4</sup> pode dar origem a comportamentos oportunistas, como o incentivo para buscar ganhos adicionais, sempre que for solicitada uma adaptação contratual causada por uma circunstância adversa, não antecipada originalmente pelas partes, ou em fases de renovação contratual. WILLIAMSON (1985, 1979, 1975) definiu oportunismo como uma condição de busca do interesse próprio com avidez, *prevalecendo-se de uma situação conjuntural (acréscimo do autor)*.

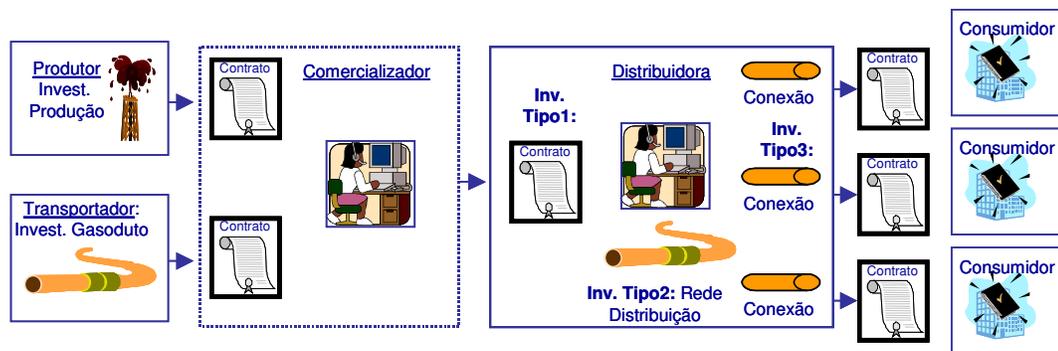
A propensão ao oportunismo em cadeias verticais de fornecimento torna-se uma barreira para novos investimentos. Nenhuma das partes em uma transação comercial desejará antecipar investimentos cuja renda poderá, posteriormente, ser apropriada por outro agente. Para restringir a ocorrência de comportamentos oportunistas, mantendo os incentivos para a realização de investimentos, as partes recorrem a contratos de longo prazo com cláusulas que procuram garantir o repasse dos compromissos com investimentos específicos de um elo da cadeia para outro, os quais, em última instância, são repassados para o consumidor final do produto<sup>5</sup>. A Figura 1 apresenta esta situação.

---

<sup>3</sup> Segundo WILLIAMSON (1989, p. 142), “Asset Specificity has reference to the degree to which an asset can be redeployed to alternative uses and by alternative users without sacrifice of productive value.” Na definição de PERRY (1989, p. 188), “Asset Specificity means that an upstream or downstream firm has made investments such that the value of an exchange is greatest when it occurs between these two firms rather than with other firms.”

<sup>4</sup> A vulnerabilidade ao poder de barganha é função das alternativas de substituição disponíveis para cada um dos agentes ao longo da cadeia. Para produtores e outros fornecedores, a vulnerabilidade declina na medida em que possa encontrar mercados alternativos. Para consumidores, o poder de barganha aumenta na medida em que possa utilizar outras formas de energia em substituição ao gás natural.

<sup>5</sup> Para que a atividade econômica da cadeia seja viável, o compromisso máximo que se poderia repassar para o consumidor deve ser tal que torne o gás competitivo frente a outros energéticos disponíveis. O mínimo compromisso que efetivamente seria repassado dependeria do poder de barganha do consumidor em última instância.



**Figura 1 Estrutura dos Investimentos na Cadeia de Fornecimento de Gás Natural**

Os contratos de longo prazo procuram, portanto, garantir o retorno do investimento para os fornecedores (WILLIAMSON, 1975) e também viabilizam a obtenção de financiamento para a construção das infra-estruturas necessárias ao gás natural (IEA, 2002).

Contudo, tendo em vista a racionalidade limitada dos agentes para prever as situações futuras ao longo do termo contratual, e as incertezas inerentes ao longo prazo de relacionamento, este objetivo de repasse de compromissos conflita com a necessidade de flexibilidade<sup>6</sup> para responder eficientemente a mudanças do ambiente, não antecipadas no momento da contratação. O valor desta flexibilidade assume maior importância devido à dificuldade que o consumidor final tem, no início do desenvolvimento do mercado, de perceber ou avaliar todo o valor intrínseco que lhe é agregado pela utilização do gás natural (SANTOS et al, 2002), afetando sua competitividade frente a outros combustíveis cujas cadeias de valores são mais flexíveis em termos de mercados e ativos de produção, transporte e distribuição.

Nos contratos de gás natural ocorrem cláusulas de pagamento por quantidades mínimas, mesmo que estas não sejam utilizadas, conhecidas como cláusulas *take-or-pay*<sup>7</sup>. Estas cláusulas podem ser consideradas o principal mecanismo contratual de repasse do custo dos investimentos específicos realizados ao longo da cadeia até o consumidor final. Através delas é garantido um fluxo de caixa mínimo para os fornecedores<sup>8</sup> do produto.

<sup>6</sup> Flexibilidade em nosso contexto irá referir-se principalmente a um direito estabelecido no contrato para uma das partes da transação sem uma correspondente obrigação desta com relação à contraparte. Outros tipos de flexibilidade, como uma flexibilidade operacional por exemplo, serão destacadas quando for o caso.

<sup>7</sup> Além das cláusulas de *take-or-pay*, ocorrem também cláusulas de *ship-or-pay*, que têm a mesma lógica, porém visam a garantir o retorno dos investimentos de transporte por gasodutos. Na presente pesquisa, estas duas condições serão consideradas conjuntamente. Esta é a lógica que normalmente prevalece nos contratos entre distribuidoras e consumidores industriais.

<sup>8</sup> Normalmente será adotada a definição de “fornecedor”, no singular, como a empresa que vende diretamente para o consumidor final. No caso brasileiro é a distribuidora de gás natural que possui direito constitucional de exclusividade de distribuição e venda de gás em sua área de concessão. Quando aplicado no plural, pode referir-se a outros agentes ao longo da cadeia de fornecimento como o produtor, o comercializador e o transportador do produto, o que será identificado.

Uma das hipóteses básicas a ser testada nesta pesquisa é que estas cláusulas funcionam, pelo lado do fornecedor do gás natural, como uma penalidade a ser aplicada ao consumidor pela quebra contratual ou diminuição do consumo. Seu valor está associado ao grau de especificidade dos ativos envolvidos na transação com cada consumidor, ou ao valor alternativo que o fornecedor e o consumidor podem obter fora da transação. Trata-se, portanto, de uma visão muito relacionada com o custo e o retorno dos investimentos realizados na cadeia de fornecimento.

Por outro lado, o entendimento do ponto de vista do consumidor frente aos contratos de fornecimento de gás natural, pode ser realizado segundo uma abordagem financeira, pois esta fornece uma visão de valor em contrapartida a uma visão de custo.

Tendo por base a literatura sobre instrumentos financeiros, os contratos de fornecimento de produtos físicos (particularmente de *commodities*) para entrega futura, podem também ser classificados, com relação às suas flexibilidades, em dois tipos principais. Nos contratos tipo a termo, o fornecedor tem obrigação de vender o produto nas quantidades contratadas e o consumidor tem obrigação de pagar e retirar por aquelas quantidades<sup>9</sup>. Neste caso os direitos e obrigações são simétricos e não existe flexibilidade.

Contratos de opção, por outro lado, incluem especificações de flexibilidade para uma das partes como, por exemplo, o direito de comprar um ativo no futuro apenas quando o valor deste ativo for conveniente. Neste caso, os direitos e obrigações se tornam assimétricos. Vale ressaltar que a flexibilidade somente tem valor, caso exista incerteza associada ao resultado deste ativo subjacente ao contrato entre as partes, pois ela provê capacidade de adaptação frente a esta incerteza (KULATILAKA & MARKS, 1988).

Em ambos os casos a literatura financeira (ver, por exemplo, HULL, 1999) considera estes contratos como derivativos, pois o resultado econômico para o titular do contrato é derivado do resultado do ativo ao qual o contrato se refere, como por exemplo, o preço ou valor *spot* do produto negociado.

Neste contexto, um contrato de longo prazo para fornecimento de gás natural pode também ser visto como um conjunto de contratos a termo (PARSONS 1989), ou como um conjunto de contratos de opções de compra (KAMINSKI et al., 1999), conforme for a flexibilidade em termos de direitos e obrigações do consumidor com relação ao fornecedor de gás. No caso

---

<sup>9</sup> “Contratos a termo” é uma tradução para “*forward contracts*” e têm a mesma fundamentação de compra e venda futura de um ativo que têm os “contratos futuros” (“*future contracts*”). Estes últimos, porém, são padronizados, ocorrem em bolsas e não envolvem troca física, via de regra.

brasileiro, como o consumidor de gás natural tem o direito de não adquirir parte da quantidade contratada nos vários períodos de consumo, isto é, o *take-or-pay* é inferior a 100% desta quantidade, mas tem garantia do fornecimento de toda capacidade contratual sempre que o desejar<sup>10</sup>, o contrato tem uma característica de um conjunto de opções de compra. Existe uma opção de compra, para cada período de fornecimento dentro do prazo contratual, devido à flexibilidade de consumo entre a capacidade total contratada e a quantidade referente ao *take-or-pay* (THOMPSON, 1995).

Desta forma, a segunda hipótese básica a ser testada nesta pesquisa é que o *take-or-pay* dos contratos de fornecimento de gás natural pode ser visto como um prêmio de opção a ser pago pelo consumidor, pelo direito de receber as quantidades contratadas apenas quando o desejar.

O contexto estudado será o do fornecimento de gás para o mercado industrial brasileiro, o qual se caracteriza pela imaturidade e necessidade de altos investimentos em infra-estrutura. A opção pelo gás natural como componente importante da matriz energética data de 1987, quando o governo brasileiro elaborou o seu Plano Nacional do Gás Natural – PNGN (SANTOS et al, 2002), já sinalizando o desejo de aumentar a participação deste energético de 2% para 12% até 2010. No ano de 2002 esta participação ainda se situava entre 3,5% e 4%, caracterizando um mercado imaturo, com grandes possibilidades de crescimento, mas com barreiras estruturais a serem eliminadas tanto do lado da oferta como do lado do consumo.

Devido ao potencial brasileiro para consumo do gás natural e às grandes reservas existentes na Bolívia, as discussões entre os governos brasileiro e boliviano para a exploração e exportação deste energético para o Brasil remontam à década de 1940, mas foram aceleradas nos últimos 10 anos, culminando com a construção do Gasoduto Bolívia-Brasil, conhecido como GASBOL. Sua primeira etapa foi inaugurada em julho de 1999, constituindo a maior iniciativa de integração energética via gás natural do Cone Sul da América do Sul (SANTOS, 1999).

Admite-se como pressuposto nesta pesquisa que, para a viabilização desta meta de participação do gás natural na matriz energética, o desenvolvimento do mercado industrial terá um papel fundamental. Considerando a hipótese de participação de 50% do setor industrial no mercado de gás, e um crescimento do consumo de energia no período 2000-2010 igual ao período 1990-2000, ALMEIDA (2000) estimou que o mercado industrial deveria

---

<sup>10</sup> A garantia de fornecimento da capacidade contratada, a que o fornecedor se obriga, é conhecida nos contratos como *deliver-or-pay*, sendo normalmente de 100%. Caso ocorram falhas de fornecimento, são imputadas multas no fornecedor pelo não suprimento das quantidades demandadas pelo consumidor.

atingir cerca de 32 milhões m<sup>3</sup>/dia em 2005 e 60 milhões m<sup>3</sup>/dia em 2010, para viabilizar a meta de 12% de participação do gás na matriz energética brasileira.

Esta pesquisa pretende contribuir com a questão da competitividade do gás natural na indústria brasileira analisando o impacto da flexibilidade contratual. A prática das companhias distribuidoras de gás natural tem demonstrado grandes dificuldades para o desenvolvimento deste mercado. Carências de infra-estrutura e de uma cultura para o uso de gás explicam parcialmente estas dificuldades. Porém, procura-se questionar ao longo deste trabalho, como a política comercial e aquela de regulação podem contribuir para tornar o novo combustível mais competitivo em relação a outras opções energéticas.

## 1.2 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

Para explicar o valor da flexibilidade contratual no *take-or-pay*, esta Dissertação de Mestrado tem como foco de concentração questões envolvendo dois corpos teóricos da administração.

O primeiro se refere à Teoria da “Economia Neoinstitucional” (*Neoinstitutional Economics – NIE*), particularmente no que se reporta à Teoria dos Custos de Transação, aplicada aos problemas de governança de transações comerciais para o fornecimento de gás natural.

A “Economia Neoinstitucional” pode ser considerada como um ramo da Economia que passou a dedicar-se à pesquisa da influência dos custos de transação, dos direitos de propriedade, das instituições e organizações econômicas e dos acordos contratuais, para o processo produtivo e a alocação dos recursos econômicos.

Este campo de estudos e pesquisas surge como uma nova abordagem que critica alguns conceitos da Teoria Econômica Neoclássica referentes às regras ideais que regem as trocas nos mercados. Neste conjunto de regras ideais encontram-se os pressupostos de preferências estáveis, o modelo de escolha racional em equilíbrio, e a firma vista como uma função de produção em que sua organização interna não importava. Nas palavras de HAROLD DEMSETZ apud WILLIAMSON (2000), “A principal missão da economia neoclássica é entender como o sistema de preços coordena o uso de recursos, e não compreender o funcionamento interno de firmas reais”<sup>11</sup>.

Trata-se a NIE de uma escola de pensamento que analisa a importância dos arranjos internos ou institucionais para a explicação dos fenômenos econômicos por meio dos custos de

---

<sup>11</sup> DEMSETZ, H. (1983, p.377). The Structure of Ownership and the Theory of the Firm/Comment. *Journal of Law & Economics*, 26 (June): 375-393 apud WILLIAMSON, OLIVER E. (2000).

transação. A origem desta abordagem é estabelecida por COASE (1937) em seu clássico artigo *“The Nature of the Firm”*. Posteriormente, ela foi contextualizada em um corpo teórico, cujos conceitos centrais podem ser referenciados ao livro de WILLIAMSON (1975) *“Markets and Hierarchies”*. A partir da identificação da transação como a unidade básica de análise, e da definição de determinantes de valor mensuráveis para os custos de transação (WILLIAMSON, 1975), esta teoria se tornou passível de verificação empírica.

O segundo corpo teórico abordado refere-se aos conceitos da Teoria das Opções Reais, os quais foram derivados da Teoria de Opções Financeiras, pela sua aplicação para a avaliação do valor da flexibilidade de ativos não financeiros, como no caso de um contrato para fornecimento de uma capacidade de gás natural.

Segundo DIAS (1999), MYERS (1977) foi o primeiro autor a aplicar o termo “opções reais” fazendo a analogia do valor de uma firma como resultado da soma de uma componente referente ao valor de ativos já existentes, e de outra correspondente a “... opções reais que são oportunidades para comprar ativos reais em condições possivelmente favoráveis” (MYERS 1977, p.163). Esta componente refere-se ao valor da opção de crescimento da firma através da eventual realização de investimentos futuros. Conforme aponta DIAS (1999), este foi o início de uma nova abordagem para a análise de decisões de investimento em projetos industriais que se proliferou em muitos trabalhos publicados ao longo da década de 1980. Vários livros também foram editados na década de 1990 consolidando este novo corpo teórico.

De forma aplicada, aspectos teóricos, envolvendo políticas e planejamento energético, são também desenvolvidos pela discussão que esta dissertação realiza sobre as condições de competitividade do gás natural.

Neste contexto, a presente dissertação se insere tanto nas linhas de pesquisa desenvolvidas pelas áreas de Finanças e Política de Negócios e Economia de Empresas do Programa de Pós-Graduação em Administração da FEA-USP, como nas áreas de atuação do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE-USP, tendo um caráter interdisciplinar.

### **1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL**

#### **1.3.1 Características e Breve Histórico da Indústria de Gás Natural**

O crescimento desta indústria em países que utilizam o gás natural como fonte de energia, normalmente passou por uma fase inicial, onde o desenvolvimento do mercado e os

investimentos específicos em infra-estrutura de transporte e distribuição foram realizados em uma organização industrial caracterizada pela:

“... existência de monopólios naturais no transporte e distribuição do gás; pela integração vertical das empresas de transporte e distribuição ou pela predominância de contratos de longo prazo para a diminuição dos custos de transação entre empresas não integradas; pela fixação da tarifa tomando-se como referência o valor do gás em termos do preço dos combustíveis substitutos; e pela difusão do gás de forma prioritária em mercados sem substitutos energéticos imediatos” (ALVEAL & ALMEIDA, 1999, p.20).

Nesta forma de organização industrial, as etapas de comercialização, transporte e distribuição da cadeia de fornecimento de gás natural eram, em geral, desenvolvidas por empresas monopolistas ou oligopolistas. Na Europa e Argentina este papel coube principalmente a empresas estatais, enquanto que nos Estados Unidos foi sempre desempenhado por empresas privadas.

O fornecimento de gás natural é uma atividade que envolve a formação de monopólios naturais devido aos ganhos de escala nas redes de transporte e distribuição, onde os custos de investimento e operação crescem menos do que a expansão de capacidade. TORRES DOS SANTOS (2001) identifica os seguintes determinantes para a redução do custo médio e marginal da unidade de gás transportada, via gasodutos, com o aumento da capacidade: (i) Possibilidade de ampliação de capacidade por instalação de compressão; (ii) maior rateio dos custos fixos como projeto, obtenção de licenças, construção, etc.; (iii) leis geométricas, pois a capacidade de transporte cresce a uma taxa maior que a proporção do quadrado de seus diâmetros e; (iv) quanto maior o diâmetro menor a queda de pressão ao longo dos dutos.

Neste contexto, fortes regulamentações foram criadas para controlar esta indústria. Inicialmente limitando-se a questões de preço e de garantias de fornecimento do produto, tais regulamentações têm evoluído constantemente, tornando-se cada vez mais abrangentes e procurando acompanhar os elementos mais sofisticados das transações e contratos.

Em uma fase em que a indústria era imatura e carente de investimentos, esta forma de organização foi apropriada. A indexação dos preços do gás natural ao preço do combustível substituto e a utilização de contratos de longo prazo (15 a 20 anos ou mais) para governar as interfaces não verticalizadas da indústria, atendiam à necessidade do estabelecimento de bases econômicas estáveis para incentivar a realização e garantir o retorno dos investimentos, permitindo uma partilha adequada das rendas ao longo de toda a cadeia de fornecimento (IEA,

2000). A mitigação do risco e a gestão da incerteza, principalmente quanto ao preço e à demanda, eram realizadas através do repasse dos compromissos assumidos ao longo da cadeia de fornecimento até o consumidor final, através de contratos de longo prazo com cláusulas *take-or-pay*.

Com a maturação dos mercados consumidores de gás natural em alguns países, as alternativas para os agentes econômicos da indústria aumentaram, como resultado da interconexão de um número crescente de produtores e consumidores, e pela depreciação da infra-estrutura existente de transporte e distribuição de gás natural. Com a conseqüente redução da especificidade dos ativos<sup>12</sup>, tornou-se possível a reforma institucional e organizacional da Indústria de Gás Natural (ALVEAL & ALMEIDA, 1999). Países com mercados maduros de gás natural passaram a optar pela desregulamentação de algumas etapas da cadeia de fornecimento (produção e comercialização), e por profundas revisões da regulamentação (muitas vezes chamadas de re-regulamentação) daquelas etapas que continuariam exercendo atividades de monopólio natural (transporte e distribuição).

Neste processo procurou-se desverticalizar a organização da cadeia de fornecimento de gás natural, atribuindo-se a diferentes atores a condução das etapas de produção, transporte, comercialização e distribuição do produto. Ao mesmo tempo, permitiu-se que os consumidores finais pudessem contratar, muitas vezes diretamente dos produtores, a compra do gás natural como produto, adquirindo separadamente os serviços para seu transporte e/ou distribuição através do livre acesso às infra-estruturas de gasodutos, mediante o pagamento de tarifas regulamentadas.

As transações de fornecimento do produto nos mercados intermediários e finais<sup>13</sup>, mesmo quando a contratação continuou a ser feita essencialmente por contratos de longo prazo, como no caso das distribuidoras de gás européias com seus fornecedores, passaram a contar com maior flexibilidade, inclusive quanto às quantidades contratadas (IEA, 1998a e 1998b). Em outros casos, como nos Estados Unidos e Grã-Bretanha, ocorreu, em diferentes graus, o surgimento de mercados *spot*, contratos futuros e contratos de curto prazo, acirrando a

---

<sup>12</sup> A maior flexibilidade de acesso para fornecedores e consumidores a mercados alternativos reduz a diferença de valor que um ativo tem entre sua aplicação dentro de uma transação específica ou em outra alternativa, reduzindo-se, portanto, sua especificidade.

<sup>13</sup> A expressão mercados intermediários será utilizada para descrever as transações comerciais que ocorrem antes do agente consumidor final do produto, ou seja, as transações visando o fornecimento de gás natural até as distribuidoras de gás.

competição gás-gás e desvinculando em maior proporção o seu preço daquele referente aos combustíveis derivados do petróleo<sup>14</sup>.

Segundo o IEA (2000), a introdução da competição gás-gás nestes países, promoveu a eliminação de rendas de monopólio no fornecimento do gás natural (renda esta antes compartilhada entre as empresas de produção, transporte e distribuição ao longo da cadeia de fornecimento). Pelo menos uma parte desta renda teria sido repassada para os consumidores finais através da redução do custo de aquisição do gás. Subsídios cruzados entre consumidores foram atenuados com a separação do preço do gás natural em suas componentes principais referentes ao transporte, distribuição, produto (comumente referido pelo termo *commodity*) e flexibilidade no fornecimento, promovendo sua utilização com maior eficiência.

Com a maior maturidade da indústria, a competitividade do gás natural se modificou, alterando-se as forças de barganha entre os diferentes agentes. As instituições que governam as transações comerciais, incluindo as formas contratuais, também foram alteradas. A flexibilidade destas instituições tende a aumentar na medida em que as alternativas disponíveis para os agentes fornecedores e consumidores se multiplicam.

Entretanto, convém destacar que entre as dificuldades ocasionadas pela nova organização da Indústria de Gás Natural, o IEA (2000) levanta a ocorrência de maiores custos de transação e o aumento do risco, e, conseqüentemente, do custo de oportunidade para investimentos de longo prazo. Os preços tornam-se mais voláteis, dificultando a previsibilidade do investidor, o que torna a decisão de investimento menos atrativa e pode conduzir os mercados a condições de escassez de oferta. Esta situação é particularmente crítica em mercados emergentes e ainda carentes de investimentos específicos em infra-estrutura como no caso brasileiro.

### **1.3.2 Panorama da Indústria e do Mercado Consumidor de Gás Natural no Brasil**

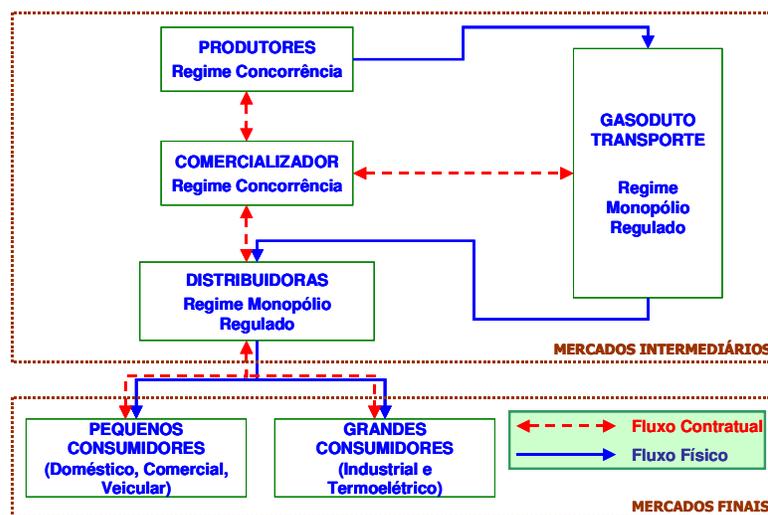
O Brasil se insere em um contexto onde a indústria e o mercado de gás natural são imaturos, demandando incentivos para grandes investimentos em infra-estrutura de gasodutos de

---

<sup>14</sup> A competição entre combustíveis nos mercados *spot* continua a manter a correlação entre os preços dos combustíveis substitutos, contudo, esta correlação é diferente da prática anterior à liberalização quando o preço do gás natural era calculado de forma *net-back*, isto é, a partir do preço competitivo do gás natural com relação ao combustível substituto, ajustado para diferenças de eficiência, se faz o preço de seu fornecimento ao longo da cadeia. No caso de mercados competitivos, consumidores com flexibilidade de utilização bi-combustível podem se aproveitar da diferença de preços entre o gás natural no mercado *spot*, no próprio contrato de longo prazo, e com relação a outros combustíveis substitutos, para realizar ganhos adicionais, arbitrando nos dois mercados (IEA, 2000). Além disso, com o surgimento de mercados *spot* e de futuros para gás natural nos Estados Unidos e Grã-Bretanha, o movimento destes preços passou a indexar muitos

transporte e redes de distribuição, e também para a conversão dos consumidores para utilização do gás natural.

A Figura 2 apresenta um esquema simplificado da estrutura atual da indústria de gás natural brasileira conforme estabelecida pelas instituições legais e de regulamentação.



**Figura 2** Estrutura da Indústria e Cadeia de Fornecimento de Gás Natural no Brasil em 2002

Nesta estrutura, os agentes de produção, transporte e distribuição são responsáveis pela realização dos investimentos específicos na infra-estrutura de fornecimento, enquanto que o agente comercializador promove a ligação entre os elos da cadeia de fornecimento unindo produtores em diferentes regiões de oferta com os mercados consumidores.

A contratação com cláusulas rígidas de *take-or-pay*, característica dos mercados intermediários da cadeia de fornecimento, é repassada pelas distribuidoras para os mercados consumidores finais, particularmente o industrial. Contudo, estes consumidores apresentam incertezas macroeconômicas e de competitividade por seus próprios produtos, possuem a disponibilidade de uma gama de outros energéticos substitutos (biomassa, óleo combustível, óleo diesel, GLP e eletricidade) e por vezes não possuem uma cultura energética que permita uma adequada avaliação das vantagens que poderiam ser obtidas com o uso do gás natural. Neste contexto, estes consumidores tendem a resistir à conversão dos equipamentos para uso do gás, especialmente dentro de termos contratuais de longo prazo mais rígidos do que nas transações com as energias alternativas.

Segundo ALMEIDA (2000, p.20), dependendo do tipo de aplicação industrial, o gás natural “(...) apresenta um conjunto de vantagens em relação aos combustíveis concorrentes. Entre

---

contratos de médio e longo prazo, vindo a determinar o nível de preços de referência ao qual o gás natural é

estas vantagens destaca-se o fácil manuseio na utilização por ser um combustível gasoso, a ausência de infra-estrutura de estocagem e os menores níveis de emissões de poluentes. Entretanto, na maioria das vezes, estas vantagens são insuficientes para levar os consumidores atuais de combustíveis concorrentes a adotarem o gás natural. Esta adoção implica em custos importantes para a conversão de equipamentos e em função da amortização precoce de equipamentos [aqueles utilizados pelos combustíveis tradicionais]. Por outro lado, os investimentos na conversão poderão levar um tempo relativamente longo para serem recuperados, e quase sempre estão atrelados a contratos de longo-prazo. Estes contratos geram riscos importantes para os consumidores industriais. Os preços dos combustíveis concorrentes podem ficar abaixo do preço do gás natural, diminuindo a competitividade deste consumidor frente aos concorrentes que consumirem outros combustíveis”.

Para SANTOS et al (2002), a versatilidade é uma das grandes vantagens do gás natural. A sua amplitude de usos o faz um competidor potencial para quase todos os demais combustíveis alternativos. Porém, ao mesmo tempo, não existe uma aplicação para a qual ele seja indispensável e para a qual não existam concorrentes. O consumidor, ao perceber esta característica do gás natural, conserva a vantagem de poder arbitrar entre um energético e outro, o que lhes confere poder de barganha junto ao fornecedor.

Desta forma, uma das características típicas dos contratos de fornecimento de gás, que dificulta a penetração do produto em um mercado imaturo como o brasileiro, é o conflito entre a necessidade de rigidez contratual pelo lado dos fornecedores nos mercados intermediários, e a aspiração por maior flexibilidade nos mercados finais do produto, particularmente no setor industrial.

A tendência natural é a ocorrência de pressões dos consumidores finais para que as cláusulas de fornecimento dos contratos entre eles e as distribuidoras de gás natural sejam mais flexíveis, e com melhores condições do que as cláusulas dos contratos de aquisição de gás por parte destas distribuidoras nos mercados intermediários da cadeia de fornecimento. Contudo, estas pressões devem ser diferentes conforme o segmento industrial de consumo, visto que as vantagens percebidas pelo consumidor serão também desiguais para cada aplicação final.

Este fato já foi apontado por ALMEIDA (2000, p.26), ao reconhecer suas implicações para a regulamentação da distribuição: “Uma vez que o Contrato de Concessão impede a concessionária [distribuidora de gás] de praticar a diferenciação de preços segundo o tipo de

mercado, a estratégia comercial deverá estar centrada na diferenciação dos serviços para tentar alavancar estes mercados [industriais]”. Onde, segundo o autor, um dos principais aspectos da “diferenciação de serviços” seria a promoção de flexibilidade diferenciada nas quantidades contratadas.

A distribuidora de gás possui um universo de consumidores com diferentes atribuições de valor pelo gás natural, e que requerem diferentes níveis de comprometimento com ativos específicos para concluir uma transação comercial para fornecimento do produto. A não diferenciação entre estes consumidores pode conduzir ao menor desenvolvimento do mercado, pois dificultaria ou impediria a conclusão de transações em situações nas quais a inflexibilidade contratual deveria ser menor, em contraposição à eventual realização de transações onde esta inflexibilidade deveria ser maior. Segundo JOSKOW (1991) apud TORRES DOS SANTOS (2001, p.37)<sup>15</sup>, “certas restrições à formação de contratos (...) podem significar limites à possibilidade de ganhos de eficiência. A ausência de certas formas de coordenação das transações implica um maior nível de incerteza, isto se reflete em maiores retornos exigidos para considerar um investimento viável, ou seja, há sub-investimento”.

A prática da regulamentação estadual da atividade de distribuição de gás permite a diferenciação de preços entre consumidores de diferentes volumes<sup>16</sup>, mas normalmente nada diz a respeito da diferenciação quanto às quantidades mínimas de consumo. Pelo fato de não mencioná-las, deixa uma lacuna sujeita a diferentes interpretações. Em uma abordagem mais conservadora, tende a incluí-las na categoria de restrição mais geral de não diferenciação entre consumidores.

## **1.4 O PROBLEMA DA PESQUISA**

A discussão da seção anterior fornece os elementos necessários para o estabelecimento formal do problema de pesquisa desta dissertação.

### **1.4.1 Objeto da Pesquisa**

Esta Dissertação de Mestrado visa os seguintes objetivos gerais:

---

<sup>15</sup> JOSKOW, P. L.(1991). The role of Transactions Costs Economics in Antitrust and Public Utility Regulatory Policies”. *Journal of Law, Economics and Organization*. Vol. 7, 1991 apud TORRES DOS SANTOS (2001).

<sup>16</sup> A argumentação é que esta diferenciação é razoável no sentido que consumidores de maior volume promovem o ganho de escala e, portanto, a redução de custos de investimento e operação das redes de distribuição (a Seção 1.3.1 aponta as razões para este ganho de escala). Além disso, esta diferenciação não seria uma discriminação, visto que os consumidores seriam diferentes (por quantidade consumida). Contudo,

- Testar proposições e hipóteses relacionadas com a Teoria dos Custos de Transação e a Teoria das Opções Reais para a explicação do valor da flexibilidade estabelecida em contratos de fornecimento de gás natural, especialmente quanto ao pagamento por volumes mínimos contratados.
- Fornecer subsídios que permitam uma melhor prescrição normativa para práticas comerciais flexíveis, avalizadas pela regulamentação, que contribuam para o fomento do mercado de gás natural.

De forma específica, a pesquisa visa:

- Identificar as características da transação comercial que influenciam o valor da flexibilidade quanto ao pagamento por volumes de gás natural contratados para o fornecimento industrial.
- Avaliar as principais estratégias comerciais que promovem flexibilidade contratual, e ao mesmo tempo garantem o retorno dos investimentos realizados na cadeia de fornecimento do gás natural;

#### **1.4.2 Delimitação da Fronteira de Análise**

Tendo em vista a descrição da estrutura da Indústria do Gás Natural apresentada na Figura 2, o interesse desta Dissertação de Mestrado volta-se para o elo da cadeia de suprimento de gás referente à comercialização do produto nos mercados de consumo final. Especificamente, a unidade de análise irá referir-se à transação comercial materializada através de contratos de fornecimento de longo prazo entre uma empresa de distribuição de gás natural (fornecedor) e o segmento de consumo industrial (consumidor industrial)<sup>17</sup>.

As transações realizadas nos demais elos da cadeia de fornecimento, referentes aos mercados intermediários (aquisição do produto nas áreas de produção pelos comercializadores, compra de serviços de transporte e a revenda do gás natural para as distribuidoras) e caracterizadas por contratos de grandes volumes, com condições rígidas de *take-or-pay* e indexações de preços pela taxa de câmbio e preço de óleos combustíveis internacionais, são consideradas

---

este argumento poderia ser utilizado também quanto à diferença de risco que o maior volume pode representar na presença de incerteza quanto à demanda.

<sup>17</sup> Sugere-se que futuras pesquisas sejam desenvolvidas para avaliar o mesmo tema em outros segmentos de consumo como o residencial, comercial, automotivo e geração elétrica.

como parte do contexto explicativo para as características das transações nos mercados finais<sup>18</sup>.

Cabe ressaltar que uma avaliação mais detalhada dos contratos de gás natural permite a identificação de condições acessórias que influenciam na flexibilidade efetiva do *take-or-pay* a que um consumidor industrial está sujeito e que será avaliada nas amostras de contratos coletadas. As cláusulas contratuais relevantes para a flexibilidade contratual, e que foram consideradas nesta pesquisa são:

- Cláusula de *take-or-pay*: Percentual mínimo da quantidade contratada e garantida pelo fornecedor, que o consumidor deve pagar dentro de um período de apuração especificado, mesmo que não tenha realizado o efetivo consumo destas quantidades em tal período.
- Período de contabilização do *take-or-pay*: A diferença entre a quantidade mínima a ser paga, em comparação com as quantidades de gás natural efetivamente utilizadas, pode ser contabilizada com base nas médias de consumos mensais, trimestrais ou anuais. Quanto maior o período de apuração desta média, maior a possibilidade de ajuste das flutuações das demandas sazonais do consumidor, reduzindo a expectativa de compromisso efetivo *take-or-pay*.
- Condições de *Make-up-Gas*: Tratam-se das condições segundo as quais o consumidor pode recuperar as quantidades pagas e não utilizadas de gás natural, através de consumos maiores no futuro. Quando esta recuperação é permitida, ela pode variar no prazo concedido após a ocorrência do pagamento, para que o crédito permaneça vigorando e possa ser aproveitado pelo consumidor<sup>19</sup>.
- Período de Manutenção Programada: Prazo concedido pelo fornecedor ao consumidor, durante cada ano contratual, para diminuir ou suspender a sua demanda de gás, de forma a permitir a manutenção dos equipamentos de consumo. Neste período não

---

<sup>18</sup> Todavia, ao verificar-se a ocorrência de renegociações já em curso entre produtores de gás na Bolívia e comercializadores responsáveis pela importação do gás para o mercado brasileiro, sugere-se que futuros estudos de caso, envolvendo o desenvolvimento de modelos sobre o valor da flexibilidade contratual, poderiam trazer importantes contribuições teóricas e práticas para o negócio.

<sup>19</sup> Exemplificando, com relação ao gás boliviano, devido à grande inércia para o desenvolvimento dos mercados de gás nas regiões Sul e Sudeste do país, a Petrobras, na figura de comercializadora e importadora de gás da Bolívia, comercializou quantidades inferiores ao *take-or-pay* negociado com o exportador boliviano, a YPFB. Porém, estes desembolsos não são registrados como perdas, mas acumulam-se como créditos de *make-up* que podem ser recuperados dentro de um prazo estipulado nos contratos. Condições semelhantes são repassadas para os agentes a jusante na cadeia de fornecimento.

incide a obrigação de pagamento por quantidade contratada mínima, atenuando o compromisso efetivo de *take-or-pay*.

- **Período de Testes:** Período concedido pelo fornecedor ao consumidor, no início do prazo contratual, para a realização de testes nos equipamentos de consumo de gás natural, ou mesmo para verificar a viabilidade do produto para a sua produção. Neste período não incide a obrigação de pagamento por quantidade contratada mínima, atenuando o compromisso efetivo de *take-or-pay*.
- **Condições de Excesso de Demanda (Sobre-Demanda ou *Swing*):** Percentual de demanda acima da quantidade contratada que é garantida ao consumidor do gás natural para variações normais. Devido ao fato de que esta provisão aumenta a quantidade efetivamente garantida ao consumidor, sem aumentar o pagamento pela quantidade contratada mínima, a ampliação deste percentual tende a provocar uma atenuação no compromisso efetivo de *take-or-pay*.

A Figura 3 espelha a contextualização desta pesquisa na cadeia de fornecimento de gás natural e resume as principais condições contratuais consideradas (em vermelho e itálico).



Figura 3 Características dos Contratos de Fornecimento de Gás Industrial

### 1.4.3 Justificativa da Escolha

A potencial contribuição, para a teoria e a prática dos negócios na cadeia de fornecimento de gás natural, foi a principal razão que estimulou o desenvolvimento deste tema de Dissertação de Mestrado. Contudo, vale ressaltar alguns pontos adicionais que justificam a delimitação da fronteira de análise escolhida:

- Espera-se que cerca de 40% a 50% do consumo de gás natural seja voltado para o atendimento dos segmentos industriais. TURDERA (2002) apresenta uma projeção de 43% para a representação deste segmento no consumo total de gás natural em 2010. Já ALMEIDA (2000) estimou em 50% tal participação. ALVEAL (2000) apresenta uma estimativa um pouco menor, de 30%, para o ano de 2005.
- Embora em termos de volume movimentado o segmento de geração elétrica possa vir a ser mais significativo no futuro, para a distribuidora de gás natural é o segmento industrial que confere a maior parte de sua margem de lucro operacional<sup>20</sup>.
- Trata-se de um segmento consumidor que apresenta ampla variação de escala de consumo. Este fato permite uma maior variabilidade da principal variável explicativa que se pretende trabalhar, isto é, os volumes demandados e contratados pelo consumidor, o que é adequado para procedimentos de inferência estatística e teste de hipóteses.
- Em termos de viabilidade para o desenvolvimento do projeto, existiu a possibilidade de se conseguir uma base de dados contratuais expressiva.
- Contrariamente ao caso do fornecimento para a geração elétrica, já existe um histórico no fornecimento de gás para consumo industrial, sendo possível prever que exista um maior universo de variáveis e práticas comerciais já disponíveis.
- A questão contratual tem grande influência para o desenvolvimento do consumo de gás natural industrial (SANTOS, 2002; ALVEAL, 2000). Com relação à condição contratual específica de *take-or-pay*, a escolha deve-se ao fato de que este é um dos principais pontos de dificuldade para a competitividade do gás frente a outros energéticos, porém é o principal compromisso que a distribuidora assume com seus próprios fornecedores do produto (ALMEIDA, 2000).
- Além disso, é comum que a quantidade seja a principal dimensão de flexibilidade em contratos de gás natural (KULATILAKA & MARKS, 1988).

---

<sup>20</sup> De fato, na venda de gás para uso termelétrico, a distribuidora aufer, em geral, uma margem bastante reduzida, algo como 0,018 R\$/m<sup>3</sup> em Setembro de 2002. Nas vendas para a indústria essas margens variam substancialmente, dependendo dos volumes vendidos e dos investimentos realizados por cada distribuidora. A média da margem industrial, em Setembro de 2002, para as distribuidoras incluídas nesta pesquisa e baseado nas tabelas reguladas de suas áreas de concessões, variou de 0,08 R\$/m<sup>3</sup> até 0,16 R\$/m<sup>3</sup>.

- Enfim, dentro de uma visão mais idealista do problema, pouca atividade acadêmica tem sido dedicada às particularidades contratuais do uso do gás natural. Espera-se que esta pesquisa contribua para atenuar esta lacuna.

#### **1.4.4 Formulação do Problema**

Dentro do contexto exposto no item anterior, as perguntas-chave que esta Dissertação de Mestrado pretende responder são:

1. Como as características das transações para fornecimento de gás natural, pela distribuidora para o consumidor industrial, influenciam no valor da flexibilidade contratual quanto às condições de pagamento por quantidades mínimas ou *take-or-pay*?
2. Como o mercado consumidor pode ser estimulado, a partir de políticas comerciais e de regulação adequadas, quanto à flexibilidade destes contratos?

Com esta finalidade são estabelecidas as seguintes proposições, as quais estão baseadas nas Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais:

1. Espera-se que o valor da flexibilidade contratual esteja relacionado com a especificidade dos compromissos assumidos ao longo da cadeia de fornecimento e, portanto, com as alternativas de comercialização de gás disponíveis para o fornecedor fora da transação a que o contrato se refere.
2. Espera-se que o valor da flexibilidade contratual esteja relacionado com os determinantes de valor do prêmio de opção que o consumidor deve pagar para obter o direito de utilizar uma capacidade instalada garantida de gás natural ao longo do prazo contratual.

No Capítulo 2 será revisada a base teórica destas proposições, cujo teste de validade, será realizado com a definição de hipóteses e variáveis operacionais no Capítulo 3. No Capítulo 4 serão apresentados os resultados obtidos para este teste com base em uma amostragem de mais de 396 transações comerciais para fornecimento de gás natural em 6 distribuidoras. O Capítulo 5 conclui respondendo aos questionamentos propostos nesta Dissertação de Mestrado e fazendo recomendações para futuras pesquisas.

## CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA BASE TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo faz uma revisão da base teórica das proposições enunciadas no Capítulo 1, com relação ao valor da flexibilidade estabelecida no *take-or-pay* dos contratos de longo prazo para fornecimento de gás natural.

A Teoria dos Custos de Transação fornece conceitos para analisar o valor da flexibilidade sob o ponto de vista do fornecedor, o qual estaria sujeito ao risco de diminuição do valor dos investimentos realizados, como fruto do maior poder de barganha do consumidor. De acordo com esta teoria, quando a transação envolve investimentos específicos, as rendas advindas após sua realização podem ficar sujeitas à redistribuição devido ao processo de barganha entre as partes envolvidas (KLEIN, CRAWFORD & ALCHIAN, 1978; WILLIAMSON, 1975, 1979).

Vale ressaltar que este risco de perda de valor dos investimentos por parte do fornecedor não surge, necessariamente, como resultado de um comportamento oportunista deliberado do consumidor industrial, mas como um efeito do fato de que este último resguarda para si a capacidade de arbitrar entre diferentes energéticos (IEA, 2002; ALMEIDA, 2000), caso seu poder de barganha resulte em condições contratuais que permitam esta arbitragem.

O poder de barganha do consumidor industrial, por sua vez, estará relacionado com o valor que ele atribui a um contrato garantindo uma capacidade flexível de consumo de gás natural, diante das incertezas que afetam sua demanda pelo energético. Entre estas destacam-se: (i) as incertezas sobre o diferencial de preços entre os energéticos substitutos, e (ii) as incertezas macroeconômicas que afetam a demanda de seu próprio produto.

A Teoria das Opções Reais, valendo-se do instrumental analítico das Opções Financeiras, fornece o conceitual teórico para a avaliação do valor da flexibilidade em ativos reais, isto é, ativos cujos direitos e obrigações não são apenas de ordem financeira, mas envolvem também um caráter físico, como no caso do direito de aquisição de volumes de gás. COPELAND & ANTIKAROV (2002, p.6) definem Opções Reais como “...o direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (por exemplo, diferir, expandir, contrair ou abandonar [um ativo real]) a um custo predeterminado (...)”.

Vale ressaltar que ambas as teorias aqui abordadas possuem seus conceitos centrais envolvendo transações e investimentos baseados em ativos específicos, e sob condições de incerteza, conforme será visto a seguir.

## **2.2 VALOR DA FLEXIBILIDADE E A TEORIA DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO**

De acordo com WILLIAMSON (1989), a Teoria Econômica dos Custos de Transação adota uma abordagem contratual para o estudo das organizações econômicas. Ela evoluiu como um paradigma alternativo para a explicação das diferentes formas de organização, ou governança das transações. A base de sua abordagem envolve, principalmente, a comparação dos custos de transação das diferentes organizações e instituições, em contraposição às questões relacionadas a custos de produção. As formas de governança envolvem desde trocas discretas, via mercado, passando por trocas via contratos bilaterais, até o extremo de trocas internalizadas em hierarquias, resultantes da integração vertical dos mercados intermediários.

O estudo das governanças está relacionado à identificação, explicação e mitigação das formas de riscos contratuais (WILLIAMSON, 1996). Em particular, a governança das transações via contratos de longo prazo<sup>21</sup> é adequada, quando estiverem envolvidos investimentos específicos e incertezas em relação ao comportamento dos mercados, desde que seja criada “...alguma forma para declarar as dimensões admissíveis para ajustes tal que sejam providas flexibilidades, em termos que ambas as partes tenham confiança” (WILLIAMSON, 1979 e 1985). Isto é, termos nos quais o dispositivo contratual de flexibilidade não possa ser utilizado de forma oportunista.

Provisões contratuais de flexibilidade são necessárias para a mitigação de custos de mal-adaptação devido a circunstâncias não antecipadas no momento da contratação, através de decisões sequenciais ao longo do prazo contratual, conforme as incertezas se resolvam. Contudo, estas provisões tornam possível a ocorrência de oportunismo pela parte contratante detentora da flexibilidade, especialmente se as transações são complexas, envolvendo ativos específicos investidos pela contraparte.

---

<sup>21</sup> Tendo em vista que o foco desta Dissertação é a relação contratual no mercado final de fornecimento de gás natural, questões relativas a governança das transações via integração vertical versus contratos de longo prazo, que se aplicam à organização dos mercados intermediários da cadeia de fornecimento, não serão tratadas neste trabalho. A literatura aqui descrita aborda este assunto em profundidade (WILLIAMSON, 1975, 1979, 1985, 1989; PERRY, 1989). Particularmente, TORRES DOS SANTOS (2001) oferece uma discussão deste tema aplicada à Indústria de Gás Natural brasileira.

WILLIAMSON (1979, 1985 e 1989) argumenta que as principais dimensões com respeito às quais as transações diferem em complexidade são: (i) a especificidade dos ativos envolvidos e, (ii) a incerteza.

Contratos de longo prazo são complexos devido à associação entre a incerteza, inerente à transação, e a premissa de racionalidade limitada do comportamento humano<sup>22</sup>, o que os torna incompletos, no sentido de que seria impossível a especificação de todas as futuras contingências associadas ao fornecimento de um produto. Conseqüentemente, quanto maior a incerteza, maior o valor da adaptação através de tomadas de decisão seqüenciais.

Já a condição de especificidade dos ativos afeta a complexidade das transações, por limitar as alternativas para um ou ambos os agentes envolvidos<sup>23</sup>. Esta limitação leva à ocorrência de potencial oportunismo e barganha, onde uma parte buscaria a redistribuição das rendas da transação sempre que fosse solicitada uma adaptação contratual. “Embora ambas as partes tenham um interesse de longo prazo em efetuar adaptações contratuais que resultem na maximização conjunta dos lucros, cada um também tem interesse em apropriar-se do maior ganho que puder em cada ocasião que for necessária adaptação” (WILLIAMSON, 1979, p. 242). Quanto mais específicos forem os ativos investidos por uma das partes na transação, menores serão as alternativas disponíveis e maior será sua exposição ao jogo de barganha.

Desta forma, se não houvesse incerteza na transação, os contratos de longo prazo poderiam ser totalmente especificados em termos de futuro desempenho das partes, e não ocorreriam perdas por má adaptação, não importando o nível de especificidade dos ativos. Por outro lado, se os ativos fossem genéricos (não específicos), eles poderiam ser reempregados para qualquer outro propósito sem perda de valor, independentemente do nível de incerteza que afetasse a transação. Portanto, não haveria risco de exposição ao poder de barganha da contraparte.

Como contratos para o fornecimento de gás natural de consumo industrial, apresentam todas as características de uma transação complexa, isto é, envolvem ativos específicos em um ambiente de elevada incerteza de mercado, pode-se esperar que o valor da flexibilidade do fornecedor, o qual realiza os investimentos específicos antes da execução contratual, esteja relacionado com o poder de barganha do consumidor.

---

<sup>22</sup> Racionalidade Limitada é uma premissa cognitiva da Economia dos Custos de Transação segundo a qual os agentes econômicos são “*intendedly rational, but only limetedly so*” - SIMON, HERBERT A. (1961, p.xxiv) *Administrative Behavior*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Macmillan. Original Publication: 1947, apud WILLIAMSON, OLIVER E. (1989).

<sup>23</sup> Williamson chama esta característica da transação de “*small number conditions*”.

As duas características que afetam este poder de barganha, o fato de que os contratos são incompletos devido às incertezas inerentes a uma transação de longo prazo, e o grau de especificidade dos ativos, serão detalhadas nas próximas seções.

### 2.2.1 Contratos Incompletos e Custos de Transação

Segundo MASTEN (1998), um contrato pode ser definido, em sua forma mais básica, como um acordo legalmente formalizado, cuja essência é o compromisso para a troca de um ativo pelo recebimento, no tempo, de um valor acertado entre as partes. O autor menciona três grandes motivos associados à existência da contratação:

- i. Efetuar transações visando a transferência de risco do agente de maior aversão para aquele de menor aversão ao risco; CHEUNG<sup>24</sup> e STIGLITZ<sup>25</sup> apud MASTEN (1998);
- ii. Efetuar o alinhamento de incentivos, estabelecendo a expectativa de ganhos das partes envolvidas e promovendo a maximização conjunta dos benefícios da transação; HART & HOLMSTROM (1987);
- iii. Reduzir os custos de transação, minimizando os custos de barganha posterior à contratação, e a possibilidade de uma das partes expropriar valor daquela que realizou investimentos específicos, o que é chamado de *hold-up*; WILLIAMSON (1979); KLEIN, CRAWFORD & ALCHIAN (1978).

Para MASTEN (1998), contratos contingentes completos especificariam todas as características físicas de uma transação, como data, localização, preço e quantidades, para cada estado da natureza futuro. Segundo o autor, este termo se refere à teoria econômica formal de contratação associada ao trabalho de Arrow – Debreu (ver, por exemplo, HART & HOLMSTROM, 1987)<sup>26</sup>. Em um contrato completo, a princípio, não haveria necessidade de verificação ou determinação adicional dos direitos e obrigações das partes ao longo de seu curso de execução.

Contudo, sob condições de incerteza, o custo da especificação das possíveis contingências futuras em um contrato completo (e complexo) seria proibitivo. Nestas circunstâncias,

<sup>24</sup> Cheung, Steven N. S. (1969). Transaction Costs, Risk Aversion, and the Choice of Contractual Arrangements. *Journal of Law and Economics*, April 1969, V. 12, p. 23-42 apud MASTEN (1998).

<sup>25</sup> STIGLITZ, JOSEPH E. (1974). Incentives and Risk Sharing in Sharecropping. *Review of Economic Studies*, V. 41, p. 219-256 apud MASTEN (1998).

<sup>26</sup> Uma situação de contratação completa ocorre quando uma das partes contratantes está protegida com relação ao risco, e a outra parte assume os direitos residuais, ou seja, o lucro ou prejuízo que pode ocorrer no futuro como resultado da transação. Esta situação pode descrever aproximadamente alguns contratos de transporte

também seriam elevados os custos de policiamento e de solução de disputas com obrigatoriedade por força de Lei em cortes jurídicas, quando da detecção de violações.

Para MASTEN (1998), contratos cujo desempenho de seus termos contratuais deixam ganhos potenciais da transação irrealizados, face às informações disponíveis para os agentes e para as cortes de justiça no momento em que o desempenho ocorre, são denominados de contratos incompletos.

Portanto, pode-se intuir que de alguma forma os contratos de longo prazo serão sempre incompletos. Sua utilização para governar uma transação como a de fornecimento de gás natural (dependendo do elo da cadeia o prazo de fornecimento vai de 5 a 20 anos) requer cláusulas flexíveis, que promovam adaptação por permitir tomadas de decisão sequenciais.

Os contratos de longo prazo podem ser mais ou menos flexíveis sobre várias dimensões como preços e reajustes, quantidades contratadas, questões operacionais e penalidades. Estas flexibilidades permitem ganhos ou evitam perdas ao longo do prazo contratual. Uma cláusula de adaptação eficiente deveria acomodar dois objetivos conflitantes: (i) eliminar a liberdade para que os agentes se comportem de forma oportunista, e (ii) manter o máximo grau de flexibilidade para que eles respondam às contingências que surgem no curso da transação.

Várias hipóteses foram aventadas para explicar a existência de contratos de longo prazo para fornecimento de gás natural envolvendo cláusulas *take-or-pay*. MASTEN & CROCKER (1985) mostram evidências de que, pelo menos no caso da contratação entre produtores de gás natural nos Estados Unidos e agentes comercializadores, ou seja, no primeiro mercado intermediário da cadeia de fornecimento apresentada na Figura 2, o objetivo preponderante seria a promoção de um dispositivo eficiente de redução dos custos de transação<sup>27</sup>.

Segundo os autores, em função das características da transação, haveria um *take-or-pay* ótimo que tornaria o contrato menos incompleto, pelo menos com relação aos aspectos que se referem à incerteza quanto a demanda de mercado. Este ponto será retomado mais adiante ao se tratar dos modelos de valor da flexibilidade em contratos de longo prazo.

---

de gás natural no sentido que todas as características de preços, quantidades e entrega são especificados desde o início.

<sup>27</sup> Isto não quer dizer que os demais objetivos, como a partilha de risco e o alinhamento da expectativa de retorno, não sejam também importantes na explicação da existência desta cláusula. No caso de contratos para transporte de gás, por exemplo, a parte contratante proporciona um fluxo de caixa mínimo e constante para a transportadora através do *ship-or-pay*, garantindo, em última instância, o financiamento dos investimentos realizados. Neste caso, o contratante assume os riscos de mercado e o valor residual da transação, enquanto que a transportadora recebe uma remuneração fixa e assume apenas os riscos de construção. Nesta mesma linha, McARTHUR (1997) sugere que o *take-or-pay* entre produtores e agentes comercializadores, visaria a distribuição do risco dos investimentos de produção, atribuindo o risco de mercado para estes últimos.

### 2.2.2 Ativos Específicos e Custos de Transação

Foi visto que ativos específicos referem-se a investimentos que são pelo menos parcialmente irreversíveis, isto é, não podem ser utilizados para outra finalidade, sem a perda de uma parte considerável de seu valor na aplicação original.

Uma vez que investimentos específicos tenham sido realizados, o agente investidor, ao vender o produto ou serviço resultante da transação baseada nestes ativos, pode ter seu poder de barganha enfraquecido em relação à outra parte contratante. Desta forma, estes investidores correm o risco de perder a diferença entre, o valor do ativo na aplicação para a qual ele foi originalmente destinado, e o seu valor em uma aplicação alternativa, o que foi denominado *quasi-rent* por KLEIN, CRAWFORD & ALCHIAN (1978)<sup>28</sup>.

O grau em que um investimento não pode ser remobilizado para outras utilizações alternativas é que caracteriza sua especificidade para uma única transação. Neste contexto, a expressão “utilizações alternativas” pode ser interpretada de várias formas: (i) como a possibilidade de estoque do produto gerado com os investimentos realizados, para futura comercialização; (ii) como a existência de consumidores alternativos para este produto; ou (iii) como a remobilização dos ativos para outro local, outra indústria ou outro produto.

MULHERIN (1986), por exemplo, associa o *take-or-pay* de contratos para fornecimento de gás natural como uma forma dos comercializadores estocarem gás no próprio campo produtor. Naturalmente, o autor considera a existência de uma cláusula de *make-up-gas* (ver Seção 1.4.2) que permita a recuperação das quantidades pagas e não utilizadas, o que não é uma regra nos contratos de fornecimento ao consumidor final.

Relacionado a esta questão, TORRES DOS SANTOS (2001, p. 25), ao mencionar os argumentos de RICHARDSON (1972)<sup>29</sup> sugere que “cadeias industriais mais desenvolvidas (maduras ou adensadas) possibilitam estruturas de coordenação mais autônomas”, isto é, a especificidade dos investimentos diminui pela existência de um maior número de agentes para se transacionar. Esta proposição auxiliará na elaboração das hipóteses desta pesquisa.

---

<sup>28</sup> Interessante observar que o valor do *quasi-rent* inclui tanto a renda econômica que o agente investidor esperava ganhar originalmente com a utilização do ativo, como a porção do custo do ativo específico que seja irre recuperável pelo seu uso alternativo mais próximo. Normalmente apenas a porção referente ao custo poderá ser recuperada por disputas judiciais (CROCKER & MASTEN, 1991). Este fato limita o potencial destas instituições em serem *proxies* para prover flexibilidade de ajuste adequada na governança de transações via contratos de longo prazo.

<sup>29</sup> RICHARDSON, G. B. (1972). The Organization of Industry. *Economic Journal*, v.82, n.3 apud TORRES DOS SANTOS (2001).

Embora seja comum pensar-se que investimentos específicos se apliquem apenas a plantas industriais físicas ou custos contábeis classificados como fixos, conforme observado por WILLIAMSON (1983), esta não é uma distinção crítica. Outros investimentos, como capital humano altamente qualificado, podem ser específicos, enquanto que muitos custos contábeis reportados como fixos podem ser, de fato, não específicos, podendo ser recuperados pelo seu reemprego em outras alternativas.

No caso da Indústria de Gás Natural, poder-se-ia sugerir que contratos envolvendo compromissos fixos de quantidades contratadas, com elevadas perdas por sua terminação antecipada (cláusulas de *take-or-pay* associadas a cláusulas de penalidades e perdas), são um exemplo de ativo específico não físico. Esta é uma premissa básica desta pesquisa para o teste da influência da Teoria dos Custos de Transações.

Os compromissos assumidos pelas distribuidoras de gás natural, nos contratos de compra do gás a montante da cadeia de fornecimento (Figura 1), poderiam ser considerados como um investimento específico para dar suporte às transações para consumo industrial. A distribuidora estaria sujeita à perda de valor pelo poder de barganha do consumidor, na medida em que não consiga repassar os custos destes investimentos, os quais estariam internalizados na cláusula *take-or-pay*. O compromisso de *take-or-pay* funciona, neste contexto, como uma garantia de retorno para todos os ativos físicos específicos, investidos pelos agentes ao longo da cadeia de fornecimento. O Anexo A apresenta uma analogia contábil para explicar o processo como esta garantia se propaga até o consumidor final.

Na classificação proposta por WILLIAMSON (1989), poderíamos considerar este tipo de ativo específico como um ativo “dedicado”, no sentido de que ele não seria assumido pela distribuidora de gás, se não fosse pela perspectiva de comercializar as quantidades contratadas com os consumidores finais<sup>30</sup>.

Já os ativos físicos como poços de produção e gasodutos de transporte e distribuição, poderiam ser classificados como ativos específicos de “localização”, pois, muito embora as instalações do fornecedor e comprador possam não se encontrar fisicamente no mesmo local, elas devem estar conectadas entre si. Finalmente, o próprio consumidor final do produto tem que realizar investimentos na conversão de equipamentos para o consumo de gás em lugar dos

---

<sup>30</sup> No caso do fornecimento de gás natural, a ocorrência de elevadas economias de escala (na produção, transporte e distribuição) e a necessidade de obtenção de fontes garantidas de suprimento, tornam necessária a contratação de quantidades discretamente elevadas do produto, mesmo antes do mercado consumidor ter sido desenvolvido.

energéticos substitutos. Neste caso o ativo pode ser classificado ativo específico do tipo “físico”.

Conforme observado por MILGROM & ROBERTS (1992), o problema da desapropriação dos *quasi-rents* não refletiria, em si próprio, uma perda no valor total da transação (perda de eficiência social) caso os custos de barganha sejam baixos. Pelo Teorema de Coase<sup>31</sup>, as partes negociariam e, mesmo na presença de oportunismo, encontrariam uma solução que maximizaria o valor da transação. O resultado seria que um dos agentes teria uma parcela do seu valor original na transação transferido para a outra parte.

Contudo, em geral os custos de barganha não são baixos, provocando ineficiências relacionadas à desapropriação dos *quasi-rents*. Em primeiro lugar, a possibilidade de sua ocorrência reduz o incentivo para que sejam realizados investimentos em ativos específicos (MILGROM & ROBERTS, 1992). No caso do gás natural, essa ineficiência se refletiria na menor penetração do produto no mercado mesmo onde o gás poderia ser competitivo, por falta de infra-estrutura.

Em segundo lugar, mesmo que estes investimentos fossem realizados, custos para aquisição de proteção contra o maior poder de barganha após a sua realização, poderiam ser incorridos antecipadamente (por exemplo, na duplicação de instalações para criar alternativas de emprego para os ativos específicos ou na aquisição de seguros<sup>32</sup>), gerando impactos para a competitividade do produto. Em terceiro lugar, custos com a solução de conflitos podem levar à diminuição do valor da transação para ambas as partes.

A definição de cláusulas contratuais de longo prazo, que governem a transação e impeçam a ocorrência do oportunismo, buscam a redução destes custos de transação. Quanto mais preciso o contrato, mais seguro ele se torna, mas, ao mesmo tempo, ele se torna também menos flexível. Esta rigidez provoca o aumento da probabilidade de ocorrência de outros

---

<sup>31</sup> O Teorema de Coase refere-se à idéia introduzida por este autor no clássico artigo “*The Problem of Social Cost*” (1960) ao abordar o problema das externalidades na economia. O resultado apresentado por Coase pode ser estabelecido como: “Se não existem custos de transação, isto é, se um acordo que é benéfico para as partes envolvidas em uma transação pode ser feito, então, qualquer definição inicial dos direitos de propriedade entre estas partes levaria a um resultado eficiente para a alocação de recursos”. O exemplo típico da literatura é o de um poluidor que poderia sempre ser “comprado” pelas partes afetadas pela poluição, para reduzir as emissões, desde que o valor pago fosse menor do que o custo de instalação dos equipamentos de controle de tais emissões.

<sup>32</sup> Uma planta de geração de eletricidade poderia instalar equipamentos para a utilização de dois tipos de combustíveis de forma a se tornar menos dependente de um único fornecedor. Ou ainda, um consumidor de gás, que precisa de uma pressão de fornecimento não garantida, pode ter que instalar compressores de suporte. Em ambos os casos, recursos sub-utilizados seriam empregados para dar suporte à transação.

custos, devido a um excessivo distanciamento da realidade da transação em relação às alternativas de mercado existentes para o produtor ou consumidor.

Para que sejam estabelecidas transações comerciais eficientes e duradouras através de contratos de longo prazo, negociados antes da realização de investimentos específicos, torna-se necessária uma solução de compromisso entre a necessidade de rigidez e de flexibilidade contratual.

Contudo, uma vez que a distribuidora de gás natural realiza os investimentos específicos na contratação de capacidade de fornecimento de gás, antes da negociação com os consumidores, seria de se esperar que quanto maior fosse o volume contratado por um específico consumidor, maior seria seu poder de barganha. A consequência poderia ser uma maior flexibilização contratual nas cláusulas *take-or-pay*. Esta hipótese será estabelecida formalmente para esta pesquisa no Capítulo 3.

## **2.3 O VALOR DA FLEXIBILIDADE E A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**

### **2.3.1 Conceitos Básicos de Valor em Opções Financeiras**

Antes de abordar a Teoria das Opções Reais é interessante a realização de uma breve revisão do conceito básico de opções financeiras e seus determinantes de valor. A compreensão das opções financeiras foi extensivamente desenvolvida na literatura de finanças econômicas (por exemplo: BLACK & SCHOLES, 1973; MERTON, 1973; COX, ROSS & RUBINSTEIN, 1979 e HULL, 1999).

Opções financeiras são contratos que dão o direito de compra ou venda sobre um ativo subjacente ao contrato, ao final de um prazo estabelecido para o exercício deste direito, e por um preço acordado no ato da contratação. Por estabelecer um direito unilateral para o titular do contrato, este deve pagar um prêmio ao emissor da opção.

O valor de uma opção, na maturidade do prazo estabelecido para seu exercício, dependerá do tipo de direito que ela confere sobre o ativo subjacente ao contrato. Opções que conferem o direito de compra do ativo subjacente são conhecidas como CALL e quando o direito é de venda do ativo (e conseqüente compra deste pelo emissor da opção), ela é conhecida como PUT. Se chamarmos de  $V$ , o valor do ativo subjacente ao contrato em um mercado

alternativo, e de  $K$ , o preço acordado para ser pago no caso do exercício do direito ao qual a opção se refere, ao final do prazo de exercício,  $t$ , o valor destas opções será:

- Máximo entre 0 e,  $V(t) - K$ , no caso da opção de compra CALL, uma vez que o direito de compra somente será exercido se o valor do ativo subjacente, em um mercado financeiro alternativo, for maior que preço do exercício a ser pago para adquiri-lo do emissor da opção, e,
- Máximo entre 0 e,  $K - V(t)$ , no caso da opção de venda PUT, uma vez que o direito somente será exercido se o valor obtido com o preço da venda do ativo, para o emissor da opção, for maior que seu valor em um mercado alternativo (no caso o mercado financeiro).

Estas opções também são classificadas conforme as regras para o exercício do direito ao longo do contrato. Uma opção do tipo européia admite o exercício do direito apenas ao final do prazo contratual. A opção do tipo americana, por outro lado, admite o exercício ao longo de todo este prazo. A discussão a seguir irá se concentrar sobre as opções CALL do tipo européia porque o valor de um contrato de fornecimento de gás natural industrial, com *take-or-pay* inferior a 100%, poderia ser modelado como uma somatória de contratos deste tipo (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002; THOMPSON, 1995).

A fórmula analítica mais conhecida e utilizada para o cálculo do valor de opções financeiras européias CALL foi desenvolvida por BLACK & SCHOLES (1973):

$$c = V * N(d_1) - K * e^{-rt} * N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{K}\right) + \left[r + \frac{\sigma^2}{2}\right] * t}{\sigma\sqrt{t}} \quad d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{K}\right) + \left[r - \frac{\sigma^2}{2}\right] * t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Onde:

- $c$  - Valor da opção de compra
- $N(d)$  - função densidade de probabilidade cumulativa normal do valor do ativo subjacente;
- $V$  - Preço atual do ativo subjacente ao contrato de opção;
- $K$  - Preço de exercício, no tempo  $t$ , para adquirir o ativo subjacente;
- $t$  - Tempo de exercício da opção (prazo remanescente do contrato);
- $\sigma^2$  - Volatilidade ou variância, por período de tempo, da taxa de retorno do ativo subjacente. Reflete a incerteza sobre o valor deste ativo no futuro;
- $r$  - Taxa de retorno livre de risco.

Esta fórmula contempla os principais parâmetros que influenciam o valor de uma opção de compra européia, e permite a análise de um caso limite, o qual será utilizado para o teste de hipóteses e interpretação dos dados empíricos obtidos no Capítulo 4 desta dissertação. HULL (1999) mostra que, conforme se amplia a diferença entre o valor atual do ativo subjacente ao contrato de opção ( $V$ ), e o preço de exercício deste direito ( $K$ ), ocorre uma situação limite em que o valor da opção calculado pela fórmula de Black-Scholes (BS) não seria mais afetado pela incerteza sobre este ativo ( $\sigma$ ), ou seja, o exercício da opção seria quase sempre garantido.

Conforme  $(V-K)$  aumenta muito, os valores de  $d_1$  e  $d_2$  tendem a ficar muito grandes de forma que  $N(d_1)$  e  $N(d_2)$  se aproximam da unidade, e o valor do contrato de opção fica similar ao valor de um contrato a termo, ou seja, função apenas de parâmetros sem termo aleatório:

$$c = V - K * e^{-rt}$$

SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN (2002) testam conceitualmente a aplicação da fórmula de BS para a avaliação do valor da flexibilidade no *take-or-pay* de contratos para fornecimento de gás natural, em uma situação simplificada, onde a incerteza é sobre o preço relativo entre o gás e o energético alternativo.

Os autores assumem que o ativo subjacente ao contrato seria o energético alternativo, sendo que o consumidor, titular de um contrato de gás e de capacidade bi-combustível, poderia optar pela sua substituição a qualquer tempo, desde que a relação de preços fosse vantajosa. O fornecedor do contrato de capacidade garantida de gás natural cobraria, implicitamente no preço do produto e na condição *take-or-pay*, um prêmio pelo direito de utilização da capacidade contratada e mais um preço de exercício para a aquisição do gás natural.

Os resultados deste modelo serão detalhados na Seção 2.5.3. Contudo, vale antecipar a constatação que conforme diminui o preço de exercício ( $K$ ), para um determinado valor do ativo subjacente ( $V$ ), menor seria a influência da incerteza sobre o preço futuro do energético substituto ( $\sigma$ ), para o valor do *take-or-pay* que o consumidor estaria disposto a aceitar. Este resultado será utilizado nos Capítulos 3 e 4 desta dissertação.

De forma intuitiva, pode-se também observar porque a incerteza deve influenciar positivamente o valor de um contrato flexível do tipo de uma opção. Como o titular da opção se beneficia sempre que a diferença entre o preço do ativo subjacente e o preço de exercício cresce, e, por outro lado, tem sua perda limitada ao valor do prêmio pago pela opção para preços relativos não adequados, quanto maior a chance de variação do preço do ativo subjacente no futuro, maior será a possibilidade da realização de ganhos (HULL, 1999).

Os parâmetros de preço e incerteza são aqueles cuja influência será testada, nesta pesquisa, na explicação do valor da flexibilidade contratual para fornecimento de gás natural industrial. Contudo, a fórmula de BS ressalta que outras variáveis também podem afetar o valor de uma opção de CALL.

O tempo de exercício, ou prazo contratual, teria uma influência positiva sobre o preço da opção porque aumenta a possibilidade de variação do valor do ativo subjacente a esta, implicando em um maior ganho esperado para o titular deste contrato. Já o aumento da taxa de desconto causa uma diminuição do valor presente do preço de exercício, o qual é pago apenas ao final do prazo contratado. Novamente a influência é positiva para o preço da opção.

Modelos de avaliação de opções mais complexos têm sido desenvolvidos na literatura financeira. Contudo, para o escopo desta pesquisa, é suficiente a introdução aqui apresentada sobre as variáveis determinantes de seu valor mais importantes.

### **2.3.2 Opções Reais: Incerteza e Investimentos Irrecuperáveis**

A Teoria das Opções Reais traz uma abordagem para a tomada de decisões sobre investimentos que considera a flexibilidade gerencial para a criação de valor ao longo do tempo. Esta criação de valor se dá através da utilização de novas informações que venham a surgir, e que permitam ações gerenciais de amplificação de retornos ou mitigação de perdas, ao longo da vida de um investimento.

O termo Opções Reais foi cunhado por MYERS (1977) ao observar que muitos ativos reais corporativos poderiam ser vistos como opções de compra financeira, ou opções tipo CALL.

Nesta interpretação, o investimento inicial de uma firma em um negócio de risco, não apenas agrega o valor dos fluxos de caixa esperados resultantes diretamente deste investimento, como também a posiciona melhor para aproveitar outras oportunidades de crescimento futuro. Portanto, a firma extrai valor de opção com a possibilidade de decisão gerencial sobre a aquisição destas oportunidades futuras.

O interesse pelas opções reais cresceu a partir da observação de que a técnica tradicional de avaliação de investimentos corporativos, através dos seus fluxos de caixa descontados a valor presente, não contemplava todo o valor envolvido no negócio<sup>33</sup>. Esta teoria explica, por exemplo, porque alguns investimentos são realizados apesar do fluxo de caixa descontado indicar um valor presente líquido negativo, e, porque outros não são realizados apesar do

---

<sup>33</sup> LUEHRMAN (1998) apresenta um exemplo simplificado sobre a utilização do cálculo do valor de opção para a avaliação de um projeto de investimento em plantas industriais.

valor presente líquido ser positivo. Estas decisões, normalmente consideradas como estratégicas, representam o reconhecimento do valor da criação, e da manutenção de opções gerenciais, respectivamente.

Na abordagem da Teoria das Opções Reais, a decisão de investir em projetos irreversíveis e sob condições de incerteza, requer que o valor presente do fluxo de caixa do investimento supere o custo do investimento inicial, mais um custo de oportunidade adicional, referente ao valor da opção gerencial de adiamento deste investimento para decisão futura (DIXIT & PINDYCK, 1994). O investidor irá exigir a recuperação deste custo de oportunidade através de um prêmio ou garantia contra a incerteza ao qual ele se refere.

A avaliação tradicional de investimentos através do fluxo de caixa descontado considera, implicitamente, que os investimentos ou são reversíveis, ou, no caso de serem irreversíveis eles são inadiáveis, pois não leva em conta o custo de oportunidade mencionado.

Da mesma forma que as opções financeiras, o valor da opção real criado por uma flexibilidade gerencial será tanto maior, quanto maior for a incerteza ou volatilidade do valor do ativo subjacente. O titular do direito de aquisição, ou de alteração do grau de utilização de um ativo, somente está exposto ao lado positivo da incerteza.

Portanto, pela Teoria das Opções Reais, o valor da flexibilidade está relacionado a três características principais dos investimentos (DIXIT & PINDYCK, 1994):

- o conceito da irreversibilidade, segundo o qual o custo do investimento inicial é pelo menos parcialmente irrecuperável;
- a incerteza dos resultados dos investimentos, sobre a qual se pode apenas estabelecer a distribuição de probabilidades das alternativas possíveis de ocorrer;
- a possibilidade de adiamento, ou alteração de uma decisão, na expectativa de reduzir a incerteza diante de novas informações que possam surgir.

SHARP (1991) classificou a existência de dois tipos de opções relacionadas com investimentos em ativos reais: (i) as opções de crescimento identificadas por MYERS (1977), e (ii) as opções de flexibilidade. Nestas últimas, o valor da opção se refere à habilidade de seu detentor de mudar o grau de utilização do ativo conforme o ambiente se altera, referindo-se, portanto, ao uso de ativos provenientes de investimentos já realizados. O autor menciona a

criação de capacidade, em excesso às necessidades imediatas, como um exemplo do desenvolvimento deste tipo de opção<sup>34</sup>.

Tendo em vista que uma opção sempre significa a flexibilidade conferida pela titularidade de um direito, sem uma obrigação correspondente, outros autores classificam as opções reais segundo vários tipos de flexibilidades gerenciais, sejam elas operacionais ou estratégicas. A Tabela 1 resume algumas destas classificações.

**Tabela 1 Algumas classificações para diferentes tipos de flexibilidade ou opções reais**

TRIGEORGIS (1996)	COPELAND & ANTIKAROV (2001)	DIXIT & PINDYCK (1994)	SHARP (1991)
Flexibilidade de Expansão de um ativo	Opção de Expansão	Opções Estratégicas e de Flexibilidade Operacional - Os autores caracterizam algumas opções de forma mais explícita como opções de expansão, adiamento e troca de operação	Opção de Expansão
Flexibilidade de adiamento de um investimento	Opção de Diferimento		
Flexibilidade de Revender ou Contrair capacidade de um ativo	Opção de Contração		
Flexibilidade de abandonar um ativo pelo valor residual	Opção de Abandono		
Flexibilidade de alterar a escala de operação (expandir, contrair ou fechar)			Opção de Flexibilidade Operacional
Flexibilidade de trocar a utilização do ativo (seja trocar entre inputs ou outputs do processo)	Opção de Conversão		

No caso do contrato de fornecimento de gás, o *take-or-pay* inferior a 100% pode ser visto como uma flexibilidade para o consumidor alterar as quantidades consumidas, conforme se altere o ambiente de demanda industrial, ou do preço do gás natural relativo àquele dos energéticos substitutos.

Utilizando-se a taxonomia apresentada na Tabela 1, pode-se dizer que no primeiro caso o consumidor seria titular de uma flexibilidade, ou opção, para alterar a escala da operação de consumo entre o *take-or-pay* e 100% da capacidade contratada garantida. O ativo subjacente à opção real seria o valor de sua demanda por gás natural, e ele teria o direito de consumir até 100% da quantidade contratada, sem uma correspondente obrigação de pagar pelo total desta.

No segundo caso, pode-se dizer que o consumidor seria titular de uma flexibilidade, ou opção, de trocar o gás natural por outro energético substituto. O ativo subjacente principal seria o valor diferencial do preço do gás natural para o preço do combustível substituto, sendo que o comprador poderia permutar os combustíveis até o limite entre o volume contratado e a quantidade referente ao *take-or-pay*.

<sup>34</sup> A criação de opções de flexibilidade pode gerar capacidade ociosa no início da operação dos ativos físicos, como no caso de gasodutos de transporte.

Conforme será visto em seguida, o consumidor em condições de incerteza sobre o mercado tenderia a contratar uma capacidade de fornecimento excessiva.

A contrapartida, que mitiga este incentivo de contratação em excesso, vem do fato de que o fornecedor deve cobrar um prêmio pelo custo de oportunidade, associado com a realização dos investimentos específicos irreversíveis para o fornecimento desta capacidade contratual. No caso da distribuidora de gás natural, estes investimentos incluem, principalmente, os compromissos com contratos de compra de gás a montante da cadeia de fornecimento (ver Figura 1 e Anexo A).

Para o escopo desta pesquisa, a discussão conceitual sobre a Teoria das Opções Reais apresentada é o suficiente. Contudo, o leitor interessado em maior aprofundamento nos conceitos e técnicas de avaliação de valor destas opções pode recorrer a livros de finanças corporativas como BREALEY & MYERS (1997) e COPELAND & ANTIKAROV (2002), para uma abordagem introdutória, ou livros específicos como DIXIT & PINDYCK (1994) e TRIGEORGIS (1996 e 1999) e outros mencionados em DIAS (1999). Uma revisão geral dos exemplos de utilização da Teoria das Opções Reais, apresentados por vários autores, é realizada por DIAS (1998).

A próxima seção analisa com mais detalhe a questão da escolha da capacidade ótima de fornecimento ou contratação, sob a perspectiva da Teoria das Opções Reais.

### **2.3.3 Determinantes de Valor para a Capacidade Contratada**

PINDYCK (1988) desenvolve um modelo para a escolha de capacidade ótima de produção de uma empresa. O autor demonstra que “a escolha da capacidade de uma firma é ótima quando o valor presente do fluxo de caixa esperado a partir de uma unidade marginal de capacidade é igual ao custo total desta unidade. Este custo total inclui os custos de compra e instalação, mais o custo de oportunidade de exercer a opção de compra da unidade. Portanto, a análise da escolha de capacidade envolve dois passos. Primeiro, o valor da unidade extra de capacidade deve ser determinado. Segundo, o valor da opção de investir nesta unidade deve ser determinado (...). Para determinar o valor da unidade marginal de capacidade, nós devemos considerar que, se a demanda cai, a firma pode escolher não utilizar a unidade. De fato, a unidade de capacidade confere à firma um número infinito de opções de produzir, uma para cada futuro tempo  $t$  (...). Estas “opções de operação” valem mais quanto mais volátil for a demanda(...)” (PINDYCK, 1988, p. 970).

Segundo o autor o valor de uma firma seria dado pela identidade:  $W = V(K, \theta) + F(K, \theta)$

Onde:  $V(K, \theta)$  = Valor da capacidade instalada da firma ou o valor do fluxo de lucros esperados que esta capacidade irá auferir, dada a incerteza da demanda  $\theta$ , sendo calculado como a somatória do valor das opções de utilizar parte ou toda a capacidade instalada ao longo do tempo e,

$F(K, \theta)$  = Valor presente de qualquer lucro adicional que possa resultar da instalação de mais capacidade no futuro, menos o valor presente do custo desta nova capacidade, isto é, o valor de uma opção de expansão de capacidade.

Para maximizar o valor da firma, a capacidade deve ser escolhida de tal forma que o valor marginal de uma unidade extra de capital,  $\Delta V(K^*, \theta)$ , seja igual a seu custo total, ou seja, o custo de instalação física “k”, mais o custo de oportunidade  $\Delta F(K^*, \theta)$  de exercer irreversivelmente a opção de investir nesta unidade marginal, ao invés de esperar e manter esta opção de crescimento futuro viva. A variável “k” pode ser entendida também como o preço de exercício da opção de instalar a capacidade. Ou seja:

$$(1) \quad \Delta V(K^*, \theta) = \Delta F(K^*, \theta) + k$$

O autor mostra que, embora o valor da capacidade instalada  $\Delta V(K^*, \theta)$  cresça com a incerteza na demanda, o custo de oportunidade  $\Delta F(K^*, \theta)$  para sua instalação cresce ainda mais rápido, limitando o tamanho da capacidade ótima da firma.

O modelo de PINDYCK foi desenvolvido para analisar o valor total de uma transação ocorrendo internamente à empresa, ou seja, a empresa “fornece” capacidade para ela mesma fabricar algum produto. A incerteza relevante é aquela da demanda pela capacidade instalada para fabricar este produto.

A partir desta observação, pode-se fazer a analogia de que, no caso dos contratos para fornecimento de gás natural, a decisão sobre a quantidade contratada pode ser considerada como uma decisão sobre uma capacidade instalada, a qual envolve dois agentes distintos.

O fornecedor realiza o investimento na capacidade total a ser fornecida para o consumidor (“K”), na expectativa de que a receita contratual esperada por esta capacidade, ao longo do prazo da transação, seja maior do que o custo de oportunidade do exercício da opção de investir  $\Delta F(K, \theta)$  mais o custo de instalação “k\*K”. Se o investimento visa atender a um consumidor específico, o fornecedor deveria repassar tanto o prêmio da opção de instalação

da capacidade, como o custo desta instalação para o consumidor, o que é feito, implicitamente, através do *take-or-pay*.

Já o consumidor percebe a quantidade contratada como refletindo a capacidade “instalada”, visto que exista a garantia contratual de fornecimento. Esta capacidade possui um valor,  $\Delta V(K, \theta)$ , referente à somatória das opções de compra que garantem o direito de demandar, ou não, cada unidade de gás contratada, a cada período contratual. O prêmio da opção de instalação de capacidade, exigido pelo fornecedor e implícito no *take-or-pay*, impediria que o consumidor contratasse uma capacidade excessiva diante da incerteza.

Um resultado importante do modelo de PINDYCK (1988) para a presente pesquisa é que, conforme aumenta a incerteza sobre a demanda do consumidor, se deveria esperar que aumentasse o prêmio que ele aceitaria pagar por uma capacidade contratada de gás natural, pois o valor da flexibilidade envolvendo a utilização desta capacidade aumentaria. Esta hipótese será formalmente estabelecida no Capítulo 3 desta dissertação.

Adicionalmente, este modelo pode conduzir a uma interessante analogia dos resultados da Teoria das Opções Reais, com aqueles obtidos na Teoria dos Custos de Transação, para a análise de investimentos específicos sob incerteza.

Antecipando um modelo que será descrito na Seção 2.5, a partir de MASTEN & CROKER (1985), o valor da capacidade fornecida pode ser entendido como sendo o resultado de duas componentes:

$$(2) \quad Y = \delta + S(\alpha)$$

Onde:  $Y$  – valor cobrado, pelo fornecedor, pelo total das quantidades contratadas em cada período de tempo ( $T$ ) da transação, o qual deve refletir todos os seus custos, inclusive o custo de oportunidade, ou de transação, envolvidos no investimento em ativos específicos;

$S(\alpha)$  - valor da utilização da capacidade instalada, pelo fornecedor, em uma aplicação alternativa fora da transação sobre a qual o contrato foi estabelecido. Este valor é função da incerteza sobre o grau de especificidade dos ativos;

$\delta$  - Valor de uma penalidade, ou prêmio, cobrado pelo fornecedor de forma implícita no contrato com *take-or-pay*. Corresponde à diferença entre o valor contratado ( $Y$ ) e o valor  $S(\alpha)$  que pode ser obtido em uma aplicação alternativa do produto.

Comparando-se as equações (1) e (2), nota-se uma semelhança entre os dois modelos. Tanto  $\delta$ , como  $\Delta F(K, \theta)$ , representam o valor do prêmio pela opção de instalar a capacidade  $K$  pelo fornecedor. Contudo, os valores assumidos pelas variáveis nos dois modelos podem ser muito diferentes. Eles irão depender do preço de exercício ótimo adotado em cada caso.

No caso do modelo envolvendo a transação interna à mesma firma, este preço de exercício é igual ao investimento total de instalação da capacidade de fornecimento, ou “ $k * K$ ”. Já no modelo envolvendo a transação entre dois agentes em um contrato de fornecimento, para evitar a ocorrência de oportunismo e risco de desapropriação dos *quasi-rents*, este preço deverá ser igual ao valor alternativo de utilização desta capacidade pelo fornecedor,  $S(\alpha)$ .

Como na presença de ativos específicos deve ocorrer que  $S(\alpha) < k * K$  pois, caso contrário, o investimento seria reversível e recuperável, quando o investimento em capacidade é realizado para dar suporte a uma transação via contratos deve ocorrer que  $\Rightarrow \delta > \Delta F(K, \theta)$ .

Ou seja, no caso de transações governadas por contratos (e não integrada dentro de uma mesma empresa) e, na presença de ativos específicos, o fornecedor deverá exigir um preço de exercício menor e igual ao do valor alternativo destes ativos, enquanto que a diferença seria cobrada na forma de um prêmio mais que proporcionalmente maior.

Embora não seja escopo desta dissertação, é interessante observar que, como  $\delta > \Delta F(K, \theta)$ , transações governadas por contratos dificultam a realização de investimentos específicos em infra-estrutura, quando comparadas com transações internalizadas em uma mesma empresa. Isto ocorre devido ao aumento no custo de oportunidade do exercício da opção de instalar capacidade.

Em segundo lugar, o valor do *quasi-rent* associado à transação comercial poderia ser estimado como a diferença entre  $S(\alpha)$  e o custo total da capacidade instalada, ou seja,  $\Delta F(K, \theta) + k * K$ , e representaria o valor em risco no negócio do fornecedor. Este ponto associa o valor do *quasi-rent* para o fornecedor com o valor de uma opção de adiamento, sugerindo que as Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais possuem uma complementaridade explicativa para a decisão sobre investimentos específicos.

Ambas as teorias conduziram a prescrições semelhantes no que se refere ao tipo de governança mais adequado para transações associadas a ativos muito específicos. Esta interpretação contesta a hipótese de existência de contradição entre estas teorias conforme apontado por LEE (1998).

Partindo do modelo de MASTEN & CROKER (1985), a Seção 2.5 irá detalhar como o valor do *take-or-pay* considera, implicitamente, o valor do prêmio pela opção de investir, apresentando e re-enfatizando as proposições teóricas desta pesquisa.

## **2.4 FLEXIBILIDADE NOS CONTRATOS DE GÁS NATURAL**

As principais dimensões dos contratos de longo prazo para fornecimento de gás natural industrial, que influem na exposição de ambas as partes quanto ao pagamento do *take-or-pay*, são as provisões sobre o preço e as quantidades contratadas. Enquanto o fornecedor tem interesse em torná-las previsíveis e ajustadas às suas necessidades de fluxo de caixa, evitando comportamentos oportunistas, o consumidor necessita de flexibilidade para adaptação às alterações do seu mercado.

CROCKER & MASTEN (1991) sugerem que as flexibilidades das várias dimensões contratuais podem ser complementares ou substitutas entre si. São descritas a seguir as principais características destas provisões dos contratos, que contribuem para as percepções de risco e de valor da flexibilidade, pelas partes envolvidas.

### **2.4.1 Flexibilidade e Provisões de Preço**

As adaptações sobre a dimensão preço são necessárias, tanto para a manutenção do equilíbrio entre a oferta e demanda de curto prazo, como para a redução do incentivo ao comportamento oportunista (GOLDBERG E ERICKSON, 1987). GOLDBERG E ERICKSON (1987) e CROCKER & MASTEN (1991) mencionam os seguintes mecanismos contratuais de ajuste de preços:

- i. Indexação, entre cujas vantagens estão a fácil implementação, e o fato de estar fora do controle das partes envolvidas, evitando a criação de oportunidades para barganha. A desvantagem está no fato de que o índice escolhido poderá não estar bem correlacionado com o resultado econômico desejado para os agentes envolvidos<sup>35</sup>.
- ii. Renegociação, onde os agentes podem acordar em renegociar o preço em datas fixas ou por solicitação de uma das partes, por exemplo, alegando desequilíbrio financeiro. Embora a renegociação permita a utilização de uma informação mais correta na revisão do contrato, esta alternativa pode resultar no comportamento oportunista devido à reabertura do contrato.

---

<sup>35</sup> Por exemplo, o índice pode não refletir a relação de competitividade do gás natural com os energéticos substitutos do consumidor ou, por outro lado, pode não refletir a variação dos custos do fornecedor.

- iii. Um sistema híbrido, envolvendo a indexação e negociação, poderia utilizar um índice com limitações máxima e mínima. Se o preço indexado cai fora do intervalo determinado, as partes podem continuar a transação no preço limite ou renegociar o acordo.
- iv. Uma outra forma de ajustar o preço às mudanças das condições de mercado, é a prerrogativa para que as partes solicitem ofertas externas e implementem as mesmas condições de preços obtidas nestas ofertas. Uma variação desta modalidade é a cláusula conhecida como *most-favoured-nation*, que amarra os preços do contrato àqueles obtidos em transações similares. Contudo, estas provisões ainda não garantem um perfeito ajuste em algumas situações de modificação nos encargos de custo<sup>36</sup>.

Os quatro tipos de adaptações de preços podem ser encontrados nos contratos que governam as transações nos mercados intermediários da cadeia de fornecimento de gás natural. Contudo, nos contratos para fornecimento de gás para o consumidor industrial, normalmente ocorre apenas a indexação, o que os torna rígidos sob este aspecto. Este ponto é crítico para o entendimento posterior do valor que o consumidor atribui à flexibilidade dentro do conceitual da Teoria das Opções Reais.

Nestes contratos, o preço líquido de impostos é composto por duas parcelas bem definidas:

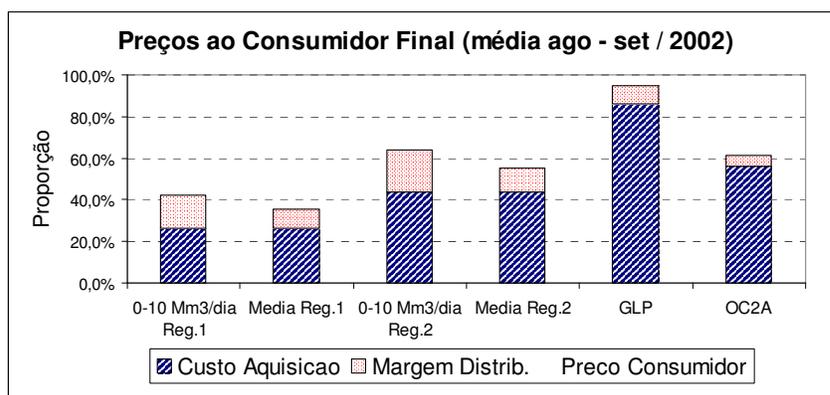
1. A primeira refere-se à margem de distribuição, que visa garantir uma remuneração mínima para os investimentos na rede de distribuição. Esta margem é regulada pelo Contrato de Concessão da distribuidora de gás natural, e é reajustada anualmente por um índice de inflação. Periodicamente ela pode ser revisada com base nos investimentos realizados pela distribuidora, e pelo mercado que se espera obter com estes investimentos. Além disso, esta margem é diferenciada entre os consumidores através de uma “tabela cascata”, sendo menor na medida em que o consumo médio realizado seja maior. Esta diferenciação é função de ganhos de escala na distribuição, pelas razões apontadas na Seção 1.3.1, e também porque grandes clientes facilitam a expansão da malha de distribuição para regiões ainda não desenvolvidas.

---

<sup>36</sup> Um exemplo na indústria de gás natural do Brasil foi a apelação da Transportadora do Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG), ao órgão regulador ANP, sobre a proposta deste agente regulador no sentido de que novos contratos de transporte deveriam seguir custos marginais da oferta do serviço, o que implicaria em tarifas inferiores às dos contratos já existentes. A TBG argumentou que, caso os usuários existentes solicitassem a ativação das provisões de *most-favoured-nations*, a transportadora não recuperaria seus investimentos realizados. Ver histórico do processo de arbitragem entre TBG e Enersil na Nota Técnica da ANP No. 001/01 SCG/PROGE (26/Jan./2001)

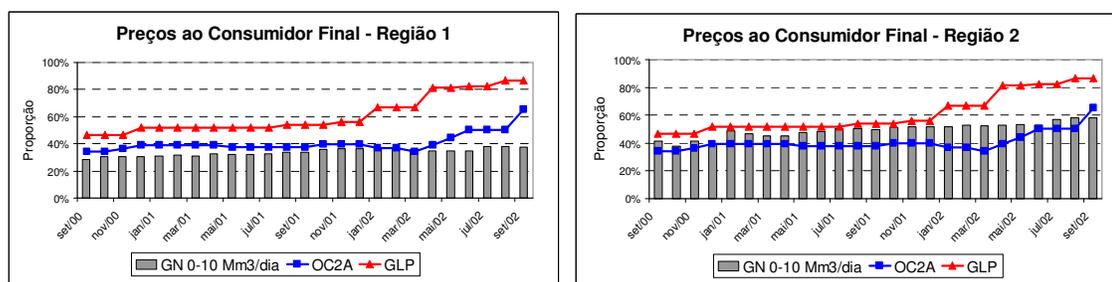
2. A segunda parcela é referente ao repasse do custo de aquisição do gás a ser fornecido pela distribuidora. Este custo varia de acordo com a fonte de suprimento que atende uma determinada região. Ele pode ser indexado, nos contratos de aquisição à montante da cadeia de fornecimento, pela taxa de câmbio, inflação e / ou por uma cesta internacional de óleos combustíveis.

A Figura 4, baseada nas “tabelas cascadas” reguladas das distribuidoras, ilustra as diferenças entre o custo de aquisição médio, a margem de distribuição média e o preço médio final para o consumidor industrial, para as duas regiões contempladas nesta pesquisa. A figura apresenta também a diferenciação da margem da distribuidora para consumidores de tamanhos diferentes e a competitividade frente aos dois energéticos substitutos principais, o óleo combustível e o GLP.



**Figura 4** Preços médios ao consumidor industrial de gás natural para as duas regiões que fizeram parte desta pesquisa (baseado nas tabelas reguladas das distribuidoras e ABRACE)

A política de reajuste dos combustíveis substitutos disponíveis para os consumidores, principalmente daqueles que são produtos de refino (GLP, Óleo Combustível, Coque do Petróleo), não segue as mesmas regras de indexação, tanto no preço da produção, como na margem de distribuição. Como o mercado destes energéticos não é regulado, é também comum a prática de descontos, negociados caso a caso. Para ilustrar este fato, a evolução do preço do gás natural, do óleo combustível 2A e do GLP são apresentadas na Figura 5.



**Figura 5** Evolução dos preços médios ao consumidor industrial de gás natural para as duas regiões que fizeram parte desta pesquisa (baseado nas tabelas reguladas das distribuidoras e ABRACE)

Desta forma, o consumidor tem o seu valor pela flexibilidade quanto ao pagamento por quantidades mínimas ampliado pela incerteza quanto ao preço relativo entre o gás natural e seus substitutos<sup>37</sup>. Ele eventualmente poderia arbitrar entre os dois mercados, extraindo maior valor e, ao mesmo tempo, evitando que sua competitividade, frente a concorrentes utilizando o energético substituto, fosse afetada.

Vale ressaltar que, “parte importante da demanda do setor industrial (produção de calor de processo) tem a flexibilidade [operacional] de queimar gás natural ou outros combustíveis (pode ser bi-combustível). Desta forma, este segmento de mercado pode absorver ou deixar de consumir gás natural, em função da variação da demanda em outros segmentos e da variação dos preços do gás [em relação a outros combustíveis]” (ALMEIDA, 2000, p.3).

#### **2.4.2 Flexibilidade e Provisões de Quantidades**

A flexibilidade contratual nas quantidades contratadas se materializa no percentual efetivo do *take-or-pay* dos contratos de fornecimento de gás natural<sup>38</sup>. Mesmo quando o percentual formalmente estabelecido no contrato, é o mesmo entre diferentes consumidores, foi verificado na Seção 1.4.2 que ocorrem outras cláusulas contratuais modificadoras que podem provocar uma ampla variação nesta condição. Este ponto será novamente abordado no Capítulo 3 quando for tratada a metodologia da pesquisa.

WILLIAMSON (1985, p.76) aborda a importância da flexibilidade na quantidade contratada ao descrever que: “Ajustes na quantidade têm propriedades compatíveis para incentivo muito melhores do que ajustes de preço (...). Proposições para ajustes de preço envolvem o risco de que a parte oposta está forçando a alteração de termos, entre os limites transacionáveis da relação de monopólio bilateral, para sua própria vantagem”.

Já CROCKER & MASTEN (1991) sugerem que a flexibilidade nas quantidades contratadas pode ter um efeito complementar à necessidade de flexibilidade em outras dimensões

<sup>37</sup> No Brasil, os preços para fornecimento de gás natural industrial variam de acordo com a fonte de suprimento da região atendida. Ao longo do Gasoduto Bolívia – Brasil, é aplicado o preço do gás boliviano. O leste de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, podem ser atendidos tanto com gás importado boliviano, como com gás associado de suprimento nacional das Bacias de Campos e Santos, a depender da disponibilidade e restrições de transporte. O Nordeste, Espírito Santo e Amazonas, atualmente dependem do fornecimento de gás nacional, em geral não associado, de produção local. O futuro dos preços do gás natural nestas regiões depende, entre outros: (i) da concorrência com outros combustíveis substitutos, (ii) do repasse de custos referentes à interconexão entre mercados hoje isolados, (iii) da renegociação de preços do produto importado, (iv) da utilização de custos de oportunidade relacionados ao *take-or-pay* e impostos pela legislação.

<sup>38</sup> Outra forma de inserção de flexibilidade sobre as quantidades contratadas é a permissão de opções unilaterais para que o consumidor reveja, periodicamente, a quantidade máxima contratada. Um dos contratos eliminados da amostragem desta pesquisa, permitia que o consumidor revisse, à sua conveniência, a quantidade contratada total. Na prática, esta cláusula eliminava o efeito do *take-or-pay* do contrato.

contratuais críticas como o preço. Este fato será considerado, no Capítulo 3, ao se construir uma variável *proxy* para o valor da flexibilidade no *take-or-pay* por parte dos consumidores.

WILLIAMSON (1979) também identifica esta troca de valores entre a flexibilidade na quantidade e / ou no preço ao mencionar que, “ajustes de preço têm uma qualidade desafortunada de soma-zero, enquanto que, proposições para aumentar, diminuir ou adiar entregas [das quantidades contratadas] não teriam”. Ou seja, a natureza dos ajustes de preço, em contratos com inflexibilidade nas quantidades, implica na perda de valor de um agente em benefício do outro.

Referindo-se a esta questão, CROCKER & MASTEN (1991) sugerem que contratos implementando apenas formas de reajustes de preços por indexação, sem a possibilidade de revisão por renegociação, como no caso dos contratos para fornecimento de gás natural industrial, são menos competitivos quando as quantidades são inflexíveis.

Segundo os autores, a desvantagem da inflexibilidade nas cláusulas de preço, que permitem reajustes apenas com relação a indexadores, seria diminuída quando a quantidade é variável. Em resposta a um preço desfavorável, o consumidor pode equilibrar suas perdas ajustando a demanda, desde que tenha flexibilidade sobre as quantidades contratadas.

Este ponto está intimamente associado à visão do consumidor final, sobre o valor da flexibilidade contratual no pagamento de quantidades mínimas contratadas, abordada nesta pesquisa pela Teoria das Opções Reais. A fórmula de Black-Scholes, apresentada anteriormente, mostrou que a avaliação dos benefícios de um contrato de opção não é linear com as variáveis determinantes de seu valor.

KULATILAKA & MARKS (1988, p. 574) afirmam que, “diante de incertezas, as firmas extraem valor de opção a partir da habilidade de variar as quantidades conforme forem as condições da demanda, as condições de custo e a chegada de novas tecnologias. Isto é, o valor da opção, para o comprador, pode ser maior do que o valor de um contrato de suprimento fixo para o fornecedor. Neste caso, o contrato estabelecido [negociado] entre as partes irá permitir que o comprador escolha a quantidade”, isto é, tenha flexibilidade sobre as quantidades.

Sem fazer alusão específica à questão das Opções Reais, MASTEN & CROKER (1985) e CROCKER & MASTEN (1988) também interpretam as provisões de *take-or-pay* dos contratos de fornecimento de gás natural, como uma opção unilateral sobre as decisões para adaptação contratual. O consumidor utilizaria a parte flexível das quantidades contratadas para promover a adaptação do contrato às condições de mercado.

Em contrapartida, o consumidor se compromete a efetuar o pagamento de uma quantidade mínima para a distribuidora, protegendo-a contra o potencial oportunismo da desapropriação do *quasi-rent* “esperado” da transação<sup>39</sup>.

A Figura 6 resume e esquematiza a relação bilateral entre o fornecedor e o consumidor do gás natural, enfatizando o valor da flexibilidade na visão de ambos os agentes.

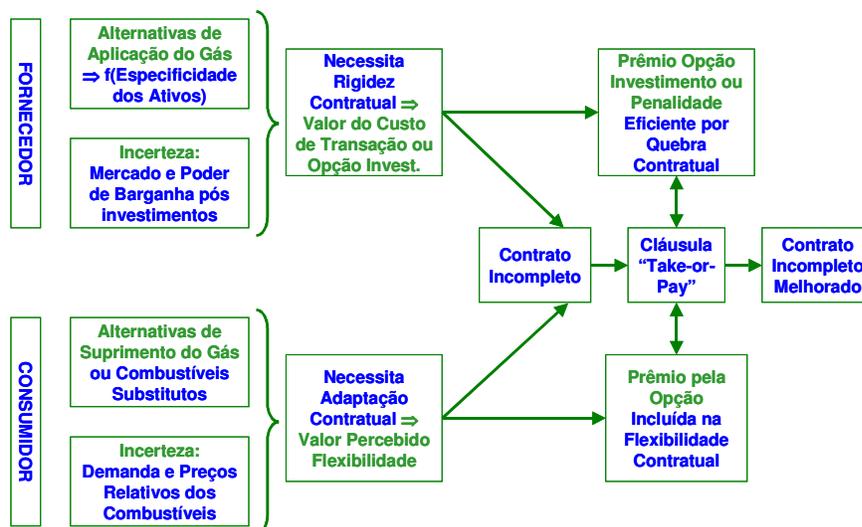


Figura 6 Comparação esquemática entre os valores do fornecedor e do consumidor na transação para o fornecimento de gás natural

Desta forma, o nível da flexibilidade no *take-or-pay* dos contratos de fornecimento de gás natural tem explicação, tanto a partir de questões inerentes à Teoria dos Custos de Transações, como um parâmetro contratual que garante a não desapropriação dos *quasi-rents*, mas que, ao mesmo tempo, promove adaptação eficiente (MASTEN & CROCKER, 1985; CROCKER & MASTEN, 1991, 1988), como também a partir da Teoria das Opções Reais, como o valor que o consumidor atribui, diante da incerteza, pela opção de consumir uma capacidade contratada flexível de gás natural (KULATILAKA & MARKS, 1988; THOMPSON, 1995; SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002).

Os determinantes de valor empregados nos modelos de interpretação e avaliação do *take-or-pay*, são o foco para a operacionalização do teste das hipóteses propostas nesta Dissertação de Mestrado, e serão detalhados nas próximas seções. Antes, porém, é interessante ressaltar uma última provisão contratual cuja flexibilidade também pode ser de grande influência nas percepções de risco e retorno das partes contratantes para fornecimento de gás industrial.

<sup>39</sup> Segundo CROCKER & MASTEN (1988), a eficiência deste tipo de cláusula requer, em geral, que a maior parte da incerteza na transação esteja do lado do agente com a opção unilateral. No caso dos contratos de gás de longo prazo, esta incerteza se refere principalmente à demanda de gás e preços relativos de energéticos substitutos, afetando o resultado do consumidor.

### **2.4.3 Flexibilidade e Provisões de Duração**

Embora o escopo deste trabalho seja voltado para as flexibilidades envolvendo as dimensões de preços e quantidades, outra dimensão importante, cujo valor está associado à incerteza e especificidade dos ativos, é o prazo contratual<sup>40</sup>. Vale ressaltar que, a necessidade de adaptação contratual somente existe, pelo fato de que a governança da transação exige contratos de longo prazo.

Em geral, na Indústria do Gás Natural internacional, observa-se que a duração dos contratos se reduz com a maturação do mercado e da infra-estrutura de conexão entre fornecedores e compradores. Os contratos de fornecimento de gás natural podem variar em prazo, desde um dia (em mercados altamente desenvolvidos como nos Estados Unidos), até 20 anos ou mais. No caso do fornecimento para consumo industrial no Brasil, esta pesquisa observou que os contratos variam de 5 a 20 anos, sendo que, a grande maioria está entre 5 e 10 anos.

A duração do contrato também é influenciada pelas outras dimensões de flexibilidade. Provisões contratuais mais flexíveis devem se refletir em prazos contratuais maiores (pela redução dos custos de adaptação). CROCKER & MASTEN (1988) apresentam um modelo para avaliação da duração ótima de um contrato. Esta duração ótima estaria associada à estabilidade dos contratos de fornecimento. Para ZYLBERSZTAJN (2001), a estabilidade de um arranjo contratual de produção está associada a sua capacidade de resistir a choques externos e não antecipados, os quais provocam conflitos distributivos na transação.

Os determinantes desta estabilidade, poderiam ser um bom campo de investigação para futuras pesquisas, visto que a amostragem realizada detectou a ocorrência de freqüentes distratos e repactuações contratuais entre consumidores e distribuidoras de gás natural.

## **2.5 MODELOS CONCEITUAIS PARA VALOR DA FLEXIBILIDADE NO TAKE-OR-PAY**

### **2.5.1 O Contrato *Take-or-Pay* e Custos de Transação**

WILLIAMSON (1983) compara as formas de contratação com e sem o compromisso de pagamento mínimo. O autor conclui que, na presença de ativos específicos e problemas de oportunismo, apenas a primeira forma é eficiente. O compromisso de pagamento mínimo promove o cancelamento da demanda através da transação, apenas quando o valor do produto para o comprador for igual ao custo marginal recuperável (ou valor da aplicação alternativa)

do fornecedor (liberando os recursos produtivos para utilizações alternativas apenas quando for eficiente fazê-lo).

Além disso, o autor mostra que esta forma de contratação gera um resultado esperado, para comprador e fornecedor, equivalente à integração vertical da transação em uma única empresa, onde a premissa básica de eficiência contratual, ou seja, a maximização conjunta da riqueza gerada pela transação, é atendida.

Já a segunda forma de contratação, deixa aberta a possibilidade do cancelamento da demanda quando o benefício do comprador é menor do que o custo marginal total do fornecedor (custo marginal recuperável e irrecuperável), não sendo, portanto, eficiente. O autor demonstra que, neste segundo caso, o preço fixado terá que ser maior que o custo marginal total do produtor, de forma a compensar pelas ocasiões em que o comprador irá cancelar a compra.

Seguindo a linha de WILLIAMSON, MASTEN & CROKER (1985) analisam o valor das cláusulas de *take-or-pay* em contratos de longo prazo para fornecimento de gás natural, entre o produtor e o comercializador do produto<sup>41</sup>. Os autores estabelecem, teórico e empiricamente, o racional entre o valor desta provisão e: (i) O valor das alternativas de venda que o produtor tem para o gás produzido (número de compradores a ele conectados através de gasodutos ou a possibilidade de estocagem do produto para futura utilização) ou, (ii) o valor das alternativas para a aquisição do produto pelo comprador (número de vendedores a ele conectados através de gasodutos)<sup>42</sup>.

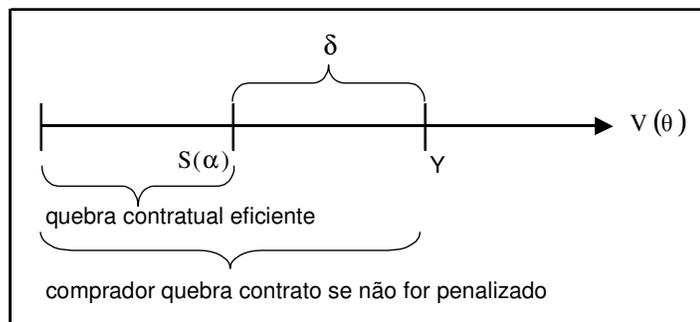
No modelo de MASTEN & CROKER (1985), a provisão *take-or-pay* de um contrato de longo prazo, poderia ser entendida como uma penalidade pelo cancelamento da demanda, conforme esquematizado na Figura 7.

---

<sup>40</sup> Outras cláusulas associadas a este aspecto seriam aquelas estabelecendo rescisão unilateral, desequilíbrio financeiro, força maior e penalidades associadas.

<sup>41</sup> Na época deste artigo estava sendo introduzida a competição na produção e comercialização da Indústria de Gás Natural nos Estados Unidos, através da implementação da desregulamentação do controle de preços, do livre acesso aos gasodutos e da permissão de que grandes consumidores pudessem romper contratos de longo prazo com cláusulas de *take-or-pay* com os gasodutos transportadores (comercializadores). Este fato deixou muitos gasodutos sem a possibilidade de recuperação dos compromissos com os produtores, podendo ser considerado como uma desapropriação compulsória do *quasi-rent*. O problema foi reconhecido pelo agente regulador, tendo sido permitido o repasse destes custos para o consumidor final através da tarifa de transporte para acesso aos gasodutos (para um tratamento mais extenso sobre a evolução da indústria de gás norte-americana, ver, por exemplo, CASTENADA & SMITH, 1996). Efeitos semelhantes ocorreram por ocasião da desregulamentação da indústria de eletricidade nos Estados Unidos (BOYD, 1998).

<sup>42</sup> Vale mencionar que o autor também sugere que esquemas de preços não lineares, como pré-pagamentos e acoplamento de outras transações como leasing de imóveis, podem funcionar como *proxies* para a proteção da transação, contra o cancelamento da demanda.



**Figura 7 Quebra contratual eficiente mediante pagamento de penalidade (MASTEN & CROKER, 1985)**

Nesta figura, são consideradas as seguintes variáveis:

- $Y$  – valor cobrado pelo fornecedor, pelo total das quantidades contratadas em cada período de tempo ( $T$ ) da transação, o qual deve refletir todos os seus custos, inclusive o custo de oportunidade ou de transação, envolvidos no investimento em ativos específicos<sup>43</sup>.

$$Y = P_C * Q_C$$

Onde:

$P_C$  – preço contratual unitário do gás natural;

$Q_C$  – quantidade contratada ao preço  $P_C$ ;

- $S(\alpha)$  - valor esperado da utilização do produto, pelo fornecedor, em uma aplicação alternativa fora da transação sobre a qual o contrato foi estabelecido. Este valor é função da incerteza quanto ao grau de especificidade dos ativos, representada por  $\alpha$ ;

$$S(\alpha) = P_{ALT} * Q_{ALT} = k * P_C * Q_{ALT}$$

Onde:

$P_{ALT}$  – preço unitário do gás natural, em sua aplicação alternativa mais próxima fora do contrato;

$Q_{ALT}$  – quantidade passível de ser aplicada fora do contrato ao preço  $P_{ALT}$ ;

$P_{ALT} = k * P_C$  onde  $k$  = constante para indicar a relação entre o preço do contrato e aquele do mercado.

- $V(\theta)$  - valor do produto estimado pelo comprador, normalmente em função da incerteza quanto ao valor de sua demanda pelo produto em questão.
- $\delta$  - Valor de uma penalidade ou prêmio, cobrado pelo fornecedor de forma implícita no contrato devido ao *take-or-pay*, e que corresponde à diferença entre, o valor

<sup>43</sup> Por simplicidade de tratamento os autores consideram que o cancelamento da demanda ocorre de forma discreta, ou seja, o comprador adquire toda a capacidade contratada, ou a libera totalmente, pagando a quantidade mínima requerida. Segundo os autores, um modelo contínuo no qual o comprador possa reduzir as quantidades tomadas gradualmente, não alteraria a qualidade dos resultados.

contratado ( $Y$ ), e o valor  $S(\alpha)$  que pode ser obtido em uma aplicação alternativa do produto.  $\delta$  reflete o valor do *quasi-rent* associado à transação<sup>44</sup>.

$$\delta = Y - S(\alpha)$$

Neste modelo os autores mostram que, na presença do pagamento da penalidade  $\delta$ , a ameaça de quebra contratual por cancelamento da demanda seria eficiente apenas para valores de  $V(\theta) < S(\alpha)$ . Isto é, nas circunstâncias em que o valor dos ativos específicos for maior em sua aplicação alternativa, do que no uso originalmente coberto pelo contrato.

Para compreender melhor a relação entre as variáveis mencionadas no modelo, pode-se realizar a seguinte transformação:

$$\begin{aligned} \delta &= Y - S(\alpha) \\ \Rightarrow \delta &= P_C * Q_C - k * P_C * Q_{ALT} \end{aligned}$$

Ou seja, do ponto de vista do fornecedor, o valor do *take-or-pay* tem que cobrir tanto a diferença entre o volume contratual e o volume aplicável em uma alternativa mais próxima fora do contrato, quanto a diferença de valor unitário entre estas duas aplicações.

Pode-se então dizer que, para o fornecedor garantir a não desapropriação do *quasi-rent*:

$$\text{sendo } Y = S(\alpha) + \delta,$$

$$\text{Então } \delta = Y - S(\alpha) = Y \times \left[ 1 - \frac{S(\alpha)}{Y} \right]$$

$$\text{ou } \delta = P_C \times Q_C \times \left[ 1 - \frac{S(\alpha)}{Y} \right] = P_C \times \left[ Q_C \times \left( 1 - \frac{S(\alpha)}{Y} \right) \right]$$

Pelas fórmulas, pode-se considerar que o termo *take-or-pay* é representado pelo percentual  $(1 - S(\alpha)/Y)$  do volume contratado  $Q_C$  ou do valor  $Y$  a ser pago pelo comprador, o que promove um ajuste automático para as variações das quantidades contratadas ao longo do prazo contratual<sup>45</sup>.

No caso do gás natural, o percentual *take-or-pay*  $(1 - S(\alpha)/Y)$ , é normalmente menor que a unidade e maior do que zero, pois  $S(\alpha) \leq Y$ , isto é, fora da transação o produto tem um valor de aplicação menor para o fornecedor.

<sup>44</sup> MASTEN & CROCKER também consideram esta diferença como uma penalidade, a título de “*expectation damages*”, que seriam normalmente empregadas por cortes judiciais na ausência de provisões *take-or-pay*. Contudo, a incerteza quanto à eficácia desta solução de governança contratual encorajaria custosas disputas.

<sup>45</sup> O modelo não considera o valor da possibilidade de recuperação do *take-or-pay* por parte do comprador. Sob o ponto de vista dos Custos de Transação, o valor desta cláusula está associado apenas com a garantia da não desapropriação dos *quasi-rents* do fornecedor.

Os contratos para utilização de gasodutos de transporte de gás natural representam um caso limite desta relação. O *ship-or-pay* contratual corresponde, em geral, a  $(1 - S(\alpha)/Y) = 100\%$  já que  $S(\alpha) = 0$ , pois os serviços de transportes não podem ser nem mesmo estocados.

O modelo apresentado fornece os conceitos teóricos para que o nível do *take-or-pay*, ou o valor da flexibilidade, possa ser calculado sob o ponto de vista do fornecedor, e segundo o referencial da Teoria dos Custos de Transação. Os testes de hipótese, a serem desenvolvidos no Capítulo 3 desta dissertação, utilizarão uma variável dependente operacional para o nível do *take-or-pay* que contemple, adequadamente, os parâmetros do modelo de MASTEN & CROKER (1985) conforme a fórmula:

$$(3) \quad \delta = P_c \times \left[ Q_c \times \left( 1 - \frac{S(\alpha)}{Y} \right) \right]$$

MASTEN & CROKER (1985) trabalharam empiricamente dados dos mercados intermediários da cadeia de fornecimento de gás natural. A presente pesquisa aborda a aplicação destes conceitos para o mercado consumidor final industrial, sendo que as variáveis determinantes do nível do *take-or-pay*, refletindo o grau de especificidade dos investimentos realizados pela distribuidora, serão diferentes daquelas utilizadas por aqueles autores. Estas questões também serão trabalhadas no Capítulo 3.

### 2.5.2 O Contrato *Take-or-Pay* como uma Opção Real

Para se verificar a aplicação dos modelos de valor da Teoria das Opções Reais, para a avaliação da flexibilidade no *take-or-pay* dos contratos de fornecimento de gás natural, é conveniente a analogia do modelo de MASTEN & CROKER (1985) segundo a ótica das opções. A Figura 8 esquematiza o efeito da incerteza sobre o valor do ativo subjacente ao contrato de opção no tempo do exercício T.

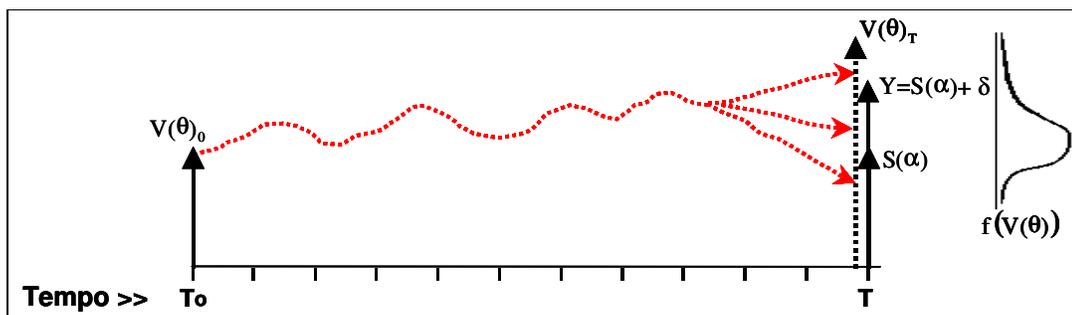


Figura 8 Efeito da incerteza sobre o comportamento do valor do ativo subjacente a um contrato de opção (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002)

No esquema apresentado, a cada período T do contrato o consumidor tem a opção de adquirir uma capacidade de gás, pelo preço contratado, sempre que o valor que ele atribui a esta capacidade de gás  $V(\theta)_T$ , que é uma variável estocástica, for maior do que o preço de exercício implícito, ou seja,  $S(\alpha)$ .  $V(\theta)_T$  é uma variável que depende das incertezas de mercado do consumidor referentes à sua demanda pelo produto no processo produtivo e ao preço relativo entre o preço do gás natural e os energéticos substitutos.

Para ter este direito, o comprador deverá pagar ao fornecedor, no mínimo, um valor igual a  $\delta$ , que corresponde ao prêmio pela opção de adquirir a capacidade garantida contratualmente. Se o valor do produto para o consumidor, na data  $t = T$ , for menor que o valor  $S(\alpha)$  ele não demandaria o gás. No entanto, sempre que  $V(\theta)_T > S(\alpha)$  e, mesmo que  $V(\theta)_T < S(\alpha) + \delta$ , o consumidor exercerá a opção de adquirir o produto, pois irá realizar um ganho igual a  $V(\theta)_T - S(\alpha)$  com a operação dentro do contrato.

CROCKER & MASTEN (1988) apresentam uma modelagem do lucro esperado do comprador quando a transação ocorre sob a governança de um contrato de longo prazo com uma penalidade ótima por não desempenho  $\delta$ . Segundo os autores, o lucro esperado do comprador ( $L_c$ ), por período T, para um contrato de duração  $\tau$ , e preço Y, seria dado pela expressão abaixo:

$$L_c = \int_{V^*}^{+\infty} (V - Y) \cdot f(V) dV - \int_{-\infty}^{V^*} \delta \cdot f(V) dV \quad ; \text{ onde}$$

- (V-Y) : é o ganho que o comprador realiza por adquirir o produto dentro da transação comercial em um instante em que o valor de suas alternativas de mercado é V.  
 $\delta$  : é o prêmio pago pelo direito e garantia de comprar o produto do fornecedor.  
 $V^*$  : é o valor da alternativa de mercado abaixo da qual o comprador prefere não pagar o preço Y. Este valor é dado por  $V^* = Y - \delta$  já que  $\delta$  não representa um custo marginal para o comprador.  
 $f(V)$  : é a função densidade de probabilidade do valor da alternativa de mercado para o comprador.

Embora o foco nesta etapa seja o resultado do comprador, vale ressaltar que a receita esperada do fornecedor ( $L_f$ ), para cada período contratual, seria dada por:

$$L_f = \int_{V^*}^{+\infty} Y \cdot f(V) dV + \int_{-\infty}^{V^*} (S(\alpha) + \delta) \cdot f(V) dV \quad ; \text{ em que}$$

- O fornecedor recebe Y caso seja exercido pelo comprador; o que ocorre para  $V > V^*$ ;

- Ou recebe o prêmio  $\delta$ , do comprador, pela não aquisição do produto e aplica este produto pelo valor  $S(\alpha)$  em um mercado alternativo; o que ocorre quando  $V < V^*$ ;
- E  $V^*$  e  $f(V)$  são termos já expostos.

É interessante ressaltar o significado de  $S(\alpha)$  e  $V^*$ . Enquanto  $S(\alpha)$  é o valor de exercício do contrato implícito na formação de preço do fornecedor, temos que  $V^*$  é o valor de exercício sob a ótica do comprador.

Para que o contrato bilateral seja possível, na data T de vencimento parcial do contrato, devemos ter  $V^* = S(\alpha)$ , pois o fornecedor não aceitaria um preço de exercício menor do que  $S(\alpha)$ . Nestas condições, segundo SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN (2002), a equação do resultado global do contrato, para o comprador, pode ser modificada como segue:

$$L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - Y) f(V) dV - \int_{-\infty}^{S(\alpha)} \delta \cdot f(V) dV \quad \text{ou, pela substituição de } Y = S(\alpha) + \delta:$$

$$L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - (\delta + S(\alpha))) \cdot f(V) dV - \int_{-\infty}^{S(\alpha)} \delta \cdot f(V) dV \quad , \text{ de onde se tem:}$$

$$L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - S(\alpha)) f(V) dV - \int_{-\infty}^{S(\alpha)} \delta \cdot f(V) dV - \int_{S(\alpha)}^{+\infty} \delta \cdot f(V) dV \quad , \text{ isolando-se } \delta \text{ obtém-se:}$$

$$L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - S(\alpha)) f(V) dV - \delta \left[ \int_{-\infty}^{S(\alpha)} f(V) dV + \int_{S(\alpha)}^{+\infty} f(V) dV \right]$$

mas como  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(V) dV = 1$ , pois  $f(V)$  é a função densidade de probabilidade:

$$L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - S(\alpha)) f(V) dV - \delta \quad , \text{ que se pode indicar por:}$$

$$(4) \quad L_c = \int_{S(\alpha)}^{+\infty} (V - S(\alpha)) f(V) dV - \delta = E[\max(V - S(\alpha); 0)] - \delta ;$$

Sendo que, uma das formas de solução para o problema de maximização apresentado pela equação (4), seria através do uso da fórmula de Black-Scholes (HULL, 1999) para a formação de preços de opções financeiras. Desta forma, pode-se esperar que os determinantes de valor da flexibilidade, sob o ponto de vista do comprador, estejam relacionados ao mesmo tipo de variável que afeta o valor das opções financeiras segundo esta formulação.

Para caracterizar melhor estes determinantes de valor, os resultados do artigo de SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN (2002), para a aplicação da formulação de Black-Scholes na avaliação de um contrato teórico de fornecimento de gás natural, são discutidos a seguir.

### 2.5.3 A Fórmula de Black-Scholes Aplicada ao Cálculo do Prêmio de Opção em Contratos de Longo Prazo

Através da analogia do resultado do consumidor com o valor de uma opção, apresentada na seção anterior, SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN (2002) calculam o valor de um contrato para fornecimento de gás natural em função da flexibilidade no *take-or-pay*, para um caso simplificado quanto à incerteza do mercado.

Para demonstrar a aplicação deste modelo, os autores consideraram um contrato de longo prazo, liquidado a cada período T, onde o fornecedor recebe  $Y = S(\alpha) + \delta$  quando exercido, ou  $Y * (1 - S(\alpha) / Y)$  pela cláusula *take-or-pay*, quando não exercido.

A fórmula de Black-Scholes, modificada de HULL (1999), para calcular o prêmio da opção em relação às variáveis em estudo, pode ser escrita como segue:

$$(5) \quad C_0 = V(\theta)_0 \cdot N(d_1) - \frac{S(\alpha) \cdot N(d_2)}{e^{rT}} \quad ; \text{ onde:}$$

- $C_0$ : é o prêmio na data  $t = 0$ , no início do período que termina em  $t = T$
- $V(\theta)_0$ : é o valor de mercado alternativo para o comprador suprir o produto em  $t = 0$  (por exemplo poderia ser o valor de um combustível alternativo ao gás natural).
- $r$ : taxa base da economia para o período
- $S(\alpha)$ : é o valor de exercício da opção a ser definido em  $t = 0$ .

Ocorre que, pelo modelo de Black-Scholes, o fornecedor receberá a quantia  $C_0$ , na data  $t = 0$ , vendendo ao comprador o direito de adquirir o produto pelo preço  $S(\alpha)$  na data  $t = T$ . Assim, se o fornecedor aplicar o valor  $C_0$  a uma taxa de oportunidade disponível  $i_{op}$  ele deverá receber em  $t = T$ :

$S(\alpha) + C_0 e^{i_{op}T}$ , que deverá ser igual ao valor a ser pago pelo comprador, ou seja:

$Y = S(\alpha) + \delta$ , em  $t = T$ , ou o valor  $\delta$  caso não haja exercício.

Então, deve-se ter que  $C_0 e^{i_{op} \cdot T} = \delta$ , que substituindo na equação (5) fornece:

$$(6) \quad \delta = V(\theta)_0 \cdot N(d_1) \cdot e^{i_{op} \cdot T} - \frac{S(\alpha) \cdot N(d_2)}{e^{rT}} \cdot e^{i_{op} \cdot T}$$

Se for admitida uma taxa de oportunidade igual à própria taxa livre de risco, e que o valor de mercado alternativo para o comprador se suprir do produto  $V(\theta)_0$ , no tempo  $t = 0$ , será igual ao valor de exercício, para a data  $t = T$ , a ser acordado entre as partes como  $S(\alpha)$ , tem-se:

$$\delta = V(\theta)_0 \cdot [N(d_1) \cdot e^{rT} - N(d_2)],$$

o que é uma formulação interessante para a fixação do preço do produto a cada período  $[0, T]$ . O valor total da opção pode ser expandido para a consideração da somatória de todas as opções sobre a capacidade contratada, implícitas em um contrato de fornecimento de gás natural de longo prazo, com “n” períodos “t” discretos, de tempos de exercício ao longo do prazo contratual:

$$\delta = \sum_{t=1}^n \delta_t$$

Para exemplificação do modelo, os autores consideraram os preços médios mensais para fornecimento de gás natural (GN) importado e óleo combustível (OC), durante o período de Julho de 1999 a Março de 2002, para um consumidor industrial padrão. Consideraram também que ambas as partes negociariam, em 01/Fevereiro/1999, um contrato com 26 períodos de prazo, tendo como parâmetros de mercado: (i) A volatilidade e o preço corrente do combustível substituto,  $V(\theta)_0$ <sup>46</sup>, e; (ii) o valor alternativo de aplicação do gás natural para o fornecedor,  $S(\alpha)$ , considerado como sendo o estoque e re-comercialização do produto ao final de três anos.

Com base nas séries de preços e premissas apresentadas, foi realizado o cálculo do valor implícito da opção de compra do gás natural ( $\delta$ ) para o consumidor industrial, que poderia ter sido cobrado por uma distribuidora de gás natural.

A Tabela 2 mostra a variação do valor da opção, conforme varia o valor do combustível substituto ao gás natural, e o preço de exercício a ser cobrado pelo fornecedor. A área cinza destaca a região de competitividade do gás natural. Nesta área o consumidor teria um valor positivo para a opção de aquisição da capacidade de fornecimento deste energético, e o valor

<sup>46</sup> O valor V representa o custo de oportunidade associado à existência de produtos substitutos, já que não existe mercado *spot* para o gás natural.

total do gás, incluindo o preço de exercício, seria superior ao custo do fornecedor considerado na época em que o artigo foi escrito.

**Tabela 2** Sensibilidade do valor da opção de compra de gás natural para a variação do preço do combustível substituto e do preço de exercício (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002)

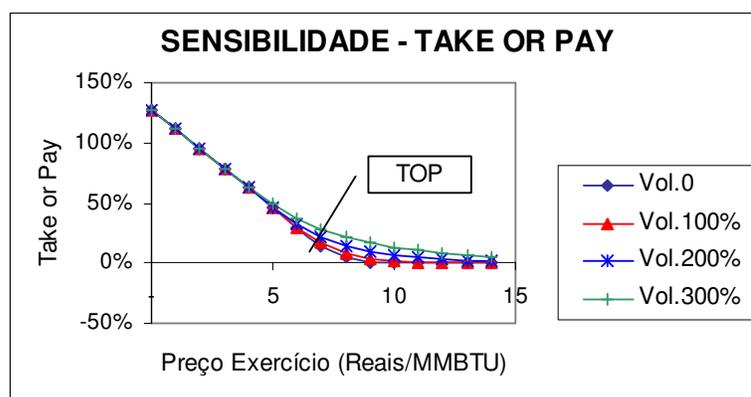
		DELTA - PRÊMIO PELA OPÇÃO					
		PREÇO COMBUSTÍVEL SUBSTIT. (%SOBRE REALIZADO)					
		\$6.75	\$6.08	\$5.40	\$4.73	\$4.05	\$3.38
		100%	90%	80%	70%	60%	50%
P.R. EXERC. - S(ALFA)	0.00	6.71	6.04	5.37	4.69	4.02	3.35
	2.00	4.99	4.32	3.65	2.98	2.31	1.64
	3.00	4.14	3.47	2.79	2.12	1.45	0.79
	5.00	2.42	1.75	1.10	0.55	0.21	0.05
	7.00	0.87	0.46	0.20	0.07	0.01	0.00
	9.00	0.21	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00
	11.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	13.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Os resultados da aplicação mostram que o valor da opção de compra aumenta com o aumento do valor do combustível substituto e com a diminuição do preço de exercício.

A Figura 9 adiciona a sensibilidade do valor da opção de compra de gás, para a variação da volatilidade do preço do combustível substituto. Conforme esta volatilidade aumenta, aumenta também o valor da opção. Nesta figura, o valor do prêmio da opção, implícito no *take-or-pay*, foi substituído pelo próprio *take-or-pay* equivalente pela fórmula

$$TOP = \left( 1 - \frac{Y - \delta}{Y} \right).$$

sobre a volatilidade histórica do preço do combustível substituto.



**Figura 9** Sensibilidade do valor da opção de compra de uma capacidade de gás natural contratada, para a volatilidade do preço do combustível substituto (SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN, 2002)

Particularmente importante para esta dissertação, é a observação de que para um certo intervalo de variação do preço de exercício ocorre uma relação linear, *ceteris paribus*, do

prêmio da opção de compra com o preço do exercício, de forma muito semelhante ao valor de um contrato a termo (HULL, 1999). Neste intervalo a opção está “muito no dinheiro”, isto é, seu valor não é afetado pela volatilidade do ativo subjacente.

O modelo identifica o valor da opção como resultado: (i) de um preço ou valor de um ativo subjacente ao contrato, por exemplo, o preço de um combustível substituto ou o valor da demanda de combustível do comprador; (ii) da volatilidade deste preço ou valor; (iii) do preço exercício acordado, no caso o valor alternativo para o fornecedor; (iv) do tempo de exercício ou periodicidade/prazo do contrato e, (v) de uma taxa de atratividade para o comprador.

No Capítulo 3 serão construídas *proxies* para as três primeiras variáveis identificadas acima. Sua associação com o prêmio da opção será verificada empiricamente utilizando o valor do *take-or-pay* como *proxy* para este prêmio.

SECURATO, CARVALHINHO Fo. & ZYLBERSZTAJN (2002) ressaltam que o modelo de Black-Scholes tem uma aplicabilidade limitada para contratos de gás natural. Nestes contratos, a estrutura da operação financeira envolve opções exóticas, isto é, cujos resultados dependem, por exemplo, do caminho histórico da evolução do preço do ativo subjacente (“*Path Dependant*”)<sup>47</sup>. Neste caso, formulações mais complexas devem ser utilizadas para a formação dos preços destes ativos e pode não haver solução analítica, sendo necessário o uso de métodos de simulação computacional e programação dinâmica<sup>48</sup>. Contudo, as variáveis determinantes do valor da opção devem permanecer as mesmas.

O ponto crítico destes métodos é o processo estocástico utilizado para prever o movimento do valor do ativo sobre o qual a opção se refere, e o número de variáveis estocásticas a serem consideradas. No caso do gás natural, o ativo subjacente ao contrato normalmente será o valor da demanda de gás natural para o consumidor, cuja incerteza é resultado da combinação das incertezas sobre o preço relativo entre o gás natural e um energético substituto, e sobre a demanda do consumidor para o processo produtivo. No Capítulo 3 será considerada a volatilidade da demanda passada como *proxy* para esta incerteza combinada.

---

<sup>47</sup> Uma das simplificações que a fórmula de Black-Scholes assume é que, o valor de um ativo subjacente à opção é uma variável estocástica, cujo valor futuro depende apenas de seu presente e não dos valores intermediários assumidos ao longo do tempo. Este processo de evolução de uma variável estocástica é conhecido como Processo de Markov. Neste particular, destaca-se a importância das cláusulas contratuais estabelecendo o período de apuração do *take-or-pay* e regras para a recuperação do *take-or-pay* pago no passado (cláusulas de *make-up-gas*). Elas teriam grande influência para a determinação do valor final da opção destes contratos (THOMPSON, 1995) pois, dependendo do caminho que esta variável estocástica seguir, estes créditos poderiam ou não ser recuperados.

<sup>48</sup> O processo de simulação computacional com programação dinâmica envolve a amostragem de um grande número de eventos aleatórios referentes ao valor de um parâmetro de uma variável de incerteza, o qual influencia o caminho seguido pelo valor desta variável ao longo do tempo.

BAKER et al (1998) apresentam uma discussão e resumo sobre vários tipos de movimento aleatório para estas variáveis, que podem ser utilizados em futuras pesquisas visando o desenvolvimento de outros modelos de avaliação do valor da opção em contratos de gás natural.

De forma a demonstrar a aplicação destes modelos na indústria de gás natural, são apresentados a seguir dois exemplos que aplicam a simulação de jogos e a programação dinâmica para o cálculo do valor da flexibilidade contratual.

## **2.6 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO VALOR DA FLEXIBILIDADE NA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL**

O valor da flexibilidade, e seus modelos de avaliação, encontram aplicações normativas tanto para dar suporte a negociações contratuais e tomada de decisão, com propósitos de orçamento de capital, como também para efeitos do estabelecimento de políticas voltadas para a regulamentação da indústria.

### **2.6.1 Uma Aplicação no Contexto de Orçamento de Capital**

PARSONS (1989) apresenta um modelo, desenvolvido a partir da literatura sobre economia da informação, que pode ser utilizado para estimar o valor dos fatores estratégicos incorporados em problemas tradicionais de orçamento de capital. Ele aplica este modelo para estimar o valor da porção de um projeto que está assegurado através do uso de contratos de longo prazo com *take-or-pay*, para a comercialização do produto resultado da sua operação. A magnitude deste valor informa o quanto a decisão de investimento depende do sucesso da negociação de um contrato de longo prazo que suporte o financiamento do projeto.

Segundo este autor, quando a transação envolvendo investimentos específicos é realizada via contrato de longo prazo, nenhuma venda é realizada a menos que o preço negociado seja superior ao custo de produção, incluindo os custos de capital. Já nas transações via mercado *spot*, a distribuição dos preços tende a ser distorcida para valores menores, devido à perda do poder de barganha pelo fornecedor. A flexibilidade contratual depende, portanto, do valor dos *quasi-rents* desapropriáveis, associados com a governança escolhida para a transação.

O autor propõe um método de cálculo para o valor da flexibilidade contratual através da simulação de um leilão Vickrey<sup>49</sup>, como um modelo análogo para o jogo de negociação entre os agentes.

O preço que o comprador está disposto a oferecer é uma variável aleatória a ser estimada<sup>50</sup>. A diferença entre a simulação de uma oferta para um contrato de longo prazo, e para o preço *spot*, em cada período, está no lance mínimo do leilão. O autor assume que no primeiro caso ele é igual ao custo marginal de produção total, isto é, incluindo o custo de capital. Já no segundo caso, ele é igual apenas ao custo marginal de operação. Esta premissa reflete a perda do poder de barganha pelo fornecedor nas negociações que ocorrem após a realização do investimento de capital, sendo que, a desapropriação do *quasi-rent*, é igual à diferença entre o valor do custo marginal total e o valor do custo marginal de operação.

O autor aplica o modelo para comparar dois projetos de investimentos na produção e transporte de gás natural, para atendimento de mercados com diferentes concentrações de consumidores. Verificou-se que, quando a concentração de consumidores é alta, o valor estratégico do contrato de longo prazo é quase inexistente (pela existência de competição nos preços ofertados nos leilões em mercado *spot*). Já quando existem poucos consumidores conectados, o valor do contrato de longo prazo é elevado.

Outra simulação realizada revelou dois outros fatores determinantes para o valor estratégico do contrato de longo prazo com *take-or-pay*. O primeiro foi demonstrado com um exemplo de dois projetos requerendo diferentes montantes de investimento para servir o mesmo mercado. O autor mostra que quanto maior o valor do investimento específico, maior deve ser o valor do contrato com *take-or-pay*. O segundo fator refere-se à distribuição de probabilidades dos preços de oferta assumidos para cada simulação de leilão. Foi observado que o valor do contrato aumenta com o aumento do desvio padrão da distribuição assumida como premissa.

Este exemplo ilustra a influência dos principais determinantes do valor da flexibilidade contratual segundo os conceitos da Teoria dos Custos de Transação, ou seja, o grau de especificidade dos ativos e a incerteza envolvida na transação quanto à demanda do mercado.

---

<sup>49</sup> Trata-se da simulação de um jogo de negociação entre o fornecedor e seus potenciais compradores, cujas estruturas cognitivas de resultado esperado são modificadas pela decisão de investir na instalação da capacidade. Quando este jogo é realizado antes da decisão de investimento, a distribuição de probabilidade dos resultados de preços e quantidades é diferente de quando ele é jogado após a instalação da capacidade.

<sup>50</sup> Cabe destacar que este é um caso de comercialização de uma *commodity* não sujeita a regulamentação de preços. Neste caso, o preço pode ser maior do que o custo total do produtor ou comercializador.

## 2.6.2 Uma Aplicação no Contexto de Negociação Contratual e Regulamentação

O artigo de CARVALHINHO Fo., DIAS & KEECH (2001) apresenta a utilização da metodologia de Opções Reais para avaliar o valor da flexibilidade contratual, na formação de preços da capacidade instalada no Gasoduto Bolívia-Brasil. Os autores consideram duas alternativas limites de contratos de longo prazo, com diferentes preços unitários, dependendo da flexibilidade desejada pelo comprador quanto às quantidades contratadas: (i) contrato com 100% do volume vendido na condição *ship-or-pay* e (ii) contrato com 0% do volume vendido na condição *ship-or-pay*.

A metodologia empregada visou subsidiar um processo de negociação de um contrato de transporte de gás natural e, ao mesmo tempo, argumentar junto ao órgão regulador que um contrato oferecendo maior flexibilidade deveria ter um preço maior, mesmo que não houvesse incremento de custo para o fornecedor do serviço<sup>51</sup>.

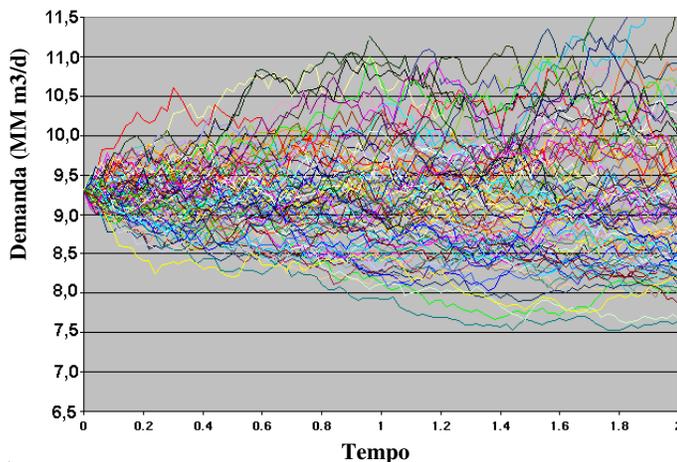
Para calcular o valor da flexibilidade, os autores consideraram o benefício de custo que o comprador obteria com o contrato mais flexível, comparado àquele com 100% de *ship-or-pay*. Para calcular este benefício, foi utilizada uma série de simulações estocásticas da potencial demanda pelo serviço sob os dois tipos de contratos, e a conseqüente distribuição de probabilidades do custo para o comprador, computando-se a diferença de seus valores esperados. Esta diferença foi utilizada no cálculo da tarifa nova.

A incerteza sobre a demanda foi simulada utilizando um processo estocástico conhecido como Movimento Geométrico Browniano. Para cada simulação o valor da demanda ( $Q$ ) é calculado, em cada período  $t$ , como função da demanda no período anterior ( $Q_0$ ), mais um incremento determinístico associado com sua taxa de crescimento esperada ( $\mu$ ) e, uma variação aleatória associada com sua volatilidade ( $\sigma$ ). A forma discreta deste movimento é:

$$Q_t = Q_0 * e^{\left[ \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma * N(0,1) \sqrt{\Delta t} \right]} \quad (\text{modificado de HULL, 1999})$$

A Figura 10 exemplifica o resultado deste processo de simulação para várias amostragens do caminho seguido pelo valor da variável de incerteza sobre a demanda.

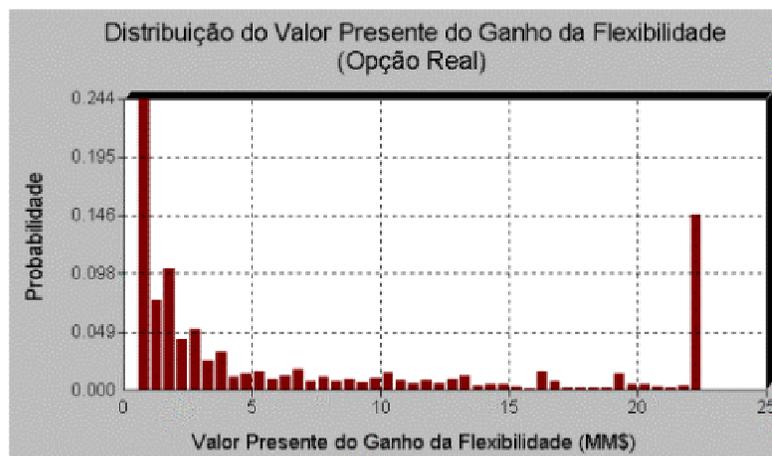
<sup>51</sup> A empresa que queria o contrato de transporte apelou ao agente regulador solicitando preços de tarifa menores do que os outros clientes já existentes, sob alegação que o serviço adicional que ela solicitava não aumentaria o custo do transportador. De forma oportunista, a empresa não considerava a renegociação que os demais clientes iriam solicitar da transportadora para não perder competitividade no mercado, sendo que os custos de barganha e oportunismo poderiam levar a transportadora a não recuperar seus investimentos.



**Figura 10** Exemplo de um processo de simulação computacional com várias amostragens do caminho que o valor de uma variável de incerteza sobre a demanda poderia seguir (CARVALHINHO Fo., DIAS & KEECH, 2001)

A Figura 11 mostra a distribuição de probabilidades obtida para o benefício em custo, que o novo comprador do serviço teria com um contrato totalmente flexível, em relação a um contrato cuja característica de *ship-or-pay* fosse de 100%.

Apenas para exemplificar a interpretação dos resultados, foi verificado pelos autores que a concentração da frequência, no valor de 22 milhões de dólares, representava a economia em custos de transporte para todos os casos da simulação em que o comprador não teria tido utilidade para o serviço contratado. Os demais casos representam situações em que o comprador teria tido utilidade parcial para a capacidade contratada. No limite em que toda esta capacidade tivesse sido utilizada, não haveria diferença entre contratos com maior ou menor flexibilidade nas quantidades contratadas, e o benefício seria zero. O parâmetro de negociação escolhido foi a seleção de uma tarifa que tornasse nulo o benefício médio do novo comprador.



**Figura 11** Exemplo de distribuição de probabilidades do valor de uma opção real calculado por simulação computacional (CARVALHINHO Fo., DIAS & KEECH, 2001)

Vale ressaltar que a Agência Nacional do Petróleo determinou, para este contrato, uma tarifa 11% acima daquela oferecida nos serviços com *ship-or-pay*, em comparação com a solicitação de um desconto de 23% por parte da empresa que pleiteava o novo serviço de transporte (Nota Técnica da ANP No. 001/01 SCG/PROGE de 26/Jan./2001). O contrato entre a transportadora e a empresa solicitante foi assinado no início do ano de 2001. Este exemplo demonstra o valor de opção que o comprador estaria disposto a pagar pela flexibilidade contratual, em uma situação de incerteza.

## **2.7 O PROBLEMA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

A Teoria dos Custos de Transação apresenta uma explicação conceitual para que o fornecedor de gás natural exija um prêmio, na forma do *take-or-pay*, para proteger-se contra a desapropriação do valor do *quasi-rent* relacionado aos investimentos específicos por ele realizados. Contudo, após a realização dos investimentos específicos, o maior poder de barganha do consumidor deve levar a uma maior flexibilização do *take-or-pay*, representando a desapropriação deste *quasi-rent*.

Já a Teoria das Opções Reais explica o valor da flexibilidade no *take-or-pay* como o prêmio que o consumidor estaria disposto a pagar para poder optar pelo uso de uma capacidade de fornecimento de gás natural, garantida no contrato.

Os exemplos ao final da seção anterior mostram a aplicação destes conceitos para a avaliação de valor da flexibilidade contratual em situações específicas, típicas de estudo de casos. O Capítulo 3 estabelece as bases metodológicas para o teste empírico, da aderência destes modelos à realidade das transações no mercado consumidor de gás natural industrial.

## **CAPÍTULO 3**

### **PLANEJAMENTO E METODOLOGIA DA PESQUISA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO E NATUREZA DO MÉTODO**

Neste capítulo é apresentada a estruturação do método de pesquisa utilizado. A partir das proposições e teoria expostas nos Capítulos 1 e 2, são derivadas hipóteses cuja verificação será efetuada através de testes estatísticos. Para tanto serão construídas variáveis operacionais que reflitam: (i) o valor do *quasi-rent* a que os fornecedores estão expostos, e (ii) o valor da opção implícita nos contratos de fornecimento de gás natural com *take-or-pay*. Estas serão as variáveis dependentes dos modelos estatísticos utilizados.

Estas variáveis, por sua vez, serão associadas à variação de outras características das transações e contratos envolvendo o fornecimento de gás natural para consumo industrial, cuja influência sobre a variável dependente será deduzida a partir das Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais. Estas constituirão as variáveis independentes ou explicativas do modelo estatístico utilizado.

O teste de hipóteses será realizado com base na evidência obtida a partir da amostragem e análise de 396 transações e contratos, efetuados entre consumidores industriais e empresas distribuidoras de gás natural. Vale lembrar que estas últimas assumem o papel de fornecedoras do energético no último elo da cadeia de fornecimento apresentada no Capítulo 1, foco desta pesquisa.

A natureza do método empregado se enquadra no contexto dos estudos não experimentais (KERLINGER, 1980). Esta classificação se deve ao fato de que os dados da amostra foram coletados a partir de observações no próprio ambiente de ocorrência, ou seja, informações sobre transações já existentes, e sem a possibilidade de atuação do pesquisador sobre a variável dependente observada. Quanto ao objetivo, podemos classificar esta pesquisa conforme SELLTIZ et al (1965) como um estudo causal ou explicativo, pois a metodologia envolve a verificação de uma relação entre variáveis, o que exige processos que tenham precisão e permitam inferências a respeito da magnitude e direção da associação.

Neste sentido, esta pesquisa se propõe a testar hipóteses bem definidas e não a ganhar familiarização com um fenômeno, como nos estudos exploratórios, ou descrever um grupo ou indivíduo específico, como nos estudos descritivos.

## 3.2 HIPÓTESES DA PESQUISA

“A finalidade da atividade científica é a obtenção da verdade, por intermédio da comprovação de hipóteses, que, por sua vez, são pontes entre a observação da realidade e a teoria científica, que explica a realidade. O método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que (...) permite alcançar o objetivo (...)” (LAKATOS & MARCONI, 1989).

Tendo em vista os conceitos oferecidos pelos corpos teóricos percorridos anteriormente e as proposições apresentadas na Seção 1.4.4, esta pesquisa pretende testar as hipóteses descritas a seguir. Detalhes sobre os parâmetros das transações que serão incluídos na construção das variáveis dependentes e independentes, ou controlados através da segmentação da amostra, serão analisados na Seção 3.3.

### HIPÓTESE IA

Do ponto de vista do fornecedor, a flexibilidade contratual oferecida no *take-or-pay*, reflete o valor de suas alternativas disponíveis para comercialização do produto. Quanto menor o valor destas alternativas, maior será o grau de especificidade dos investimentos realizados para dar suporte a transação e a exposição ao poder de barganha por parte do consumidor. Espera-se que quanto maior a quantidade contratada por um consumidor, em relação ao volume total comercializado pela distribuidora de gás, menor será o valor das aplicações alternativas que esta distribuidora teria para este volume e maior seria o custo irrecuperável associado aos ativos envolvidos na transação. Como a negociação com o consumidor industrial de gás natural ocorre após a realização dos investimentos nestes ativos específicos, o maior poder de barganha do consumidor deve se refletir em contratos mais flexíveis no *take-or-pay*. Em mercados onde a especificidade dos investimentos é baixa, seja porque eles já estão depreciados ou porque o valor alternativo para o gás natural é maior, esta associação entre as variáveis deverá ser menos significativa.

### HIPÓTESE IB

O grau de especificidade dos investimentos realizados pelo fornecedor deve ser tanto maior quanto menor a maturidade do mercado de gás natural. Espera-se que quanto menor a maturidade do mercado, maior será o valor do *quasi-rent* associado a estes investimentos, devido à pequena depreciação da infra-estrutura de fornecimento ou à menor facilidade de alocação dos volumes contratados para

outros consumidores. Desta forma, devido ao maior poder de barganha dos consumidores após a realização dos investimentos específicos pela distribuidora de gás, espera-se que o nível médio do *take-or-pay* seja menor, ou mais flexível, nas regiões onde o mercado é mais imaturo.

## **HIPÓTESE II**

A quantidade contratada para fornecimento de gás natural pode ser vista como uma capacidade instalada, garantida no contrato, tal que o consumidor pode optar por utilizar conforme sua necessidade. Neste contexto, a flexibilidade contratual em relação às quantidades contratadas pode ser tratada como uma opção real de compra, onde o prêmio da opção estaria implícito no compromisso de pagamento mínimo por estas quantidades contratadas. Este prêmio deve ser tanto maior quanto maior a volatilidade e o valor que o gás natural tenha para o consumidor, como função do preço relativo entre os energéticos disponíveis, da importância do gás para seu processo industrial e da sua demanda pelo produto. Espera-se que, quanto maior a volatilidade da demanda, maior deverá ser o prêmio que o consumidor estaria disposto a pagar pelo energético. Contudo, quanto maior o preço relativo a favor do gás natural ou maior o seu valor para o processo produtivo do consumidor, menor deverá ser a influência da incerteza sobre a demanda para o valor da flexibilidade contratual.

## **3.3 OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL**

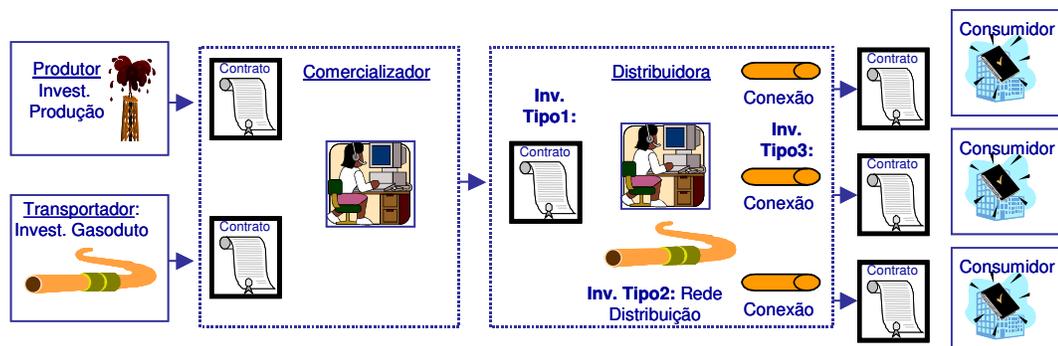
Para a operacionalização do método de pesquisa e teste das hipóteses, serão consideradas as definições de trabalho formalizadas a seguir para as variáveis dependentes e sua relação hipotética de associação com as variáveis independentes. Os Apêndices 1 e 2 resumem o planejamento da coleta de dados realizada para o atendimento da construção das variáveis operacionais aqui propostas.

### **3.3.1 Variáveis Operacionais para as Hipóteses IA e IB – Flexibilidade Contratual e Custos de Transação**

#### **VARIÁVEL DEPENDENTE – TAKE-OR-PAY PERCENTUAL**

A Hipótese IA relaciona a flexibilidade no pagamento por quantidades mínimas contratadas ao poder de barganha do consumidor, após a realização de investimentos específicos pela distribuidora. Neste sentido, a variável dependente refletindo a flexibilidade, deve ser construída com parâmetros da transação que espelhem os investimentos específicos

adequados. Estes investimentos podem ser classificados em três tipos diferentes, conforme a Figura 12.



**Figura 12 Reprodução da Figura 1 - Estrutura dos investimentos na cadeia de fornecimento de gás natural**

- Tipo 1: Conforme mencionado na Seção 2.2.2, os compromissos assumidos pela distribuidora nos contratos para produção de gás natural e seu transporte até a entrada da rede de distribuição, com os agentes à montante da cadeia de fornecimento, podem ser considerados como um investimento “virtual”, já que a distribuidora não desenvolve diretamente estas atividades. Contudo, estes contratos de compra de gás embutem a garantia de todos os ativos físicos, construídos para a produção e transporte do produto até a distribuidora, através de suas próprias cláusulas de pagamento por quantidades contratadas mínimas. O Anexo A apresenta uma analogia contábil para esta transferência de garantias ao longo da cadeia de fornecimento. Pelo montante envolvido, estes compromissos representam a principal razão da existência da cláusula *take-or-pay* nos contratos de fornecimento de gás natural industrial.
- Tipo 2: Adicionalmente, a distribuidora realiza investimentos específicos físicos na rede de gasodutos de distribuição. Estes investimentos devem influenciar menos o nível do *take-or-pay* exigido pela distribuidora de cada consumidor individualmente, pois seriam realizados de forma a atender a todos os clientes de forma conjunta. Além disso, eles normalmente são muito inferiores ao valor das garantias assumidas na cadeia de fornecimento.
- Tipo 3: Por fim, a distribuidora também realiza investimentos específicos na ligação de cada consumidor individualmente. Estes investimentos foram desconsiderados para efeitos desta pesquisa porque, normalmente, a distribuidora exige garantias contratuais financeiras adicionais do consumidor, as quais ficam fora da condição *take-or-pay* exigida.

Tendo em vista que as garantias contratuais do tipo 1 descritas acima, constituem o principal investimento específico realizado pela distribuidora, pode-se considerar que, quanto menor a possibilidade de seu repasse para o consumidor final após sua realização, maior terá sido seu poder de barganha e potencial desapropriação dos *quasi-rents* de toda a cadeia de fornecimento<sup>52</sup>. Desta forma, considerou-se que a variável dependente adequada para espelhar a flexibilidade contratual na Hipótese IA seria o percentual efetivo das quantidades contratadas que devem ser pagas mesmo que não utilizadas, ou *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL*, estabelecido para cada transação. Esta definição também é consistente com a teoria descrita na Seção 2.5.1.

Conforme as provisões contratuais identificadas na Seção 1.4.2, a construção da variável dependente *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* considerou a agregação do efeito das seguintes cláusulas dos contratos: (a) percentual de *take-or-pay* genérico do contrato, (b) período de manutenção programada, (c) período de testes, e (d) percentual de sobre-demanda permitido.

As provisões contratuais, identificadas na Seção 1.4.2 e referentes ao período de contabilização do *take-or-pay* e às condições de *make-up-gas*, não foram contempladas nesta variável. Sua valoração dependeria das expectativas do consumidor industrial a respeito de sua curva de probabilidade de demanda ao longo de todo o prazo contratual, sendo de difícil avaliação no momento da contratação. Assume-se, de forma simplificada, que a decisão do consumidor é tomada principalmente em função dos parâmetros determinísticos do contrato.

Desta forma, a variável dependente *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* (TOP\_Ind\_%) será calculada como uma variável quantitativa, com escala razão, medida em percentual sobre o volume contratado de gás natural, e calculada conforme segue:

**Eq.1:**

$$\text{TOP\_Ind\_ \%} = \left( \frac{\% \text{TOP}}{(1 + \text{SWING})} \right) * \left( \frac{365 - \text{DIAS\_MANUTEN}}{365} \right) * \left( \frac{\text{PRAZO} - \text{DIAS\_TESTE}}{\text{PRAZO}} \right)$$

Onde:

- %TOP - Percentual mínimo da quantidade contratada, e garantida pela distribuidora, que o consumidor deve pagar para um período de apuração

<sup>52</sup> Como o consumidor também realiza investimentos específicos, por exemplo, na conversão de equipamentos de processo, se poderia esperar que seu comprometimento dentro da transação bilateral aumentasse, reduzindo seu poder de barganha e a ocorrência de oportunismo, o que poderia atenuar as expectativas com relação à Hipótese IA. Contudo, como o valor do investimento realizado pelo consumidor é, normalmente, muito inferior ao investimento que o fornecedor assume nos contratos de compra de gás para dar suporte a transação, espera-se que este efeito seja marginal.

especificado, mesmo que não tenha realizado o efetivo consumo destas quantidades (provisão contratual genérica de *take-or-pay*).

- SWING – Percentual de demanda acima da quantidade contratada, garantida pela distribuidora do gás natural, para variações de consumo normais do consumidor (provisão contratual de excesso de demanda).
- DIAS\_MANUTEN – Prazo, em número de dias, concedido pela distribuidora ao consumidor, durante cada ano contratual, para diminuir ou cancelar sua demanda de gás de forma a permitir a manutenção de equipamentos de produção.
- PRAZO – Prazo contratual em número de dias.
- DIAS\_TESTE – Prazo, em número de dias, concedido pela distribuidora ao consumidor, no início do prazo contratual, para a realização de testes nos equipamentos de consumo de gás natural ou mesmo para testar a viabilidade do produto para sua produção.

#### **VARIÁVEL INDEPENDENTE – RAZÃO VOLUME CONTRATADO (*Ind. / Distr.*)**

Conforme descrito na Hipótese IA, espera-se que a especificidade dos investimentos da distribuidora de gás natural, com compromissos contratuais à montante da cadeia de fornecimento, aumente com a proporção do volume contratado pelo consumidor, em relação ao volume total comercializado pela distribuidora com outros consumidores industriais.

Desta forma a variável explicativa *RAZÃO VOLUME CONTRATADO (Ind./Distr.)* (*Razão\_QDC\_(Ind./Distr.)*) será quantitativa, medida com escala razão, em percentual, e calculada como segue:

$$\text{Eq.2.: } \text{Razão\_QDC\_}(Ind/Distr) = \frac{\text{QDC\_Industrial}}{\text{QDC\_Total\_Distribuidora}}$$

Onde:

- QDC\_Industrial – Quantidade Diária Contratual (QDC) média que a distribuidora de gás natural garante para o atendimento das necessidades de cada consumidor industrial. Calculada como a média diária garantida para todo o prazo contratual com cada consumidor específico, em metros cúbicos de gás por dia.
- QDC\_Total\_Distribuidora – Quantidade Diária Contratual total que a distribuidora tem contratado com todos os seus consumidores industriais. Ela é calculada como a soma dos volumes contratados pela distribuidora com todos os clientes

considerados na pesquisa, no momento da contratação com cada consumidor específico. A unidade é metros cúbicos de gás natural por dia.

Quando a negociação para fornecimento de gás ocorre após a realização dos investimentos em capacidade de fornecimento, o poder de barganha do consumidor com maior *RAZÃO VOLUME CONTRATADO (Ind./Distr.)* deveria resultar em maior flexibilidade contratual, isto é, menor *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL*, refletindo a ocorrência de desapropriação dos *quasi-rents*. Esta associação deve ser menos importante nos mercados mais maduros e com depreciação adiantada dos investimentos específicos<sup>53</sup>. Na Seção 3.4 a amostra será segmentada de forma a permitir a consideração deste fato.

### 3.3.2 Variáveis Operacionais para a Hipótese II - Flexibilidade Contratual e Opções Reais

#### VARIÁVEL DEPENDENTE – *TAKE-OR-PAY PREÇO*

A variável dependente refletindo o nível de flexibilidade do *take-or-pay* segundo os conceitos da Teoria das Opções Reais, deve servir como *proxy* para a variação do valor da opção de consumo, por parte do consumidor, pela capacidade de fornecimento garantida no contrato. No caso de mercados maduros, onde a negociação ocorre antes que o próximo investimento específico seja decidido pela distribuidora, este prêmio de opção deve refletir também o valor do incentivo necessário para a realização de investimentos em condições de incerteza sobre a demanda. Como as transações analisadas ocorreram após o referido investimento, esta última hipótese ficará para ser testada em uma futura pesquisa.

Para a construção desta variável foram consideradas as mesmas provisões contratuais identificadas na seção anterior, visando a determinação do percentual efetivo das quantidades contratadas que devem ser pagas mesmo que não utilizadas, conforme consolidado na variável *TOP\_Ind\_%*.

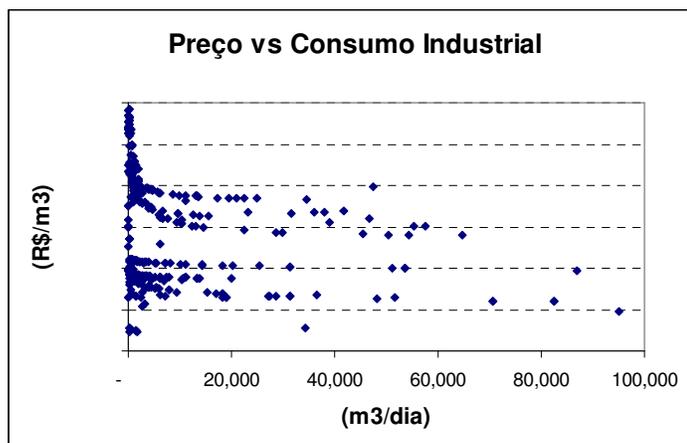
Contudo, para o teste da influência da Teoria das Opções Reais, descrita nas Seções 2.3, 2.5.2 e 2.5.3, torna-se crítica a consideração da influência do preço de fornecimento do gás natural, uma vez que a percepção de cada consumidor sobre o valor do prêmio da opção de consumo dependerá também deste parâmetro. O preço de fornecimento do gás natural é diferente para cada consumidor porque ele é estabelecido através de uma “tabela cascata”, descrita na Seção

---

<sup>53</sup> Nestas condições de mercado, o poder de barganha de um novo consumidor deveria decrescer ainda mais quando a distribuidora tivesse que realizar novos investimentos em capacidade de fornecimento para seu futuro atendimento.

2.4.1, onde, quanto maior o volume consumido, menor é a margem de comercialização média que a distribuidora cobra pelo gás natural para combustível industrial.

A Figura 13 mostra a relação entre o preço unitário pago pelo gás natural e o consumo efetivo deste produto, ambos calculados para julho de 2002, para os dados das 6 distribuidoras que fizeram parte da amostra desta pesquisa. A relação é negativa e não linear, conforme esperado, em função da “tabela cascata” mencionada. Para deixar mais claro este aspecto, o Anexo B apresenta a mesma relação de forma segmentada para cada distribuidora de gás natural que fez parte desta pesquisa.



**Figura 13** Relação entre o preço médio do gás natural e o volume efetivamente consumido (Julho 2002)

Espera-se que no momento da decisão sobre o prêmio a ser pago pela opção de utilização da capacidade contratada e garantida de gás natural, o consumidor esteja disposto a buscar um equilíbrio entre o percentual das quantidades contratadas que devem ser pagas mesmo que não utilizadas ( $TOP\_Ind\%$ ), e o preço a ser pago por cada unidade de quantidade contratada. Este ponto é evidenciado pela existência de associação negativa entre estas variáveis, conforme mostrado no Anexo C.

Para esclarecer melhor os parâmetros contratuais que influenciam a percepção do valor deste prêmio de opção, as Figuras 14 e 15 apresentam o resultado de negociações fictícias para o fornecimento de gás natural a dois consumidores, com diferentes incertezas sobre a demanda<sup>54</sup>:

1. Supondo-se que os dois possuam contratos idênticos, em termos de quantidade contratada (QDC), preço do gás natural ( $P_c$ ) e percentual de pagamento por

quantidades mínimas contratadas (70%), o consumidor A estaria pagando um prêmio idêntico ao do consumidor B, porém atribuiria um valor menor pela capacidade flexível garantida no contrato, visto que seu consumo é razoavelmente previsível.

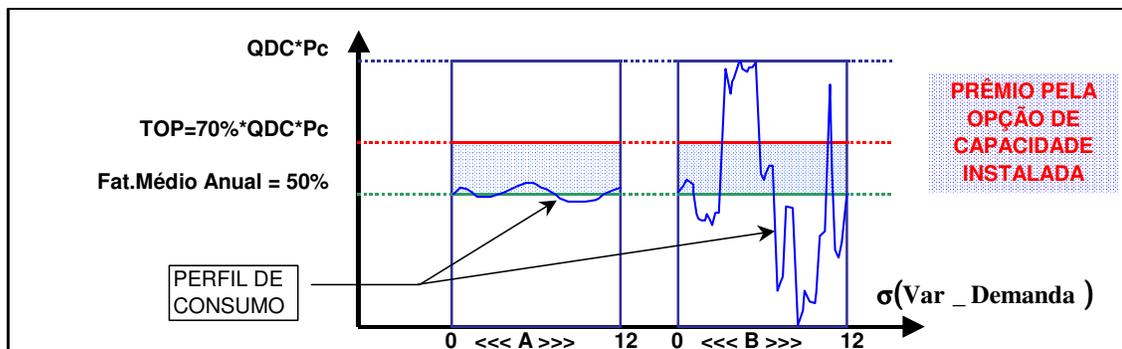


Figura 14 Representação esquemática do prêmio pago pela opção de garantia de capacidade, para dois consumidores com diferentes perfis de consumo, ao longo de 12 meses, e contratos idênticos para fornecimento de gás natural

2. A segunda situação mostra que o esforço de negociação deve se concentrar em promover a diferenciação entre os contratos dos diferentes consumidores, pela alteração do preço, ou do TOP\_Ind\_% contratado. Lembrando que o preço final do gás natural não é normalmente passível de negociação, se poderia esperar que os consumidores e a distribuidora buscassem condições negociadas sobre o TOP\_Ind\_%, que ajustassem suas percepções do valor da opção sobre as quantidades contratadas. De outra forma, o contrato seria possível apenas se as condições de preço fossem, por acaso, adequadas à percepção de valor:

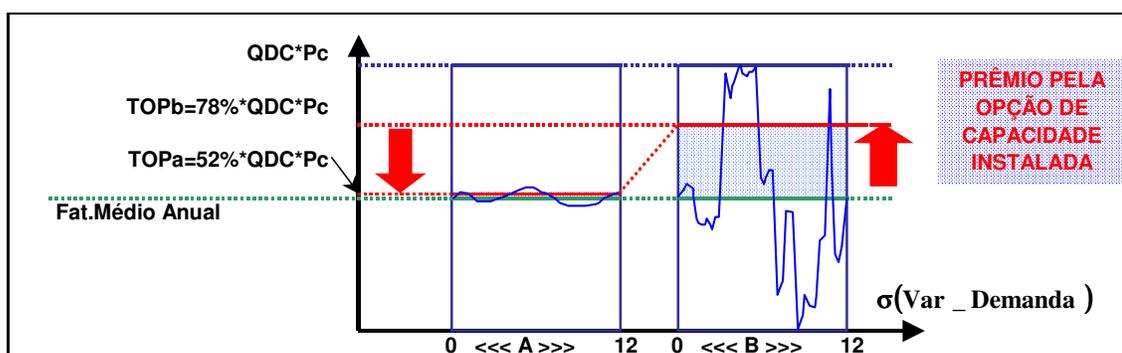


Figura 15 Representação esquemática da força da negociação sobre o prêmio pago pela opção de garantia de capacidade, para dois consumidores com diferentes perfis de consumo e contratos idênticos para fornecimento de gás natural

<sup>54</sup> Para simplificar a explicação, mas consistente com a Hipótese II, supõe-se nesta figura que o valor da opção está relacionado apenas com a volatilidade da demanda de cada consumidor. O preço relativo dos combustíveis substitutos, e o valor do gás no processo produtivo são supostos constantes.

Desta forma, a variável dependente *TAKE-OR-PAY PREÇO* (TOP\_Ind\_Pr) foi construída para considerar estas duas características que refletem o valor da opção, isto é, o TOP\_Ind\_% e o preço do gás natural. Elas foram combinadas em uma variável quantitativa, com escala razão, medida como a parcela mínima do preço unitário a ser pago pelo consumidor pelas quantidades contratadas, mesmo que não consuma toda esta quantidade, segundo a fórmula abaixo:

**Eq.3.:** TOPInd Pr = TOP \_ Ind \_ % \* PRGAS

$$\text{TOPInd Pr} = \left( \frac{\% \text{TOP}}{(1 + \text{SWING})} \right) * \left( \frac{365 - \text{DIAS\_MANUTEN}}{365} \right) * \left( \frac{\text{PRAZO} - \text{DIAS\_TESTE}}{\text{PRAZO}} \right) * \text{PRGAS}$$

Onde:

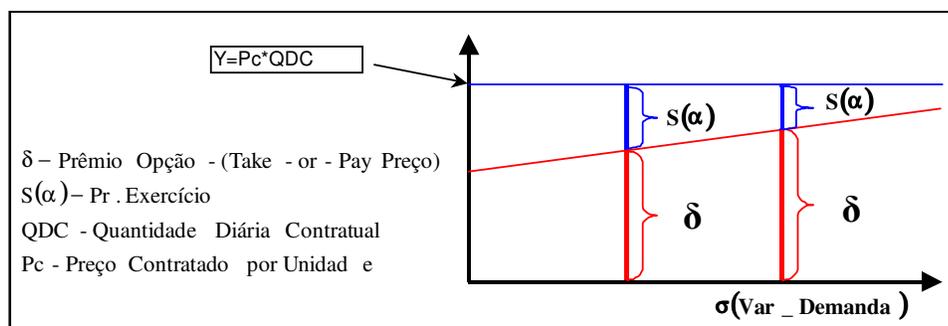
- PRGAS – Preço do gás natural aplicado para o consumo do mês de setembro de 2002, ou corrigido pela variação do IGPM, desde o último mês de consumo do consumidor, até setembro de 2002. Os preços foram calculados pela divisão do valor faturado pela quantidade consumida, para cada contrato considerado na amostra, e incluem todos os tributos sobre a venda (ICMS e PIS/COFINS).

O Anexo D apresenta uma dinâmica de negociação estilizada, que consolida os conceitos apresentados no desenvolvimento desta variável, fornecendo uma visão intuitiva dos valores envolvidos, tanto para o consumidor como para o fornecedor.

### **VARIÁVEL INDEPENDENTE – VOLATILIDADE DA DEMANDA INDUSTRIAL**

Conforme a Hipótese II, baseada no referencial teórico descrito nas Seções 2.3, 2.5.2 e 2.5.3, uma das principais características da transação, com influência no valor da opção de instalação de uma capacidade garantida de fornecimento de gás natural, seria a volatilidade da demanda pelo produto. Esta volatilidade da demanda é uma *proxy*, tanto para a incerteza quanto ao preço relativo do gás natural para os energéticos alternativos, que eventualmente permitiria a arbitragem entre os dois mercados, quanto para a incerteza da demanda do consumidor pelo próprio processo produtivo.

Quanto maior for a volatilidade da demanda do industrial pelo gás natural, maior deveria ser o valor que ele atribuiria pela opção sobre a capacidade garantida contratada na transação. Desta forma, a variável dependente *TAKE-OR-PAY PREÇO* (TOP\_Ind\_Pr) deveria crescer com o aumento da volatilidade da demanda, conforme ilustrado na Figura 16.



**Figura 16** Representação esquemática da Hipótese II utilizando a terminologia apresentada na Seção 2.5

Assim, para cada um dos contratos analisados, foi considerada a variável independente *VOLATILIDADE DA DEMANDA INDUSTRIAL* ( $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ ), calculada sobre o período de um ano após o início do fornecimento do gás natural, ou pelo prazo mínimo de 6 meses para aqueles contratos que eram muito recentes com relação a Setembro de 2002. Transações com consumo de menos de 7 meses foram descartadas da amostra para o teste do valor da flexibilidade contratual sob a ótica das opções reais.

Esta variável será quantitativa, medida com escala razão e, conforme o cálculo tradicional para opções financeiras (HULL, 1999), computada em percentual, como o desvio padrão, em base anual, da taxa de variação da demanda mensal por gás natural. A fórmula abaixo apresenta o cálculo mencionado:

$$\text{Eq.4.: } \text{Sigma}(\text{Variação\_Demanda}) = \sqrt{12} * \text{DESV.PAD} \left[ \ln \left( \frac{\text{Demanda\_Mês}(i)}{\text{Demanda\_Mês}(i-1)} \right) \right]$$

Onde:

- $\text{DESV.PAD} \left[ \ln \left( \frac{\text{Demanda\_Mês}(i)}{\text{Demanda\_Mês}(i-1)} \right) \right]$  – Desvio padrão da amostra de tamanho 12 do Logaritmo Neperiano da razão entre a demanda do consumidor no mês (i) e a demanda do consumidor no mês anterior (i-1), calculado sobre 13 (ou no mínimo 7) meses de consumo, a partir do início do seu fornecimento de gás natural. Resulta no valor da volatilidade mensal da demanda.
- $\sqrt{12}$  - Raiz quadrada do número de meses que compõem o período sobre o qual se quer conhecer a volatilidade média, a partir da volatilidade mensal.

Para a correta interpretação dos resultados do modelo estatístico, com uma única variável referente à volatilidade da demanda, é necessário levar em consideração as seguintes observações:

1. A Hipótese II indica outros parâmetros que afetam o valor da opção sobre as quantidades contratadas. Este valor depende da diferença entre os preços do gás natural e dos energéticos substitutos e também do tipo de aplicação do gás no processo do consumidor.

Estes dois parâmetros, não incluídos na variável independente do modelo de forma explícita, foram controlados através da segmentação da amostra coletada.

No caso do tipo de aplicação do gás natural, a *proxy* utilizada foi a segmentação por tipo de indústria. Como esta *proxy* não leva em conta os diferentes usos do gás dentro do próprio segmento industrial (geração de vapor, queima direta, aquecimento, etc), uma elevada dispersão seria esperável nos resultados. Contudo, trata-se de uma simplificação, necessária pela dificuldade encontrada no levantamento mais detalhado sobre a utilização do gás na maioria das transações analisadas. Seria interessante que futuras pesquisas aprofundassem a avaliação do valor da flexibilidade, para diferentes utilizações do gás natural, em diferentes segmentos industriais.

Já a influência da diferença entre os preços do gás natural e dos combustíveis substitutos foi controlada, na segmentação da amostra, de acordo com o tipo do principal energético substituído na época da assinatura do contrato. Ressalta-se que foram identificados poucos consumidores que poderiam alternar o processo entre dois combustíveis, fato este que ampliaria a influência deste fator. Devido à importância deste fator para o desenvolvimento de mercados interruptíveis de consumo de gás natural, uma pesquisa mais específica sobre este aspecto também seria interessante no futuro.

Na análise destas segmentações, espera-se que quanto maior for o preço dos combustíveis substituídos com relação ao gás natural e quanto mais importante for o gás natural para os processos dos diferentes tipos de indústrias, menor deverá ser a importância da volatilidade para a explicação do *TAKE-OR-PAY PREÇO* do contrato. Estes seriam casos limites do valor das opções, isto é, quando a vantagem do gás é tão grande que uma das variáveis explicativas, no caso a volatilidade, não é significativa para o resultado, conforme explicado na Seção 2.3.1.

2. Outro ponto importante é ilustrado na Figura 17, referente a uma alternativa para a discussão realizada nas Figuras 15 e 16. Ela mostra que a variável dependente *TOP\_Ind\_Pr* seria também influenciada pela possibilidade de negociação sobre a dimensão da quantidade contratada (QDC). Através desta negociação, o consumidor também poderia

adequar o prêmio pago pela capacidade contratada às suas percepções de valor, sem alterar o preço ou o percentual *take-or-pay*.

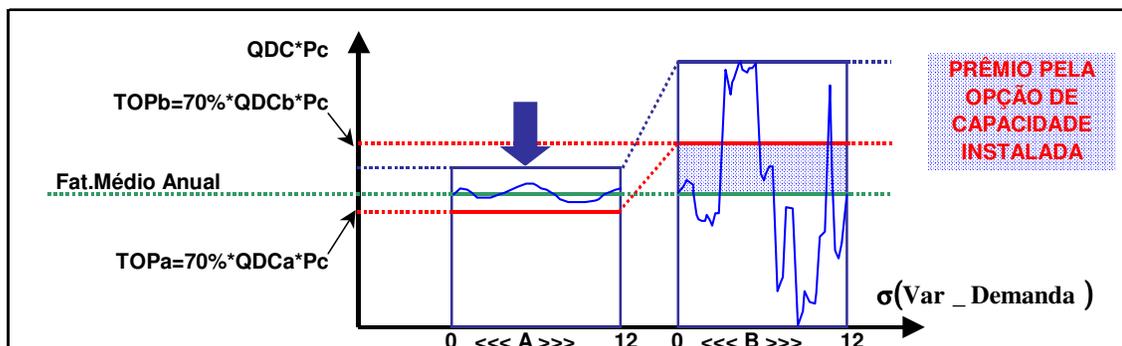


Figura 17- Alternativa de negociação para a adequação das percepções de valor da opção sobre as quantidades contratadas

Contudo, como a ação do consumidor para atuar sobre as quantidades contratadas seria aleatória e independente de sua volatilidade da demanda, esta variável não interfere na interpretação da associação entre o TOP\_Ind\_Pr e a volatilidade da demanda, em um modelo estatístico com apenas uma variável independente. O Anexo E apresenta a evidência estatística para esta conclusão com os dados amostrados.

### 3.4 INSTRUMENTAL DE COLETA DE DADOS E SEGMENTAÇÃO DA AMOSTRA

Segundo SELTZ et al (1965) e CLOVER & BALSLEY, H. (1974) apud SBAGIA (1977), ocorrem três métodos clássicos de coleta de dados: observação, levantamento e experimento. Tendo em vista a natureza não-experimental da pesquisa, os métodos de observação e levantamento foram os aplicados.

O método de observação foi aplicado porque a variável de interesse foi observada dentro do ambiente em que ela ocorre, isto é, através da coleta de dados de contratos e transações efetivamente realizadas, principalmente pela análise documental existente.

Embora vários autores mencionem como limitação do método o fato de que não é possível a seleção de valores mais adequados para a variável explicativa, ele encontra aplicação não apenas para pesquisas exploratórias, mas também para alguns casos de estudos cujos objetivos são a verificação de hipóteses causais. Neste último caso, torna-se necessário o desenvolvimento de testes visando a verificação da eficácia das observações obtidas, para efeito de generalização dos resultados (NETER et al, 1996).

Já o método de levantamento foi útil por englobar uma série de técnicas tais como entrevista, questionário e exame de registros, que foram necessários para a obtenção de informações que estavam “fora do contrato” de fornecimento de gás, a partir das experiências a que estiveram expostos os diretores e gerentes comerciais das distribuidoras (SELLTIZ et al., 1965). As entrevistas foram realizadas com base em parâmetros qualitativos e quantitativos pré-definidos, de forma a complementar as informações do instrumento de coleta de dados utilizado, e que não podiam ser encontradas na análise documental.

Como vantagem deste processo, pode-se mencionar que foram observados diversos elementos qualitativos sobre as transações que em muito auxiliaram no tratamento dos dados coletados, e mesmo na ratificação da potencial validade das hipóteses levantadas. O instrumental básico de coleta de dados encontra-se exemplificado nos Apêndices de 3 a 7. Este instrumento de coleta permitiu a tabulação de todas as variáveis estabelecidas no planejamento da coleta de dados e incluiu também outras informações adicionais, que serviram para complementar e criticar os resultados, bem como para subsidiar o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre o assunto.

A amostragem englobou transações de 6 distribuidoras de gás natural, dispostas em dois grupos de 3, referentes a duas regiões com características distintas de depreciação dos investimentos de produção e transporte do produto. Na Região R1, a maturidade do mercado de gás natural e a depreciação dos investimentos para fornecimento de gás são maiores, visto que ele foi iniciado antes de 1995, a data mais antiga em que existiam dados disponíveis. Já na Região R2, o desenvolvimento do mercado e a instalação da infra-estrutura para fornecimento, foram iniciados somente após 1999. Portanto, espera-se que esta região apresente características de transação mais relacionadas com alta especificidade dos ativos, uma vez que estes se encontram apenas no início de sua depreciação.

Devido às várias segmentações da amostra necessárias para os testes das Hipóteses IA, IB e II, ou seja, por região, por tipo de atividade industrial e por tipo de energético que o gás natural substituiu, foi necessária a amostragem completa de todos os contratos disponíveis nas distribuidoras visitadas. Deste universo de contratos ainda foi preciso selecionar um subconjunto válido para a análise de cada distribuidora:

1. Que considerasse apenas as amostras cujos contratos representassem clientes consumindo gás atualmente ou que, caso tivessem deixado de consumir, apresentassem pelo menos 6 meses de consumo após a assinatura inicial do contrato.

2. Que considerasse apenas amostras cujos contratos não representassem transações inválidas em Setembro de 2002 (consumidores que não tinham contratos com vigência válida) ou que eram do tipo interruptível, isto é, sem garantia de fornecimento por parte do fornecedor.
3. Que considerasse os aditivos contratuais como novos contratos ou novas amostras, uma vez que eles espelham uma repactuação em um momento diferente do tempo. Esta repactuação pode ser reflexo da ocorrência do poder de barganha por parte do consumidor.

Todos os contratos que atenderam aos critérios acima foram considerados na amostra. Através deste procedimento, o universo de 396 transações observadas resultou em uma amostragem válida, cujo tamanho e segmentação são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3 Tamanho da Amostra por Segmento  
- Tipo de Combustível Substituído -**

Região	Energia Elétrica	GLP	Óleo Combustível	Outros	Total
R1	9	19	177	24	229
R2	14	80	39	20	153
<b>Total</b>	23	99	216	44	382

**Tabela 4 Tamanho da Amostra por Segmento  
- Tipo de Segmento Industrial -**

Região	Alimentos	Metalúrgico	Químico	Cerâmico	Têxtil	Outros	Total
R1	48	26	61	16	31	47	229
R2	15	37	6	32	19	44	153
<b>Total</b>	63	63	67	48	50	91	382

De forma a se obter confiabilidade para as conclusões dos testes estatísticos a serem realizados, apenas tamanhos de amostras acima de 30 serão considerados para a interpretação dos resultados.

Para o teste das Hipóteses IA e IB a segmentação mais relevante é aquela que controla os dados por região, como *proxy* para o grau de desenvolvimento de mercado.

Contudo, pode-se esperar que as distribuidoras estejam mais expostas ao poder de barganha do consumidor, sendo forçadas a flexibilizar mais os contratos, nos casos de transações envolvendo energéticos substitutos cujo preço seja mais próximo ao do gás natural, ou para indústrias onde o gás natural agregue menor valor. Desta forma, a amostra foi também segmentada pelo tipo de combustível substituído e tipo de indústria.

No caso da Hipótese II, as segmentações quanto ao tipo de combustível substituído e tipo de indústria são pertinentes devido ao diferente valor do produto gás natural para o consumidor. Conforme esta hipótese, o valor intrínseco do gás natural para o consumidor também afeta o prêmio da opção, e estas segmentações controlam este fato.

Já as segmentações da amostra, em diferentes regiões e por distribuidora de gás natural, são adequadas para o teste da Hipótese II, porque, conforme a teoria desenvolvida na Seção 2.3.3, a distribuidora de gás natural também tem valor de opção associado aos investimentos específicos realizados para instalar uma capacidade de fornecimento de gás natural. Desta forma, esta segmentação visa controlar comportamentos diferentes do fornecedor entre estas regiões, devido às diferentes condições de depreciação da infra-estrutura de transporte e produção do gás natural.

Adicionalmente, o controle da amostra para o tamanho do consumidor, segundo o volume de gás consumido, é importante para a Hipótese II porque a variável dependente envolve o preço do gás natural para o consumidor final. Este preço, por sua vez, é correlacionado com as quantidades efetivamente consumidas conforme já mencionado na Seção 3.3.2.

Pode ser observado na Figura 18 e Tabela 5 que existe correlação entre os volumes contratados pelos industriais e o volume médio efetivamente consumido, de acordo com os dados de julho de 2002. O coeficiente de regressão linear, indicando a inclinação da reta ajustada para os valores observados, é próximo da unidade e, conforme a estatística  $t$  calculada, ele é estatisticamente maior do que zero ao nível de confiança de 95%.

A variação estatística em torno da reta de ajuste da regressão indica que, enquanto alguns consumidores contratam mais do que o necessário, eventualmente para ajustar uma perspectiva de volatilidade na demanda (e ficando sujeito ao pagamento de penalidades de *take-or-pay* mais elevadas), outros contratam menos do que necessitam, eventualmente para se proteger do pagamento de *take-or-pay*, fazendo uso das cláusulas de excesso de demanda para ajustar suas necessidades de consumo. Entretanto, na média de todas as distribuidoras, os consumidores contratam os volumes equivalentes às suas necessidades de consumo.

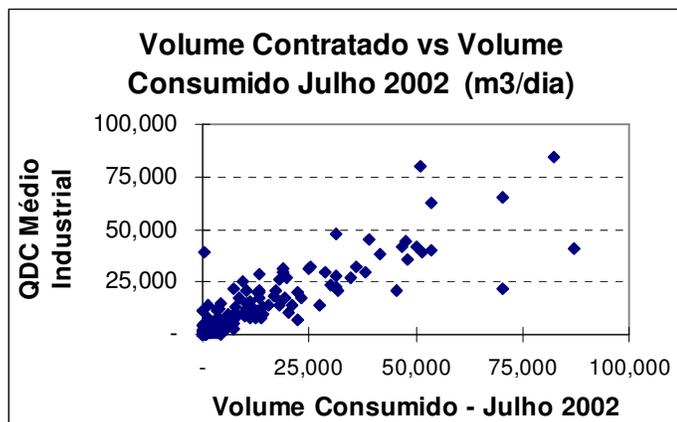


Figura 18 Relação entre volume contratado (QDC) e volume consumido em Julho/2002

Tabela 5 Estatística da Regressão Linear Simples (OLS) entre o volume industrial contratado e o volume médio efetivamente consumido (Julho 2002)

	<i>Coefficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>	<i>Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>
Interseção	2,264.21	1,540.21	1.47007		0.92866	(277.32)	53,507.08
Volume Consumido - Julho 2002	0.96972	0.02915	33.27	1.65041	1.00000	0.92162	1.01782

Pelas mesmas razões expostas no Anexo E, caso a volatilidade da demanda e a demanda contratada estejam correlacionadas, a consideração do preço unitário na construção da variável dependente (TOP\_Ind\_Pr) exigiria a utilização de um modelo de regressão linear múltiplo, onde a volatilidade da demanda ( $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ ) e a quantidade contratada (QDC) seriam variáveis explicativas.

No Capítulo 4 esta premissa será testada e controlada segmentando-se a amostra para níveis de demanda que evitem a correlação entre a QDC e volatilidade da demanda.

### 3.5 MÉTODO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Devido à natureza da pesquisa, serão utilizados preferencialmente os métodos estatísticos de Regressão Linear Simples (OLS), com testes de hipóteses paramétricos, para verificar a existência ou não das associações esperadas nas Hipóteses IA e II.

O principal objetivo da utilização deste método será a realização de inferências sobre a direção de variação média das variáveis dependentes, com relação à variação das variáveis independentes. É importante destacar que esta pesquisa não visa a utilização do modelo estatístico de regressão para a realização de estimativas sobre a média, ou predição de novas

observações da variável dependente para diferentes níveis da variável independente. Assim, a eventual dispersão dos dados em torno da média das populações estudadas, devido a fatores aleatórios não considerados no modelo, não interfere nos objetivos da análise.

Adicionalmente, será aplicado um teste estatístico paramétrico para a verificação da diferença de médias para duas populações da variável *TOP\_Ind\_%*, objeto da Hipótese IB.

Os modelos estatísticos a serem aplicados e a expectativa de resultados são:

**HIPÓTESE IA:** Reflete a visão da distribuidora de gás segundo a Teoria dos Custos de Transação:

$$\text{Eq.5: } TOP\_Ind\_ \%_i = \alpha_f + \beta_{1f} * Razão\_QDC\_(Ind/Distr)_i + e_i$$

onde é verificado se:

$$H_0 : \beta_{1f} = 0$$

$$H_a : \beta_{1f} < 0$$

ou seja, trata-se de um teste unilateral onde a Hipótese Nula do teste é que não existe associação entre as variáveis e a Hipótese Alternativa é que esta associação é negativa, devido ao maior poder de barganha do consumidor após a realização dos investimentos específicos pela distribuidora de gás natural.

**HIPÓTESE IB:** Também reflete a visão da distribuidora de gás natural segundo a Teoria dos Custos de Transação. Neste caso verifica-se se existe diferença nas médias da variável *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* (*TOP\_Ind\_%*) para as duas regiões com diferentes níveis de especificidade dos investimentos.

onde é verificado se:

$$H_0 : \mu_{R2} = \mu_{R1} \quad (\text{sendo } \mu \text{ a média da variável } TOP\_Ind\_ \%)$$

$$H_a : \mu_{R2} < \mu_{R1}$$

ou seja, trata-se de um teste unilateral onde a Hipótese Nula estabelece que as médias da variável *TOP\_Ind\_%* independem do nível de depreciação dos investimentos específicos e sua diferença seria igual a zero, e a Hipótese Alternativa estabelece que esta média é menor na região onde os investimentos específicos não estão depreciados.

**HIPÓTESE II:** Reflete a visão do consumidor pela Teoria das Opções Reais (pela teoria exposta na Seção 2.3.3, esta hipótese também refletiria a visão da distribuidora de gás nas negociações em que novos investimentos são necessários):

$$\text{Eq.6: } TOP\_Ind\_ Pr_i = \alpha_c + \beta_{1fc} * Sigma(Var\_Demanda)_i + e_i$$

onde é verificado se:

$$H_0 : \beta_{1fc} = 0$$

$$H_a : \beta_{1fc} > 0$$

ou seja, trata-se de um teste unilateral onde a Hipótese Nula estabelece que não existe associação entre as variáveis, e a Hipótese Alternativa estabelece que esta associação é positiva, devido ao maior valor da opção conforme a volatilidade da demanda do consumidor cresce.

Em todos os testes mencionados espera-se poder rejeitar a Hipótese Nula em favor da Hipótese Alternativa a um nível de significância de 5%. Para a construção dos modelos e aplicação dos testes mencionados utilizou-se tanto o pacote estatístico do EXCEL 98 como também o SPSS Versão 11.0. As tabelas e gráficos estatísticos foram importados a partir dos relatórios destes softwares.

### **3.6 LIMITAÇÕES DO MÉTODO**

As principais limitações e dificuldades deste método de avaliação da relação entre as variáveis estudadas recaem sobre os seguintes pontos:

- O tipo de coleta de dados, não experimental, introduz incerteza quanto à adequação dos valores das variáveis independentes estudadas. Pouco se pode fazer a este respeito com dados de observação. Entretanto, os resultados indicam que foi possível a coleta de um intervalo bastante diversificado e contínuo das variáveis independentes na maioria dos casos.
- Dificuldade da escolha de um modelo de regressão adequado, com a correção da linearidade e constância da variância dos resíduos para os diferentes níveis da variável explicativa (homocedasticidade), além do comportamento da distribuição destes resíduos, próximo a uma distribuição normal. Adicionalmente o modelo deve garantir a independência entre os erros observados e entre estes e as variáveis independentes utilizadas (NETER et al. 1996). No Capítulo 4 são realizadas conversões das variáveis do modelo, de forma a garantir uma melhor adequação dos dados às premissas do modelo de regressão linear.
- Possibilidade de omissão de alguma variável importante para o modelo ou da falta de dados sobre uma delas. Caso a variável independente ausente não esteja correlacionada à variável independente utilizada, este problema causaria apenas uma maior imprecisão do modelo para a realização de predições da variável dependente. Contudo, como este não é o objetivo desta pesquisa, a ausência de uma variável independente seria importante apenas se ela estivesse correlacionada com aquela

utilizada. Neste caso, os parâmetros da regressão com uma única variável poderiam não ser confiáveis e modelos mais sofisticados seriam necessários. A possibilidade da influência deste problema foi identificada em todos os modelos, e os casos críticos remediados através do controle e segmentação da amostra, procedimento que ainda será mais discutido ao longo do Capítulo 4.

- Problemas de amostragem também podem dificultar a representação da população estudada. Vale mencionar que a identificação do energético substituído na época da conversão do consumidor dependeu, eventualmente, da memória dos gerentes comerciais da distribuidora. Contudo, na maioria dos casos, havia registros de auditorias realizadas durante a construção das instalações de consumo e este problema deve ter sido muito reduzido. Além disso, algumas *proxies* identificadas na seção anterior, para a segmentação da amostra, foram simplificações dos fatos que se procurou representar. Portanto, a influência dos fatos que se pretende identificar pode estar atenuada nestas segmentações. Futuras pesquisas devem buscar *proxies* mais exatas sobre alguns aspectos específicos do mercado de distribuição de gás natural.
- NETER et al (1996) mencionam que, mesmo se o método estatístico utilizado para o teste das hipóteses concluir que um coeficiente de inclinação Beta é diferente de zero, isto não estabelece uma relação de causa e efeito entre as variáveis dependentes e independentes. Em estudos não experimentais, ambas as variáveis podem ser influenciadas simultaneamente por outras não incluídas no modelo de regressão. Porém, o objetivo da pesquisa não é a identificação de causalidade, mas sim da existência de associação entre as variáveis estudadas.

Vários testes e estatísticas pertencentes ao ferramental dos métodos de regressão linear serão utilizados para aferir a qualidade dos resultados obtidos. Tendo em vista as proposições baseadas nas Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais, espera-se que os testes de hipótese realizados indiquem a possível generalização dos resultados para a população estudada. Contudo, esta generalização também deve ser entendida dentro das limitações a seguir:

- Tendo em vista que a amostragem abrangerá dados de transações para fornecimento de gás natural industrial de 6 dos 13 estados brasileiros onde existem distribuidoras de gás, os resultados obtidos deverão expressar as características médias deste mercado.

Entretanto, devido à imaturidade deste mercado, esta generalização deveria ser testada em outros estados com dados adicionais a serem coletados.

- Além destes aspectos, a pesquisa objeto desta dissertação irá atender a um ambiente de atividade econômica caracterizado pela existência de monopólio natural regulado, normalmente por custo do serviço. Em tal ambiente, o consumidor industrial ainda não foi liberado para a busca de fornecedores próprios, sendo que ele é cativo das distribuidoras concessionárias de cada área de concessão. Seria de se esperar que, em países onde a regulação seja mais aberta, as relações analisadas sejam mais proeminentes. Esta seria uma hipótese a ser testada.

Finalmente, vale lembrar que, se “...o objetivo maior da ciência é a explicação e que a explicação vem principalmente do estudo das relações” (KERLINGER, 1980, p. 69), a verificação ou falseamento das relações propostas nesta Dissertação de Mestrado deverão contribuir para um avanço no entendimento do comportamento comercial envolvendo ativos específicos e diferentes alternativas para o fornecedor e comprador de gás natural, mesmo que para um universo mais restrito.

## **CAPÍTULO 4 RESULTADOS OBTIDOS**

Neste capítulo são apresentados os resultados dos cálculos dos estimadores para os parâmetros dos modelos de regressão linear, e estatísticas descritivas, visando os testes de hipóteses desenvolvidos na Seção 3.5. São também aplicados os procedimentos e cálculos estatísticos necessários para estes testes, a um nível de confiança escolhido de 95%.

Para o cálculo dos resultados, os dados coletados conforme descrito na Seção 3.4 foram codificados e tabelados, sendo que um exemplo desta tabulação é apresentado nos Apêndices 3 a 7. A partir desta informação bruta foram computados os valores das variáveis operacionais de estudo, de acordo com a metodologia descrita. A relação dos valores obtidos para estas variáveis está apresentada nos Apêndices 8 a 15.

### **4.1 HIPÓTESE IA – CUSTOS DE TRANSAÇÃO E VALOR DA FLEXIBILIDADE**

#### **4.1.1 Análise Crítica da Amostra e Eliminação de *Outliers***

Para a realização do teste sobre a influência dos custos de transação na explicação do valor da flexibilidade no *take-or-pay*, uma primeira avaliação crítica das variáveis calculadas revelou a necessidade da eliminação de uma parte dos elementos da amostra.

A Figura 19 apresenta o Diagrama de Dispersão para a variável dependente TOP\_Ind\_% contra a variável independente Razão\_QDC\_(Ind/Distr). Pode-se observar a ocorrência de agrupamentos de observações em pelo menos três diferentes níveis de valor da variável dependente.

Uma avaliação em detalhe mostrou que ocorrem 14 contratos ou transações onde o TOP\_Ind\_% é igual a zero, devido a pelo menos uma das variáveis operacionais utilizadas para sua construção assumir um valor limite, ou seja:

- Ou o percentual de *take-or-pay* formalmente estabelecido no contrato (variável %TOP na Eq.1) foi igual a zero.
- Ou o período de testes oferecido para o cliente foi igual ao prazo total do contrato (variáveis DIAS\_TESTE e PRAZO na Eq.1).
- Ou o tempo de parada de manutenção permitido por ano (variável DIAS\_MANUTEN na Eq.1) foi igual a 365 dias.

- Ou foram oferecidas opções de revisão da quantidade contratada, livremente, o que na prática elimina a condição de *take-or-pay* do contrato.

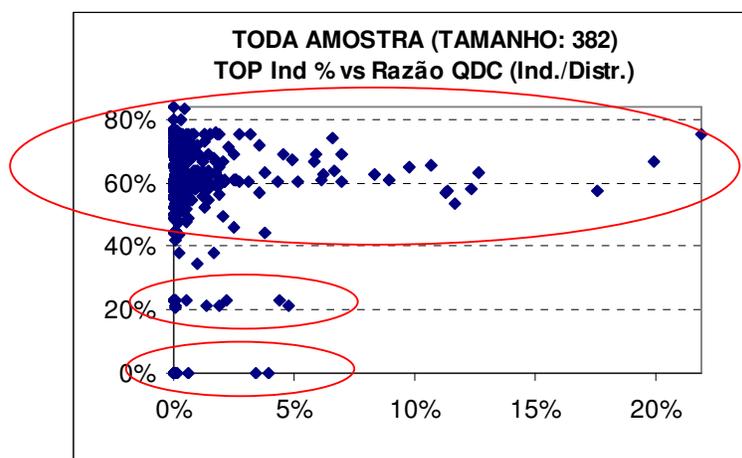


Figura 19 Diagrama de Dispersão para as variáveis TOP\_Ind\_% e Razão\_QDC\_(Ind./Distr.)

Estas transações foram eliminadas da amostra porque resultavam em casos limites de negociações, considerados como *outliers* dentro da população estudada, pois poderiam provocar ajustes não adequados da reta de regressão (NETER et al., 1996). A consideração dos casos em que o TOP\_Ind\_% é igual a zero, como *outliers*, é também suportada pelo fato de que o módulo de seu valor padronizado, calculado como 3,82 na Tabela 6, é maior do que 3 desvios padrão (MARTINS, 2001).

Tabela 6 Estatísticas descritivas da amostra de tamanho 382 da variável TOP\_Ind\_%

Estatísticas Descritivas: Variável TOP_Ind_%	
Média	0.6000
Desvio padrão	0.1569
Variância da amostra	0.0246
Contagem	382
Padronização Valor Zero	3.8246
Padronização Valor 22,95%	2.3649
Nível de confiança(95.0%)	0.0160

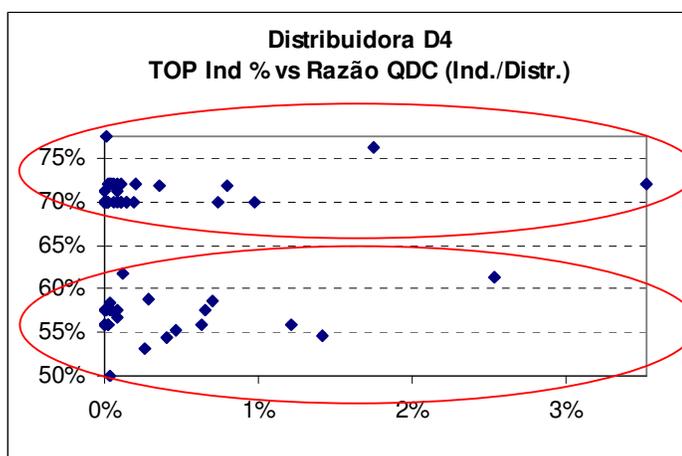
O segundo conjunto de valores da variável TOP\_Ind\_%, que se destaca em relação ao agrupamento principal, se concentra em torno de 23%. A análise dos dados revelou que estes valores correspondem a 14 transações, pertencentes a uma mesma distribuidora, com um novo tipo de contrato cujas características são diferentes do contrato *take-or-pay* padrão.

Esta variação contratual significa uma flexibilização do comprometimento de pagamento mínimo pelos consumidores desta específica distribuidora, fato este confirmado na entrevista com seu Diretor Comercial. Contudo, como o número de contratos deste tipo ainda é pequeno, sua manutenção na amostra provocaria uma excessiva distorção da análise.

O valor padronizado da variável TOP\_Ind\_%, para 22,95%, foi calculado como 2,314 na Tabela 6. Embora este valor não seja superior a 3 desvios padrão, ele ficaria fora do intervalo de confiança da média da amostra, ao nível de significância de 5% ( $z = 2,24$ ), podendo ser considerado como pertencente a uma população à parte. Desta forma, estes 14 elementos da amostra também foram descartados do estudo.

Outra análise crítica dos dados revelou que em uma das distribuidoras estava sendo conduzido um trabalho de revisão de todos os contratos, contemplando a introdução de um percentual de Excesso de Demanda, isto é, uma revisão que afetava um dos parâmetros de construção da variável TOP\_Ind\_% (parâmetro de SWING na Eq.1). Contudo, 33 elementos da amostra ainda se referiam a contratos antigos, apresentando um nível de TOP\_Ind\_% excessivamente elevado, por ser o Excesso de Demanda igual a zero.

Na entrevista com o Gerente Comercial, foi revelado que a distribuidora já oferecia a condição dos contratos novos, mesmo para os clientes antigos que ainda não os haviam revisado. De forma a homogeneizar os dados, e tendo em conta que a coleta de dados destes contratos antigos pode estar enviesada, estas observações foram descartadas da amostra, a despeito de qualquer avaliação estatística. Esta decisão é justificada pelo fato de que estes contratos antigos seriam inviáveis, o que levou à sua revisão generalizada. O diagrama de dispersão, na Figura 20, mostra o efeito desta revisão contratual na distribuidora D4, onde ocorriam os 33 contratos ainda não renegociados.



**Figura 20** Diagrama de dispersão - variáveis TOP\_Ind\_% e Razão\_QDC\_(Ind/Distr) - Distribuidora D4

Consistente com esta eliminação, outros 7 elementos da amostra, 5 deles de uma mesma distribuidora, foram adicionalmente excluídos, pelo fato de também apresentarem Excesso de Demanda igual a zero. Assim, a amostra foi reduzida em um total de 40 observações de

transações, correspondentes aos contratos em que o parâmetro Excesso de Demanda, utilizado na Eq.1 para a construção da variável TOP\_Ind\_%, era nulo.

Adicionalmente, foram eliminados mais 3 elementos da amostra, pelo fato de que representavam dados com problemas de medição. Uma empresa não utilizava o gás natural para o processo, mas sim para geração de energia elétrica, fora do foco desta pesquisa<sup>55</sup>, e duas apresentavam problemas de medição para o cálculo do preço por falta de informação sobre a demanda ou faturamento corretos.

Uma vez realizada esta reavaliação crítica e eliminação de *outliers*, a amostra válida para o teste da Hipótese IA ficou distribuída conforme as Tabelas 7 e 8.

**Tabela 7 Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese IA - Tipo de Combustível Substituído -**

Região	Energia Elétrica	GLP	Óleo Combustível	Outros	Total
R1	9	16	165	20	210
R2	10	55	27	9	101
<b>Total</b>	19	71	192	29	311

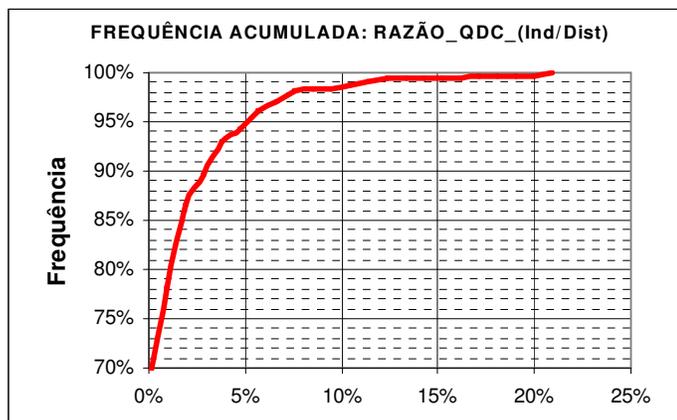
**Tabela 8 Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese IA - Tipo de Segmento Industrial -**

Região	Alimentos	Metalúrgico	Químico	Cerâmico	Têxtil	Outros	Total
R1	42	25	57	16	30	40	210
R2	9	29	1	25	18	19	101
<b>Total</b>	51	54	58	41	48	59	311

Adicionalmente, foi também realizado um controle da amostra quanto ao tamanho do consumidor, em relação ao tamanho da distribuidora. Embora seja previsto na Hipótese IA que o poder de barganha do consumidor deva crescer com esta relação de volumes, clientes excepcionalmente grandes podem obter condições de flexibilidade mais vantajosas, pelo fato de conferirem escala para a expansão da rede de distribuição, reduzindo o custo para a distribuidora de gás natural.

Como esta condição não estaria relacionada ao poder de barganha do consumidor, decidiu-se pela eliminação de 5 observações, cuja Razão\_QDC\_(Ind/Distr) era superior a 10%. A Figura 21 mostra que estas observações representam 2% do tamanho da amostra.

<sup>55</sup> Uma das aplicações do gás natural na indústria é a co-geração, isto é, a geração simultânea e combinada de energia térmica e energia elétrica ou mecânica, a partir da mesma fonte, tendo como vantagem principal o melhor aproveitamento da energia contida nesta fonte (BRASIL, 2003).



**Figura 21** Diagrama de Frequência Acumulada para a variável Razão\_QDC\_(Ind/Distr)

As estatísticas descritivas para esta variável, apresentadas na Tabela 9, também indicam que estas observações possuem o módulo de seu valor padronizado maior do que 3 desvios padrão, podendo ser consideradas como *outliers* (MARTINS, 2001).

**Tabela 9** Estatísticas Descritivas da amostra de tamanho 311 para a variável Razão\_QDC\_(Ind./Distr.)

<i>Estatísticas Descritivas: Variável Razão_QDC_(Ind. / Distr.)</i>	
Média	0,01347
Desvio padrão	0,02498
Variância da amostra	0,00062
Contagem	311
Padronização Valor 10%	3,46434
Nível de confiança(95,0%)	0,00279

Apesar desta discussão, ressalta-se que todos os cálculos apresentados a seguir foram realizados também sem a eliminação de *outliers* e o controle da amostra descrito. Os resultados e conclusões não se alteraram qualitativamente.

#### 4.1.2 Transformação de Variáveis

Para a aplicação do modelo de regressão linear simples referente à Eq.5, apresentada na Seção 3.5, e validação das inferências sobre o parâmetro de inclinação  $\beta_{1f}$  deste modelo, foi necessária a transformação das variáveis estudadas para melhorar as características dos dados, quanto às premissas básicas de comportamento da variável aleatória dependente:

- Variância constante dos resíduos ou homocedasticidade, isto é, a diferença entre os valores observados para a variável dependente e o valor ajustado pela reta de regressão, para os diversos níveis da variável explicativa, deve ter distribuições de probabilidade com dispersão aproximadamente constante. Para verificar a adequação dos dados a esta premissa, foram realizados os diagramas de dispersão dos resíduos

semistudentizados<sup>56</sup>, com relação à variável independente. Esta dispersão deve ser relativamente homogênea em torno do eixo horizontal.

- Linearidade da função de regressão. Novamente é útil o desenvolvimento do diagrama de dispersão dos resíduos semistudentizados. Para que o modelo seja apropriado, não deve ocorrer nenhum padrão sistemático de alteração no sinal do resíduo, conforme se modifica o nível da variável independente.
- Distribuição normal dos resíduos. Normalmente, a correção para a variância constante já melhora a forma da distribuição dos resíduos, com relação à premissa de normalidade. Contudo, gráficos de probabilidade normal, comparando a frequência observada dos resíduos com a frequência esperada sob a condição de normalidade, serão também apresentados.

Conforme se pode observar no diagrama de dispersão da variável TOP\_Ind\_% contra a variável independente Razão\_QDC\_(Ind/Distr), apresentado na Figura 22, para todo o tamanho da amostra e já excluídos os *outliers* identificados, a relação entre as variáveis não possui variância constante para diferentes níveis da variável explicativa.

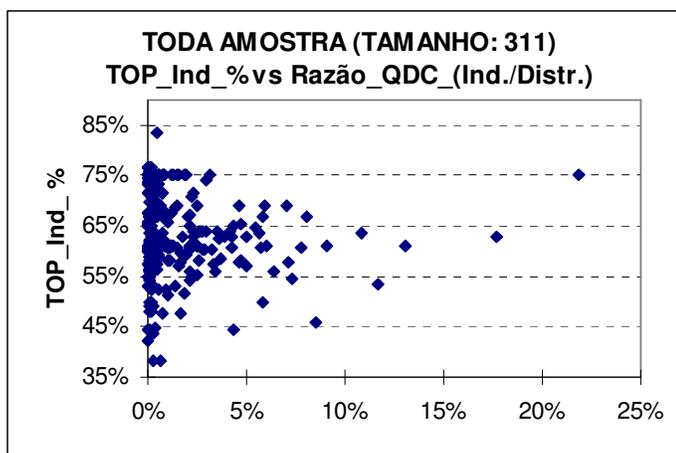


Figura 22 Diagrama de dispersão para as variáveis TOP\_Ind\_% e Razão\_QDC\_(Ind/Distr)

O diagrama de dispersão dos resíduos da regressão linear entre estas variáveis, mostrado na Figura 23, confirma a falta de constância na variância, a qual diminui conforme aumenta o

<sup>56</sup> Resíduos semistudentizados são calculados pela padronização dos resíduos observados através da fórmula:

$$e_i^* = \frac{e_i - \bar{e}}{\sqrt{\text{MSE}}}$$

onde:  $e_i$  é o resíduo calculado pela diferença entre os valores observados da variável TOP\_Ind\_%<sub>i</sub> e o valor ajustado desta variável, pela regressão, para cada nível  $i$  da variável explicativa Razão\_QDC\_(Ind/Distr), ou seja,  $\text{TOP\_Ind\_}\hat{\%}_i$ ;  $\sqrt{\text{MSE}}$  é uma aproximação do estimador amostral do desvio padrão do resíduo; e  $\bar{e}$  é a média dos resíduos observados (NETER, et al., 1996).

nível da variável explicativa. Além disso, a falta de simetria no padrão da distribuição dos resíduos, especialmente no início do intervalo da variável explicativa, poderia ser associada a um problema de não linearidade.

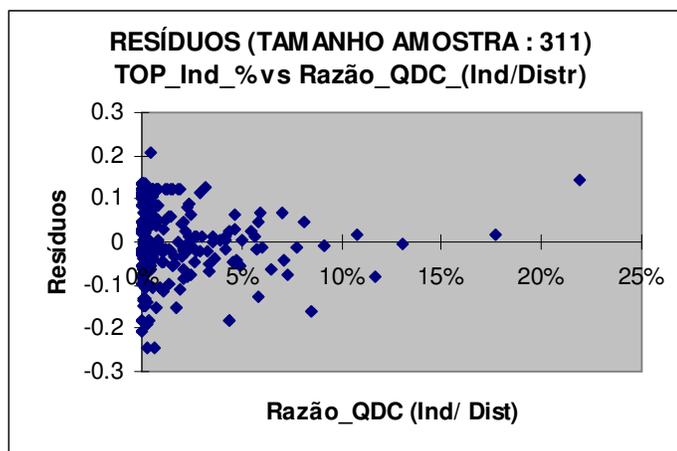


Figura 23 Diagrama de dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis TOP\_Ind\_% e Razão\_QDC\_(Ind/Distr)

Para melhorar a relação entre as variáveis dependente e independente, foi realizada uma transformação na variável dependente, visando adequar a constância da variância dos resíduos, e também a forma de sua distribuição. Já para melhorar a linearidade do modelo, foi realizada outra transformação na variável independente. Foram aplicadas as transformações sugeridas em NETER et al., (1996) para situações semelhantes àquelas aqui descritas:

$$Y' = \sqrt{Y} = f(\text{TOP\_Ind\_}\%) \quad \text{e} \quad X' = \sqrt{X} = f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$$

Mantendo-se a hipótese a respeito do coeficiente de inclinação, o modelo de regressão linear transformado a partir da Eq.5 passa a ser:

$$\text{Eq.7: } \sqrt{\text{TOP\_Ind\_}\%_i} = \alpha_f + \beta_{1f} * \sqrt{\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr}_i} + e_i$$

As Figuras 24 e 25 mostram os diagramas de dispersão dos resíduos do modelo de regressão, sem e com a transformação de variáveis, para a amostra já controlada para o nível máximo de 10% de Razão\_QDC\_(Ind./Distr.). Adicionalmente, a Figura 26 mostra o grau de adequação das transformações realizadas, no que tange à premissa de normalidade da distribuição de probabilidade dos resíduos da regressão.

Observa-se que o modelo transformado apresenta uma melhor adequação para as premissas de linearidade, homocedasticidade e distribuição normal dos resíduos.

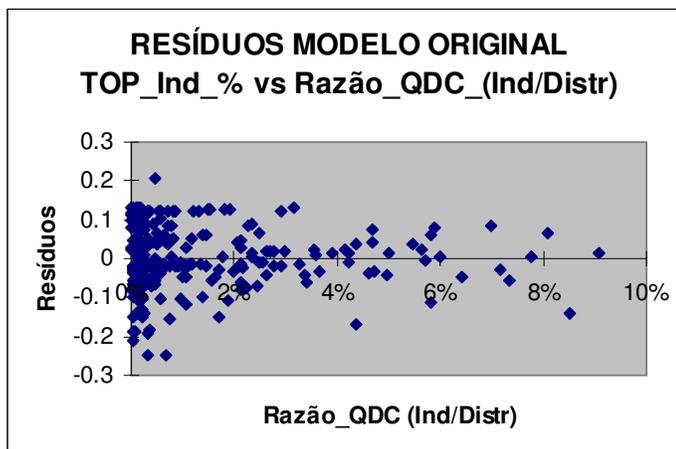


Figura 24 Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis TOP\_Ind\_% e Razão\_QDC\_(Ind/Distr) – Modelo Original

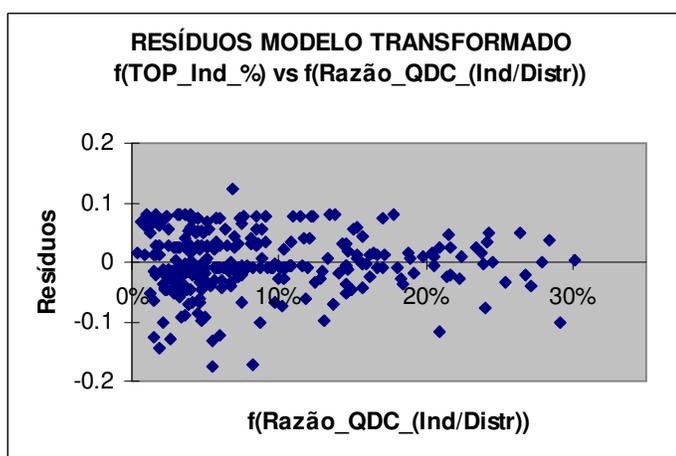


Figura 25 Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis f(TOP\_Ind\_%) e f(Razão\_QDC\_Ind/Distr) – Modelo com transformação de variáveis

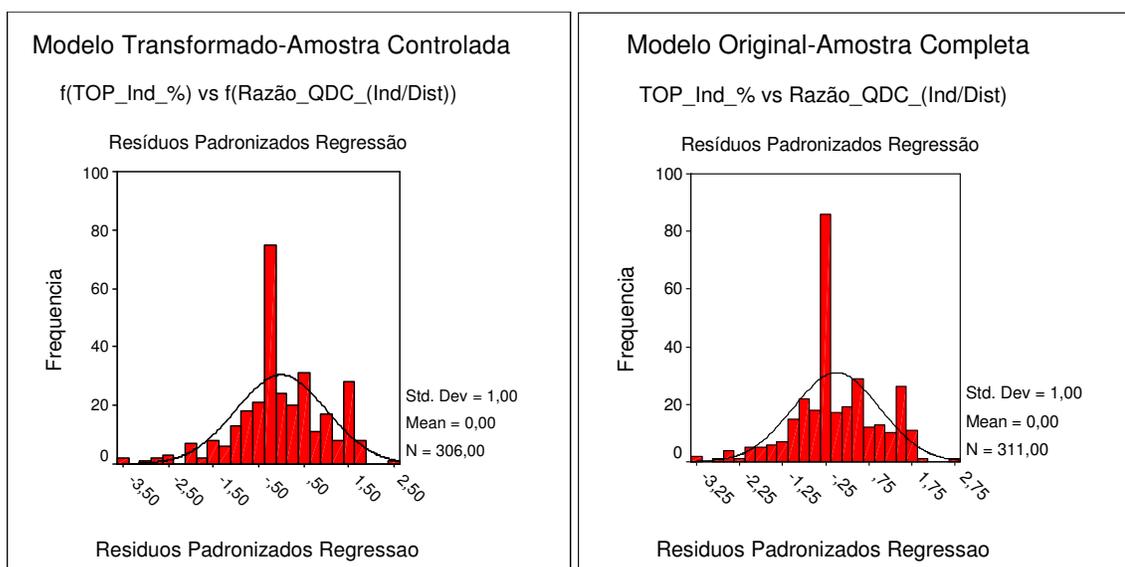


Figura 26 Comparação entre frequência esperada e observada, dos resíduos padronizados, para o modelo de regressão transformado, e o modelo de regressão original

Tendo em vista a melhor adequação que se consegue com o modelo transformado de variáveis, sem a perda de qualidade quanto à hipótese a ser testada, a próxima seção será trabalhada apenas com o modelo de regressão linear referente à Eq.7. Como a análise da Hipótese IA está muito relacionada à segmentação da amostra nas Regiões 1 e 2, o Anexo F mostra os resultados acima, para esta segmentação, separadamente.

#### 4.1.3 Resultados da Regressão Linear Simples entre as Variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$ e $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$

A Figura 27 mostra o resultado do ajuste do modelo de regressão linear da Eq.7 para a amostra completa de dados.

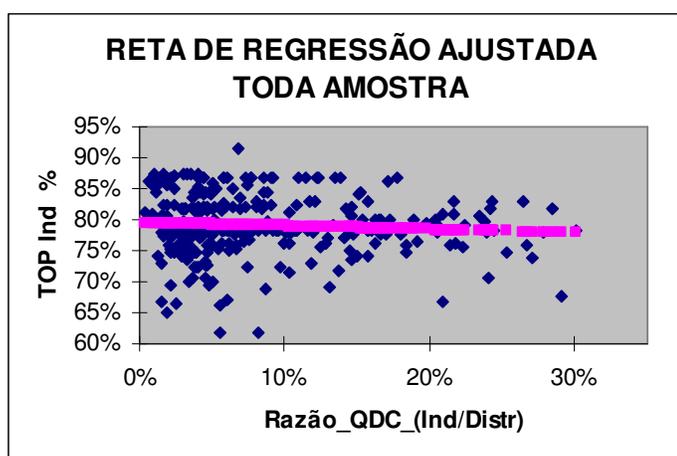


Figura 27 Reta de regressão ajustada - variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$  e  $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$

Embora possa ser observada uma aparente inclinação negativa para a reta ajustada, a Tabela 10 mostra que não é possível rejeitar-se a Hipótese Nula, estabelecida na Seção 3.5, de que  $\beta_{1f}$  na Eq.7 é igual a zero, para um nível de significância de 5%. Considerando-se o número de observações e 2 graus de liberdade, o módulo da estatística t obtida é inferior ao valor de 1,65, o qual seria necessário para que fosse rejeitada a Hipótese Nula, e se concluísse que existe uma associação negativa entre as variáveis dependente e independente do modelo.

Tabela 10 Estatísticas da Regressão Linear Simples entre as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$  e  $f(\text{Razão\_QDC\_Ind/Distr})$  para amostra completa

	<i>Coefficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>	<i>Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>
Interseção	0.80	0.00	178.01		1.00000	0.78813	0.78942
Razão QDC (Ind. / Distr.)	(0.05738)	0.04215	(1.36)	1.64988	0.91279	(0.12693)	0.01216

O Valor-P, ou nível de significância experimental (SPIEGEL, 1961), indica que a chance de cometer-se um erro do Tipo I, referente à rejeição da Hipótese Nula quando ela é verdadeira,

seria de 9%, quando, pela regra de decisão, o máximo aceitável seria o nível de significância de 5%. Consistente com as estatísticas anteriores, o intervalo de confiança para  $\beta_{1f}$  estimado, construído para um nível de significância de 10%, visto que o teste utilizado é unilateral para valores negativos, contém o valor zero.

A título de complementação, a Tabela 11 apresenta os resultados da Análise de Variância (Tabela ANOVA) para a regressão em estudo. Observa-se que a estatística F, calculada a partir das médias da soma dos erros explicados pela regressão e da soma dos erros não explicados pela regressão, indica pela não possibilidade de rejeição da hipótese de que o valor de  $\beta_{1f}$  na Eq.7 é igual a zero, pois  $F_{amostra} < F_{crítico}$ . Foi utilizado um nível de confiança de 90% neste teste, porque ele é equivalente a um teste t bilateral, cuja Hipótese Alternativa é que  $\beta_{1f}$  na Eq.7 seria diferente de zero. Já a Hipótese Alternativa de interesse, descrita na Seção 3.5, é  $\beta_{1f}$  na Eq.7 ser maior do que zero.

**Tabela 11 Análise de Variância para a Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP\_Ind\_%) e f(Razão\_QDC\_Ind/Distr)**

	Graus de Liberdade - gl	Soma dos Quadrados - Variações - SQ	Média da Soma dos Quadrados - MQ	Estatística F Calculada na Amostra	Probabilidade F da amostra	F crítico @ 90% nível confiança
Regressão	1	0.00437	0.00437	1.85314	0.17443	2.72211
Resíduo	304	0.71645	0.00236			
Total	305	0.72082				

Outra análise complementar dos resultados obtidos pode ser realizada a partir das estatísticas descritivas da regressão, apresentadas na Tabela 12.

**Tabela 12 Estatística Descritiva da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP\_Ind\_%) e f(Razão\_QDC\_Ind/Distr)**

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.07784
R-Quadrado	0.00606
R-quadrado ajustado	0.00279
Erro padrão	0.04855
Observações	306

Elas indicam que a variável explicativa reduz muito pouco a incerteza para a previsão da variável dependente, ou ainda contribui muito pouco para a redução da variabilidade total da variável dependente. Esta redução percentual é espelhada no coeficiente de determinação “r quadrado”. Contudo, conforme NETER et al. (1996), uma estatística descritiva única não pode ser utilizada para julgar a utilidade de um modelo de regressão para um determinado objetivo. Visto que não estamos interessados no desenvolvimento de previsões da variável dependente com o modelo em estudo, a utilidade deste coeficiente é apenas descritiva e

indicaria a possibilidade da melhoria da precisão do modelo com a introdução de outras variáveis explicativas. Este ponto é retomado na Seção 4.3.3.

Concluindo, considerando-se a amostra utilizada para o cálculo da regressão acima, não se pode verificar que ocorra um aumento significativo no poder de barganha do consumidor industrial, conforme cresce seu volume contratado em relação ao volume total comercializado pela distribuidora de gás natural, mesmo que os investimentos específicos tenham sido realizados antes da negociação do contrato.

Apesar deste resultado inicial, deve-se considerar que as estatísticas acima podem estar contaminadas pela mistura de duas regiões muito distintas em termos de especificidade dos ativos. Segundo a Hipótese IA, a associação negativa esperada para as variáveis estudadas deveria ser mais significativa quando considerados outros níveis de segmentação da amostra, principalmente quanto ao controle por região de mercado.

As entrevistas realizadas também indicaram que podem haver distribuidoras mais avançadas no desenvolvimento de flexibilizações contratuais, consistente com os conceitos da Teoria dos Custos de Transação. Ou ainda poderia ocorrer que tais flexibilizações estivessem influenciadas por outros fatores de competitividade do gás natural, específicos de determinados segmentos industriais, ou de acordo com o tipo de combustível substituído, requerendo que a análise seja conduzida dentro destas segmentações da amostra.

Desta forma, o teste da Hipótese IA foi realizado para as várias segmentações da amostra consideradas relevantes, as quais estão codificadas na Tabela 13.

**Tabela 13 Segmentações da Amostra para o Teste da Hipótese IA**

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Região	Amostra Total	ALL10%	306
	Toda Amostra Região 1	R110%	208
	Toda Amostra Região 2	R210%	98
Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Distribuidora	Região 1 Distribuidora D1	R1D110%	88
	Região 1 Distribuidora D2	R1D210%	43
	Região 1 Distribuidora D3	R1D310%	77
	Região 2 Distribuidora D4	R2D410%	21
	Região 2 Distribuidora D5	R2D510%	31
	Região 2 Distribuidora D6	R2D610%	46

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Combustível Substituído	Amostra Total ÓleoComb.1A	OC1A10%	181
	Região 1 ÓleoComb.1A	R1OC1A10%	163
	Região 2 ÓleoComb.1A	R2OC1A10%	18
	Amostra Total GLP	GLP10%	70
	Região 1 GLP	R1GLP10%	16
	Região 2 GLP	R2GLP10%	54

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Segmento	Total Químico-Petroquímico	QUIPETRO10%	57
Indústria & Região	Reg.1 Químico-Petroquímico	R1QUIPETRO10%	56

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Segmento	Alimentos Bebidas	FOOD10%	50
Indústria & Região	Reg.1 Alimentos e Bebidas	R1FOOD10%	42
	Reg.2 Alimentos e Bebidas	R2FOOD10%	8

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Segmento	Amostra Total Têxtil	TEXTIL10%	48
Indústria & Região	Região 1 Têxtil	R1TEXTIL10%	30
	Região 2 Têxtil	R2TEXTIL10%	18

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Segmento	Amostra Total Metalúrgico	METAL10%	43
Indústria & Região	Região 1 Metalúrgico	R1METAL10%	25
	Região 2 Metalúrgico	R2METAL10%	18

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código	No. Amostra
Segmento	Amostra Total Cerâmico	CERAM10%	39
Indústria & Região	Região 1 Cerâmico	R1CERAM10%	16
	Região 2 Cerâmico	R2CERAM10%	23

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos para o coeficiente de inclinação da reta de regressão ajustada, e para as principais estatísticas necessárias ao teste da Hipótese IA, para cada uma das segmentações consideradas (de forma complementar, o Anexo G apresenta os gráficos da reta de regressão ajustada).

Na tabela, a cor amarela e o tipo itálico, na primeira coluna, indicam as amostras com tamanho maior que 30, mais adequadas a testes estatísticos, à luz do Teorema do Limite Central. A interpretação dos resultados será feita apenas para estes casos. A cor cinza, nas demais colunas, indica os casos em que o teste t unilateral sugere a rejeição da Hipótese Nula, de que  $\beta_{1f}$  na Eq.7 é igual a zero, para um nível de significância de 5%.

**Tabela 14 Coeficientes da Regressão Linear Simples e Estatísticas de Significância – Hipótese IA**

Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado
ALL10%	(0.05738)	0.04215	(1.36130)	1.96780	0.91279	(0.12694)	0.01217	0.00606
R110%	(0.03037)	0.05242	(0.57933)	1.65228	0.71850	(0.11701)	0.05627	0.00163
R210%	(0.04901)	0.06329	(0.77436)	1.66088	0.77969	(0.15412)	0.05610	0.00621
Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado
R1D110%	(0.18090)	0.06827	(2.64973)	1.66277	0.99521	(0.29586)	(0.06594)	0.07548
R1D210%	(0.10383)	0.08555	(1.21373)	1.68288	0.88410	(0.24789)	0.04022	0.03468
R1D310%	(0.01258)	0.09175	(0.13706)	1.66543	0.55433	(0.16578)	0.14063	0.00025
R2D410%	(0.02157)	0.04497	(0.47972)	1.72913	0.68155	(0.09730)	0.05416	0.01197
R2D510%	(0.25086)	0.12252	(2.04749)	1.69913	0.97512	(0.45717)	(0.04455)	0.12630
R2D610%	(0.05802)	0.09533	(0.60863)	1.68023	0.72705	(0.21819)	0.10215	0.00835
Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado
OC1A10%	(0.07014)	0.05354	(1.31008)	1.65341	0.90408	(0.15870)	0.01842	0.00950
R1OC1A10%	(0.06773)	0.05627	(1.20350)	1.65437	0.88473	(0.16087)	0.02542	0.00892
R2OC1A10%	0.01387	0.16263	0.08530	1.74588	0.53346	(0.27005)	0.29780	0.00045
GLP10%	(0.02272)	0.06996	(0.32471)	1.66757	0.62680	(0.13941)	0.09397	0.00155
R1GLP10%	(0.06524)	0.14011	(0.46565)	1.76131	0.67569	(0.31336)	0.18288	0.01525
R2GLP10%	0.00832	0.08036	0.10355	1.67469	0.54104	(0.12626)	0.14291	0.00021
Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado
QUIPETRO10%	(0.09423)	0.09291	(1.01424)	1.67303	0.84255	(0.25034)	0.06188	0.01836
R1QUIPETRO10%	(0.09562)	0.09317	(1.02628)	1.67357	0.84533	(0.25224)	0.06101	0.01913
FOOD10%	0.04075	0.11091	0.36744	1.67722	0.64255	(0.14519)	0.22669	0.00280
R1FOOD10%	0.03999	0.11138	0.35906	1.68385	0.63928	(0.14674)	0.22673	0.00321
R2FOOD10%	0.17569	0.22659	0.77537	1.94318	0.76621	(0.20420)	0.55558	0.09107
TEXTIL10%	(0.15181)	0.10506	(1.44489)	1.67866	0.92237	(0.32795)	0.02434	0.04341
R1TEXTIL10%	(0.29830)	0.15260	(1.95486)	1.70113	0.96968	(0.55414)	(0.04247)	0.12009
R2TEXTIL10%	0.01338	0.14217	0.09410	1.74588	0.53690	(0.22497)	0.25173	0.00055
METAL10%	(0.06328)	0.15436	(0.40997)	1.68288	0.65802	(0.32208)	0.19551	0.00408
R1METAL10%	0.38627	0.37266	1.03651	1.71387	0.84463	(0.23852)	1.01105	0.04463
R2METAL10%	(0.14726)	0.11056	(1.33191)	1.74588	0.89922	(0.33261)	0.03810	0.09981
CERAM10%	0.24349	0.16661	1.46144	1.68709	0.92383	(0.03689)	0.52387	0.05457
R1CERAM10%	(0.08222)	0.27791	(0.29586)	1.76131	0.61416	(0.55852)	0.39408	0.00621
R2CERAM10%	0.18850	0.21008	0.89726	1.72074	0.81012	(0.17155)	0.54855	0.03692

Embora os coeficientes de inclinação da reta de regressão sejam, em geral, negativos, apenas em poucos casos a estatística t indicaria a rejeição da Hipótese Nula, de que ele seria igual a zero. Nestes casos, a associação entre as variáveis estaria de acordo com o estabelecido pela Hipótese IA. Este fato ocorre para duas distribuidoras, sendo uma em cada região, e para o segmento de indústria Têxtil na Região 1.

No caso particular das distribuidoras, observa-se que a associação encontrada na Região 2 é maior do que aquela da Região 1, o que é consistente com a hipótese testada.

Entretanto, seriam necessários estudos adicionais para entender porque as demais distribuidoras, de uma mesma região, não apresentam uma relação semelhante. Esta observação leva em conta que os investimentos específicos, em compromissos contratuais para produção e transporte de gás natural, são similares dentro de uma mesma região. Três motivos podem explicar esta heterogeneidade no comportamento das distribuidoras.

O primeiro seria que algumas distribuidoras podem considerar o investimento de aquisição de gás natural como reversível por renegociação com o fornecedor à montante da cadeia<sup>57</sup>. Neste caso, os investimentos perderiam a característica de especificidade e não haveria razão para modificar os compromissos entre consumidores. Uma segunda possibilidade seria a influência da regulamentação, que poderia impedir a diferenciação entre consumidores sobre todos os aspectos contratuais que afetam o *take-or-pay* efetivo<sup>58</sup>.

O terceiro motivo refere-se ao percentual médio da participação do volume contratado por cada consumidor, em relação ao volume total contratado pelos clientes industriais de uma distribuidora, o qual é cerca de 1,5%, com desvio padrão de 2,5% (Tabela 9). Isto pode significar uma baixa diferenciação no grau de especificidade dos investimentos realizados pela distribuidora para cada consumidor. A Hipótese IB foi estruturada de forma a transpor este aspecto, ao trabalhar apenas com a média da flexibilização contratual entre as duas regiões estudadas e modificando a *proxy* para a especificidade dos investimentos.

Já no caso das indústrias, o resultado pode indicar um maior poder de barganha do segmento Têxtil, que exigiria uma maior flexibilidade em algum dos parâmetros contratuais componentes da variável TOP\_Ind\_%. Para uma melhor compreensão desta observação, seria necessário encontrar evidências adicionais sobre o diferencial de competitividade do gás, em comparação com os demais segmentos. Neste particular, o valor da flexibilidade deverá ser mais bem explicado pelo valor atribuído pelos consumidores, conforme a Hipótese II, do que pelo poder de barganha do consumidor frente a investimentos específicos já realizados.

Concluindo, esta pesquisa encontrou pouco suporte para a Hipótese IA, a qual sugere que o *take-or-pay* efetivo das transações para fornecimento de gás natural seria influenciado pelo maior poder de barganha dos consumidores, sendo este poder de barganha proporcional ao

---

<sup>57</sup> CROCKER & MASTEN (1991), ao discutir o conceito de “contratação relacional”, sugerem que a realidade da contratação não garante o cumprimento das intenções originais das partes envolvidas e que, o recurso ao sistema legal também não promove a mitigação adequada dos conflitos ao longo da execução contratual.

<sup>58</sup> GOLDBERG (1976), sugere que, a contratação em uma atividade econômica sujeita a um regime de concessão, está submetida às condições estabelecidas no contrato “coletivo” de concessão, junto ao agente regulador. Sendo estabelecido antes da realização dos investimentos específicos, estes contratos também

volume contratado pelo consumidor, com relação ao volume total comercializado pela distribuidora.

Porém, as conclusões acima estão restritas ao universo coberto pelas 6 distribuidoras analisadas por esta pesquisa, e para a estrutura de mercado na qual elas estão inseridas. Todas atuam sob regime de monopólio regulado, onde a diferenciação entre consumidores é bastante dificultada. A generalização de qualquer conclusão viria a requerer um estudo mais amplo, para cobrir situações com estruturas de mercado diferentes, principalmente no que se refere à maturidade e abertura à concorrência entre empresas fornecedoras.

Embora os dados indiquem que o fornecedor não diferencia o risco do consumidor segundo a variação do volume contratado, ainda resta saber se, em média, o nível do *take-or-pay* requerido varia conforme o grau de depreciação dos investimentos realizados. Esta verificação será realizada no teste da Hipótese IB a seguir.

#### **4.2 HIPÓTESE IB – CUSTOS DE TRANSAÇÃO E VALOR DA FLEXIBILIDADE – DIFERENÇAS ENTRE MERCADOS E DEPRECIÇÃO DE ATIVOS**

A essência da Hipótese IB é a explicação do nível do *take-or-pay* através de outro determinante da especificidade dos investimentos para o fornecimento de gás natural, ou seja, o grau de maturidade do mercado e a depreciação da infra-estrutura, em cada região analisada.

Na medida em que a Região 1 apresenta uma maior depreciação dos ativos de fornecimento de gás natural e maturidade do mercado, a especificidade dos investimentos e, portanto, o poder de barganha dos consumidores, deveriam ser menores. Isto resultaria em uma maior média do nível do *take-or-pay* em comparação com a Região 2.

Para a realização do teste de diferença de médias, descrito na Seção 3.5, foi utilizado o mesmo controle de amostras desenvolvido na seção anterior. A variável de interesse continuará sendo o *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL - TOP\_Ind\_%* da Eq.1.

Este teste assumiu variâncias diferentes para a população da variável *TOP\_Ind\_%* de ambas as regiões. Os resultados são apresentados nas Tabelas 15 e 16, para a amostra com e sem controle ao tamanho do consumidor.

---

tendem a proteger o fornecedor reduzindo as alternativas do consumidor. GOLDBERG chama esta proteção de “direito de servir” (*right to serve*).

**Tabela 15** Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP\_Ind\_% nas duas Regiões 1 e 2 – Amostras controladas para Razão\_QDC\_(Ind/Dist) < 10%

	TOP_Ind_% Reg.1	TOP_Ind_% Reg.2
Média	0.64219	0.59668
Variância	0.00599	0.00396
Observações	208	98
Hipótese da diferença de média	0	
gl	230	
Stat t	5.47075	
P(T<=t) uni-caudal	0.00000	
t crítico uni-caudal	1.65151	
P(T<=t) bi-caudal	0.00000	
t crítico bi-caudal	1.97033	

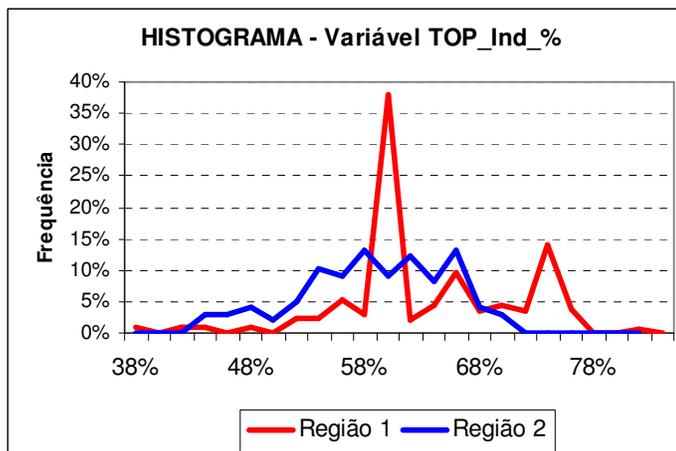
**Tabela 16** Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP\_Ind\_% nas duas Regiões 1 e 2 - Toda a Amostra

	TOP_Ind_% Reg.1	TOP_Ind_% Reg.2
Média	0.64220	0.59752
Variância	0.00604	0.00387
Observações	210	101
Hipótese da diferença de média	0	
gl	242	
Stat t	5.45613	
P(T<=t) uni-caudal	0.00000	
t crítico uni-caudal	1.65117	
P(T<=t) bi-caudal	0.00000	
t crítico bi-caudal	1.96982	

Pode-se observar que a diferença entre as médias da variável TOP\_Ind\_%, nas duas regiões, é pequena, contudo, significativa ao nível de confiança de 95%. A estatística t, sendo maior do que o t crítico para um teste uni-caudal, indica a rejeição da Hipótese Nula estabelecendo que a diferença entre estas duas médias seria igual a zero.

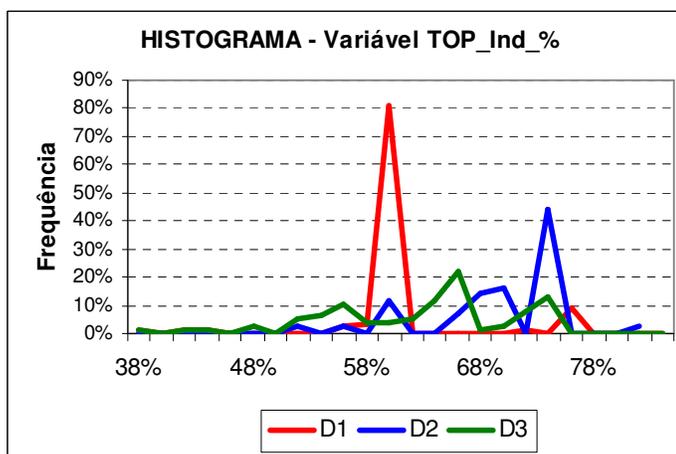
Estes resultados suportam o que foi preconizado na Hipótese IB. A Hipótese Alternativa de que o nível do *take-or-pay* deveria ser menor na Região 2, onde o fornecedor estaria mais sujeito ao poder de barganha do consumidor, não pode ser rejeitada.

Para deixar mais clara a evidência coletada, a Figura 28 apresenta o histograma da frequência observada para a variável TOP\_Ind\_% nas duas regiões.



**Figura 28** Histograma da frequência observada para a variável TOP\_Ind\_% nas Regiões 1 e 2 - Amostras controladas para Razão\_QDC\_(Ind/Dist) < 10%

Observa-se que a distribuição de frequência da Região 1 é deslocada para a direita, porém, é composta de três sub-populações, caracterizadas pela moda da distribuição de cada distribuidora de gás natural independentemente. Conforme destacado na Figura 29, a moda da variável TOP\_Ind\_%, para a Distribuidora D1 ocorre em cerca de 61%, para a Distribuidora D2 em cerca de 75% e para a Distribuidora D3 em cerca de 67%.



**Figura 29** Histograma da frequência observada para a variável TOP\_Ind\_% nas Distribuidoras de Gás Natural D1, D2 e D3 - Amostras controladas para Razão\_QDC\_(Ind/Dist) < 10%

A mesma situação é observada na Região 2. Embora as frequências se superponham mais neste caso, a Figura 30 indica que também ocorrem diferentes modas para as Distribuidoras D4, D5 e D6.

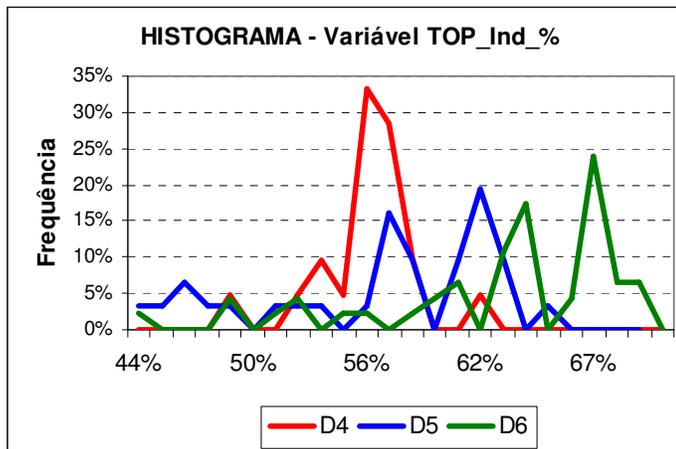


Figura 30 Histograma da frequência observada para a variável TOP\_Ind\_% nas Distribuidoras de Gás Natural D4, D5 e D6 - Amostras controladas para Razão\_QDC\_(Ind/Dist) < 10%

Embora os resultados suportem a Hipótese IB, observa-se novamente que cada distribuidora apresenta um comportamento diferenciado com relação ao repasse dos compromissos para o consumidor industrial.

Os compromissos contratuais assumidos pelas distribuidoras, com os agentes à montante da cadeia de fornecimento, são similares para todas aquelas que se encontrem dentro de uma mesma região. Desta forma, a variação na flexibilidade contratual, evidenciada na amostra desta pesquisa, deve ser atribuída a diferenças em outros investimentos específicos, por exemplo, em redes de distribuição. Adicionalmente, outros conceituais teóricos, podem ter influência na explicação destas variações. A próxima seção aborda esta questão pelo teste do valor de opção dos contratos com *take-or-pay*.

## 4.3 HIPÓTESE II – OPÇÕES REAIS E VALOR DA FLEXIBILIDADE

### 4.3.1 Análise Crítica da Amostra e Eliminação de *Outliers*

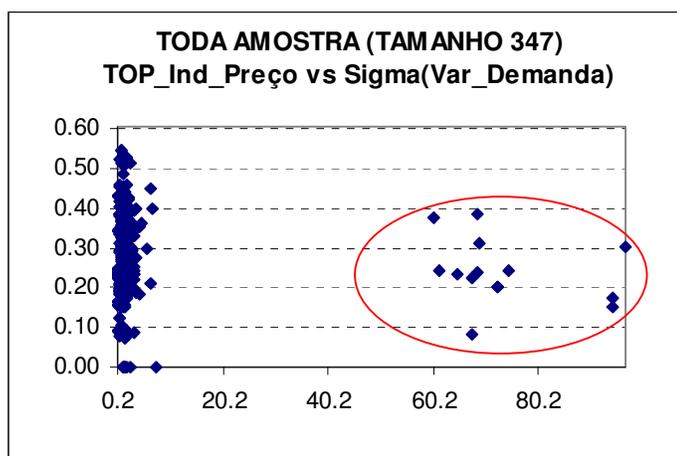
Para a realização do teste sobre a influência da Teoria das Opções Reais na explicação do valor da flexibilidade no *take-or-pay*, conforme a Hipótese II, considerou-se a mesma eliminação de *outliers* que foi efetuada para a análise da Hipótese IA, excetuando-se o controle para o nível da variável Razão\_QDC\_(Ind/Distr). Também neste caso os cálculos foram realizados sem esta eliminação de *outliers*, tendo sido verificado que os resultados não se alteram qualitativamente.

Este procedimento foi adotado porque as mesmas distorções encontradas na variável TOP\_Ind\_% deveriam afetar também a variável dependente TOP\_Ind\_Pr. Pela metodologia

descrita na Seção 3.5, esta resulta da multiplicação da primeira pelo preço de fornecimento do gás natural ao consumidor industrial (Eq.3).

No entanto, este teste exigiu a eliminação adicional de 26 amostras de transações, devido à impossibilidade de cálculo da variável independente  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ . Para estas transações, havia um histórico de consumo de gás natural inferior a 7 meses, considerado como o mínimo válido para a construção desta variável.

Adicionalmente, a análise do diagrama de dispersão para a variável dependente  $\text{TOP\_Ind\_Pr}$ , contra a variável independente  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ , revela a existência de outras observações que se destacam como *outliers*. O nível da variável independente é muito elevado para algumas amostras observadas, conforme mostrado na Figura 31.



**Figura 31 Diagrama de Dispersão para as variáveis  $\text{TOP\_Ind\_Pr}$  e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$  – Toda amostra válida para a Hipótese II**

Para 12 transações observadas, o nível da variável  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$  é maior do que 60. Estas transações foram eliminadas da amostra porque resultavam de casos em que ocorriam muitas variações bruscas de consumo de gás natural ao longo do período de estudo, fato este associado a empresas com dificuldade em seus negócios, e que vieram, eventualmente, a parar a produção.

A consideração destes valores como *outliers* é suportada pelo fato de que o módulo de seus valores padronizados é maior do que 3 desvios padrão (MARTINS, 2001). Este cálculo é apresentado na Tabela 17, para todas as observações válidas de  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ , e com a amostra corrigida para os *outliers* identificados na Seção 4.1.1.

**Tabela 17 Estatísticas Descritivas da Variável Sigma(Var\_Demanda) - Amostra tamanho 285**

<i>Estatística Descritiva: Variável Sigma(Var_Demanda)</i>	
Média	4.5659
Desvio padrão	15.1058
Variância da amostra	228.1850
Contagem	285
Padronização do valor 60	3.6697
Nível de confiança(95.0%)	1.7613

Uma vez realizada esta reavaliação, a amostra válida para o teste da Hipótese II ficou distribuída conforme as Tabelas 18 e 19.

**Tabela 18 Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese II  
- Tipo de Combustível Substituído -**

Região	Energia Elétrica	GLP	Óleo Combustível	Outros	Total
R1	9	15	146	16	186
R2	7	51	25	4	87
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>66</b>	<b>171</b>	<b>20</b>	<b>273</b>

**Tabela 19 Tamanho da Amostra por Segmento para Hipótese II  
- Tipo de Segmento Industrial -**

Região	Alimentos	Metalúrgico	Químico	Cerâmico	Têxtil	Outros	Total
R1	37	23	49	16	27	34	186
R2	6	24	1	25	17	14	87
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>273</b>

Adicionalmente, ocorre nesse caso a necessidade do controle da amostra para o tamanho do consumidor. Este controle se tornou necessário para evitar a correlação entre as variáveis, volatilidade da demanda, e quantidade contratada. Como o preço dos consumidores diminuiu com o aumento do seu tamanho, a variável quantidade contratada (QDC) também teria poder explicativo sobre a variável dependente TOP\_Ind\_Pr.

Desta forma, se a amostra apresentar correlação entre as variáveis independentes QDC e Sigma(Var\_Demanda), a interpretação dos resultados dos estimadores do modelo da Eq.6 na Seção 3.5, com uma única variável explicativa, não seria confiável, devido aos efeitos da variação conjunta sobre a variável dependente.

A Figura 32, apresentando o diagrama de dispersão entre as variáveis QDC e volatilidade da demanda, para toda a amostra remanescente após a correção dos *outliers*, sugere esta situação.

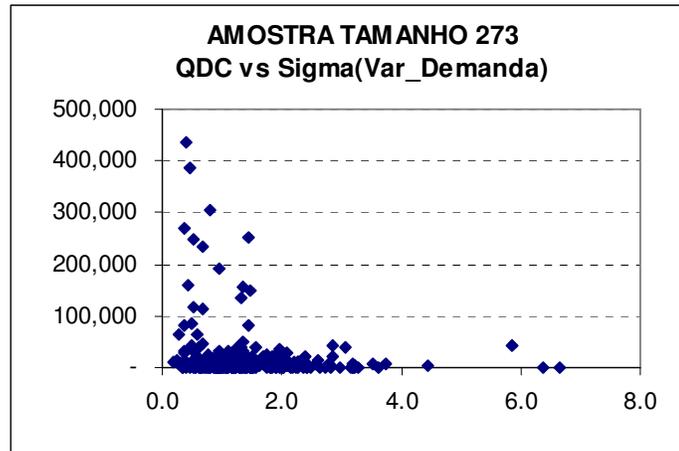


Figura 32 Diagrama de Dispersão para as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda)

O Coeficiente de Correlação de Pearson, na Tabela 20, também indica a existência de uma correlação negativa entre as variáveis explicativas QDC e Sigma(Var\_Demanda).

Tabela 20 Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda)

	QDC	Sigma(Var_Demanda)
QDC	1	
Sigma(Var_Demanda)	-0.180464	1

Contudo, a Figura 33 mostra que, se for realizado o controle da amostra para níveis de QDC inferiores a 50.000 m<sup>3</sup>/dia, a correlação entre as variáveis mencionadas deixa de ser significativa.

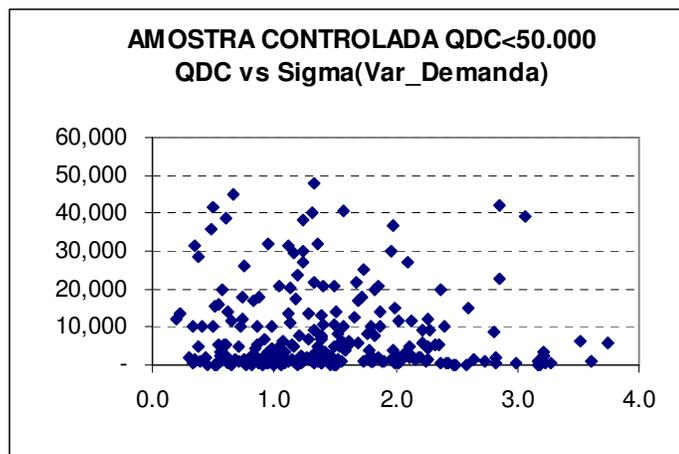


Figura 33 Diagrama de Dispersão para as variáveis QDC, controlada para valores menores do que 50.000 m<sup>3</sup>/dia, e Sigma(Var\_Demanda)

A Tabela 21 mostra que o Coeficiente de Correlação de Pearson é reduzido para quase zero através do controle do tamanho do consumidor. Este procedimento eliminaria a influência da variável QDC sobre a média da variação do TOP\_Ind\_Pr, para diferentes níveis da variável explicativa de interesse, Sigma(Var\_Demanda).

**Tabela 21** Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda) – Amostra controlada para QDC < 50.000 m3/dia

	QDC	Sigma(Var_Demanda)
QDC	1	
Sigma(Var_Demanda)	-0.005086	1

A título de complementaridade, a Tabela 22 mostra que uma regressão linear entre as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda) não indica a existência de associação significativa entre elas quando a amostra é controlada para o tamanho do consumidor. Neste processo, foi observado que 19 contratos da amostra apresentavam QDC superior a 50.000 m3/dia.

**Tabela 22** Estatísticas da Regressão Linear Simples entre as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda) para amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia

	Coeficientes do Modelo de Regressão	Erro padrão do Coeficiente	Estatística t Calculada na Amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal
Interseção	8,063.18	1,265.36	6.37		1.00000	5,974.16467	7,961.00695
Sigma(Var_Demanda)	(57.86111)	716.58745	(0.08)	1.65092	0.53215	(1,240.89244)	1,125.17021

Como consequência, todos os segmentos de amostra foram controlados para níveis de quantidade contratada inferiores a 50.000m3/dia. Além disso, foram realizados os testes de hipóteses para verificar a significância da adoção de um coeficiente de inclinação igual a zero, como Hipótese Nula para a reta de regressão entre as variáveis QDC e Sigma(Var\_Demanda), para cada um dos segmentos analisados.

#### 4.3.2 Transformação de Variáveis

De forma semelhante ao procedimento utilizado para testar a Hipótese IA, também é interessante a transformação das variáveis estudadas para a Hipótese II, visando melhorar as características dos dados quanto às premissas básicas do modelo de regressão linear.

Neste caso, não foi observada a necessidade de transformação da variável independente Sigma(Var\_Demanda) para correção de linearidade. No entanto, para adequar a constância da variância ao longo dos valores de Sigma(Var\_Demanda), foi realizada a seguinte transformação para a variável dependente TOP\_Ind\_Pr:

$$Y' = \sqrt{Y} = f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$$

Mantendo-se a hipótese a respeito do coeficiente de inclinação, o modelo de regressão linear transformado passa a ser, a partir da Eq.6:

$$\text{Eq.8: } \sqrt{\text{TOP\_Ind\_Pr}_i} = \alpha_f + \beta_{1fc} * \text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})_i + e_i$$

As Figuras 34, 35 e 36 mostram os diagramas de dispersão, contra a variável independente, para: (i) a variável dependente do modelo sem a transformação de variáveis, (ii) a variável dependente do modelo transformado e, (iii) o resíduo desta nova regressão. As análises apresentadas nestas figuras foram realizadas para a amostra total (sem segmentação) já controlada para a quantidade contratada QDC menor do que 50.000m<sup>3</sup>/dia.

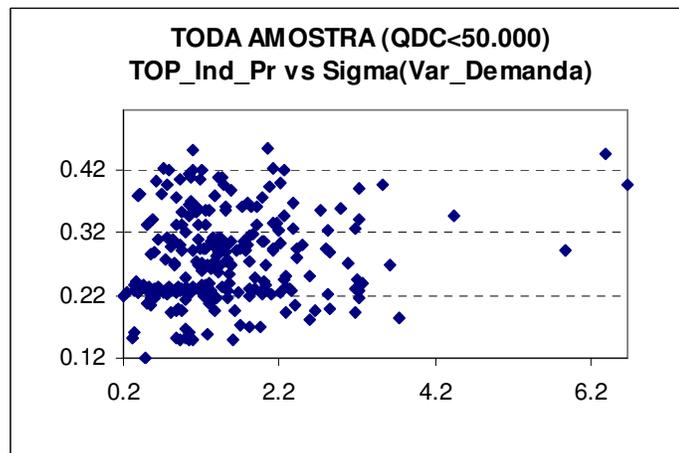


Figura 34 Diagrama de Dispersão para as variáveis TOP\_Ind\_Pr e Sigma(Var\_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m<sup>3</sup>/dia e modelo de regressão original

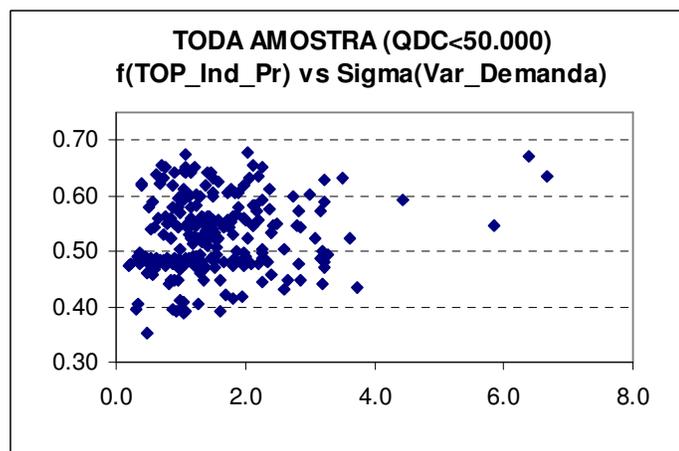
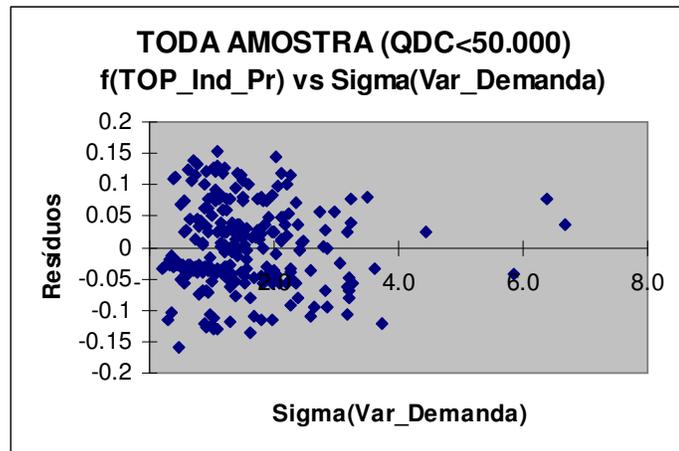
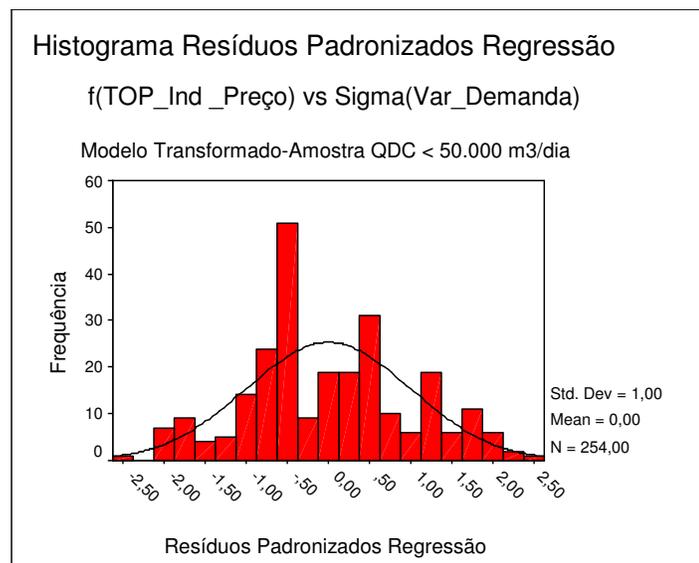


Figura 35 Diagrama de Dispersão para a variável transformada f(TOP\_Ind\_Pr) e Sigma(Var\_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m<sup>3</sup>/dia e modelo de regressão transformado



**Figura 36** Diagrama de Dispersão dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$  e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$  – Modelo de regressão transformado

Observa-se que não existe muita diferença entre os dois modelos, pelo menos para a amostra completa. Adicionalmente, a Figura 37 mostra o grau de adequação do modelo transformado, e com o controle da amostra para níveis de QDC inferiores a 50.000 m<sup>3</sup>/dia, para a premissa de normalidade da distribuição de probabilidade dos resíduos da regressão.

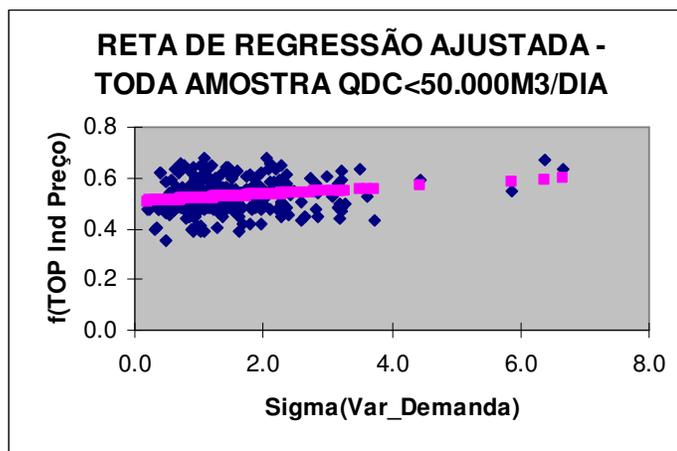


**Figura 37** Comparação entre frequência esperada e observada dos resíduos padronizados da regressão entre as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$  e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$

De forma conservadora, será aplicado o modelo transformado da Eq.8 na próxima seção, pois o resultado obtido no diagrama de dispersão dos resíduos indica que as condições de homocedasticidade e linearidade são razoáveis.

### 4.3.3 Resultados da Regressão Linear Simples entre as Variáveis $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$ e $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$

A Figura 38 mostra o resultado do ajuste do modelo de regressão linear da Eq.8 para a amostra completa de dados, controlada para  $\text{QDC} < 50.000 \text{ m}^3/\text{dia}$ .



**Figura 38** Reta de regressão ajustada para as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$  e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$

Observa-se que existe uma aparente associação positiva entre as variáveis. A Tabela 23 mostra que a Hipótese Nula, estabelecida na Seção 3.5, tal que  $\beta_{1fc}$  na Eq.8 é igual a zero, deve ser rejeitada para um nível de significância de 5%. Com o número de observações realizado e 2 graus de liberdade, a estatística t obtida na amostra, igual a 3,176, é superior ao valor crítico de 1,65. Desta forma, a probabilidade de cometer-se um erro do Tipo I, referente à rejeição da Hipótese Nula quando ela é verdadeira, seria inferior a 5%. O Valor-P, ou significância experimental, mostra que esta probabilidade seria menor do que 1%. Neste caso, os resultados poderiam ser considerados como “altamente significantes” (SPIEGEL, 1961).

Consistente com as estatísticas anteriores, o intervalo de confiança para a média de  $\beta_{1fc}$ , construído para um nível de significância de 10% pois o teste utilizado é unilateral para valores positivos, não contém valores menores ou iguais a zero.

**Tabela 23** Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_Pr})$  e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$  para amostra completa, controlada ao nível  $\text{QDC} < 50.000 \text{ m}^3/\text{dia}$

	<i>Coefficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>	<i>Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>
Interseção	0.50535	0.00773	65.35786		1.00000	0.49258	0.52991
$\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$	0.01391	0.00438	3.17635	1.65092	0.99916	0.00668	0.02114

Da mesma forma que no teste da Hipótese IA, apresentam-se na Tabela 24, os resultados da Análise de Variância (Tabela ANOVA) para a regressão em estudo. Observa-se que a estatística F, calculada em 10,09, indica a rejeição da Hipótese Nula de que o valor de  $\beta_{1fc}$  na Eq.8 é igual a zero, pois  $F_{amostra} > F_{crítico}$ , igual a 2,726.

**Tabela 24 Análise de Variância para a Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP\_Ind\_Pr) e Sigma(Var\_Demanda) - amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia**

	Graus de Liberdade - gl	Soma dos Quadrados - Variações - SQ	Média da Soma dos Quadrados - MQ	Estatística F Calculada na Amostra	Probabilidade F da amostra	F crítico @ 90% nível confiança
Regressão	1	0.04217	0.04217	10.08921	0.00168	2.72554
Resíduo	252	1.05327	0.00418			
Total	253	1.09544				

Portanto, consistente com a Hipótese II, conclui-se que a associação entre as variáveis dependente e independente desta regressão não pode ser rejeitada estatisticamente. O consumidor atribui maior valor às quantidades de gás natural garantidas no contrato, quanto maior é a incerteza sobre a sua demanda.

As quantidades de gás natural garantidas no contrato, funcionam como uma capacidade instalada, quanto ao uso da qual, o consumidor pode optar conforme sua necessidade. Por atribuir um maior valor de opção com o aumento da volatilidade da demanda, o consumidor estaria disposto a pagar mais no *TAKE-OR-PAY PREÇO*.

Para melhor interpretar o significado destas inferências no contexto da distribuição de gás natural, uma observação adicional é necessária. Conforme apresentado na Tabela 25, a regressão linear simples entre a variável dependente TOP\_Ind\_%, isolada do preço do gás natural, contra a variável Sigma(Var\_Demanda), mostra que não se pode rejeitar uma Hipótese Nula estabelecendo a não associação entre estas variáveis, a um nível de confiança de 95%<sup>59</sup>. Os dados indicam, portanto, que não haveria uma política de negociação sobre esta dimensão contratual para diferentes níveis de incerteza sobre a demanda.

**Tabela 25 Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis f(TOP\_Ind\_%) e Sigma(Var\_Demanda) - amostra completa controlada ao nível QDC<50.000m3/dia**

	Coefficientes do Modelo de Regressão	Erro padrão do Coeficiente	Estatística t Calculada na Amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal
Interseção	0.78885	0.00570	138.41082		1.00000	0.77944	0.79160
Sigma(Var_Demanda)	0.00156	0.00323	0.48265	1.65092	0.68512	(0.00377)	0.00689

<sup>59</sup> Não apenas o coeficiente de inclinação da reta ajustada é próximo de zero como a estatística t é menor do que o t crítico para o nível de confiança estabelecido.

Entretanto, conforme visto nas Seções 2.4 e 3.3.2, o preço normalmente também não é passível de negociação, pois seu estabelecimento e variação são formados de acordo com o volume consumido, através de uma “tabela cascata” regulada.

Foi identificado na Seção 3.3.2 que fornecedor e consumidor poderiam negociar sobre estas duas dimensões, de forma a ajustar suas percepções de valor da opção do contrato<sup>60</sup>. A evidência mostra que, em média, esta negociação é dificultada ou não ocorre.

Desta forma, pode-se depreender que a variação observada para a variável TOP\_Ind\_Pr, para diferentes níveis de Sigma(Var\_Demanda), seria resultado, principalmente, da adaptação do mercado consumidor aos contratos de fornecimento, ao invés de uma adaptação dos contratos às percepções do mercado. *Ceteris paribus*, consumidores com diferentes incertezas de demanda terão percepções de valores de opção diferentes, resultando na eventual viabilidade da transação para um e inviabilidade para outro. Portanto, não havendo possibilidade de negociação sobre os principais parâmetros que afetam esta percepção, haveria consequências negativas para o desenvolvimento do próprio mercado de gás natural.

A análise do comportamento do valor de opção do contrato de gás natural, nos diversos níveis de segmentação da amostra, deve fornecer mais evidências sobre estes pontos. Como o valor de uma opção depende de outros fatores, considerados nas segmentações da amostra, espera-se que ocorram variações significativas do coeficiente de inclinação entre diversos tipos de consumidores e fornecedores.

A Hipótese II estabelece que, quanto mais importante for o gás natural para um determinado consumidor, menor seria a influência da incerteza em sua decisão. Neste sentido, consumidores que substituíram o óleo combustível, que possui uma diferença de preço menor para o gás natural, ou em cujo processo produtivo, possam consumir outros energéticos sem perda de qualidade, devem atribuir uma maior relevância para o aspecto da volatilidade.

Já consumidores que consumiam GLP, pelo fato do preço deste produto ser muito superior ao do gás natural, ou cujo processo produtivo tenha elevado aumento na qualidade quando utilizado o gás natural, não deveriam atribuir grande importância para o valor da flexibilidade do contrato para fazer frente à incerteza da demanda. Para estes consumidores, o contrato

---

<sup>60</sup> O Anexo E mostra que a negociação sobre as quantidades contratadas pode ser outra alternativa para promover o ajuste de percepções entre consumidores, com diferentes níveis de incerteza sobre a demanda, e o fornecedor de gás natural. Contudo, foi demonstrado que esta possibilidade não invalida os resultados obtidos para o modelo aqui utilizado e suas interpretações.

seria viável independentemente deste aspecto, ou seja, a opção pela capacidade instalada de gás natural estaria “muito no dinheiro”, conforme discutido na Seção 2.5.3.

Estas afirmativas estão de acordo com os conceitos expostos pela Teoria das Opções Reais. A Tabela 26 mostra as segmentações utilizadas para o teste da Hipótese II.

**Tabela 26 Segmentações da Amostra para o Teste da Hipótese II**

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código da Segmentação da Amostra	Número da Amostra
Região	Amostra Total	ALL50	254.00
	Toda Amostra Região 1	R150	169.00
	Toda Amostra Região 2	R250	85.00

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código da Segmentação da Amostra	Número da Amostra
Distribuidora	Região 1 Distribuidora D1	R1D150	81.00
	Região 1 Distribuidora D2	R1D250	40.00
	Região 1 Distribuidora D3	R1D350	48.00
	Região 2 Distribuidora D4	R2D450	21.00
	Região 2 Distribuidora D5	R2D550	21.00
	Região 2 Distribuidora D6	R2D650	43.00

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código da Segmentação da Amostra	Número da Amostra
Combustível	Amostra Total ÓleoComb./Lenha/Casca Castanha	OC1A50	161.00
Substituído	Amostra Total GLP / Energia Elétrica / Óleo Diesel	GLP50	80.00

Categoria Segmentação	Segmentação da Amostra	Código da Segmentação da Amostra	Número da Amostra
Semento Industrial	Amostra Total Textil	TEXTIL	44.00
	Amostra Total Alimentos Bebidas	FOOD	43.00
	Amostra Total Metalúrgico	METAL	36.00
	Amostra Total Cerâmico	CERAM	39.00
	Total Quimica-Petroquímico	QUIPETRO	38.00

A Tabela 27 apresenta os resultados obtidos para o coeficiente de inclinação da reta de regressão ajustada, e as principais estatísticas necessárias para o teste de hipóteses, referente ao modelo da Eq.8.

Na primeira coluna foram ressaltadas em amarelo e itálico, as segmentações de amostra com tamanho superior a 30. Dentro da mesma abordagem utilizada para o teste da Hipótese IA, somente estes resultados serão considerados nas inferências a seguir, pelo fato de serem mais adequados à luz do Teorema do Limite Central. Nas demais colunas, destacam-se em cinza os casos de rejeição, ao nível de confiança de 95%, da Hipótese Nula estabelecendo que o coeficiente de inclinação da reta ajustada do modelo é igual a zero (Seção 3.5).

A título de complementaridade, no Anexo H são apresentados os gráficos da reta de regressão ajustada, para cada uma destas segmentações da amostra.

**Tabela 27 Coeficientes da Regressão Linear Simples e Estatísticas de Significância – Hipótese II**

Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado	Estatística t- Regressão QDC vs Sigma (Var_Dem.)
ALL50	0.01391	0.00438	3.17635	1.65092	99.9%	0.00668	0.02114	0.03850	(0.08075)
R150	0.00806	0.00453	1.78092	1.65403	96.2%	0.00057	0.01555	0.01864	(0.17259)
R250	0.00327	0.00415	0.78824	1.66342	78.4%	(0.00363)	0.01017	0.00743	(0.21067)

Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado	Estatística t- Regressão QDC vs Sigma (Var_Dem.)
R1D150	0.01453	0.00634	2.29330	1.66437	98.8%	0.00398	0.02507	0.06242	(0.47760)
R1D250	(0.00767)	0.01680	(0.45658)	1.68595	67.5%	(0.03600)	0.02066	0.00546	0.21717
R1D350	0.00959	0.00580	1.65517	1.67866	94.8%	(0.00014)	0.01932	0.05621	(1.30295)
R2D450	(0.02220)	0.02129	(1.04265)	1.72913	84.5%	(0.05900)	0.01461	0.05412	3.41178
R2D550	0.01210	0.01037	1.16599	1.72913	87.1%	(0.00584)	0.03003	0.06678	(1.42239)
R2D650	0.00335	0.00381	0.88016	1.68288	80.8%	(0.00305)	0.00975	0.01854	(0.45594)

Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado	Estatística t- Regressão QDC vs Sigma (Var_Dem.)
OC1A50	0.01541	0.00410	3.75901	1.65449	100.0%	0.00863	0.02219	0.08162	(2.07174)
GLP50	0.00737	0.00817	0.90208	1.66463	81.5%	(0.00623)	0.02098	0.01032	(1.98917)

Código da Segmentação da Amostra	Coeficiente de Inclinação modelo transformado	Erro Padrão Coeficiente de Inclinação	Estatística t calculada na amostra	Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal	Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)	Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal	Estatística Descritiva R Quadrado	Estatística t- Regressão QDC vs Sigma (Var_Dem.)
TEXTIL	0.01510	0.01097	1.37710	1.68195	91.2%	(0.00334)	0.03355	0.04320	(0.97661)
FOOD	0.01402	0.00974	1.43995	1.68288	92.1%	(0.00237)	0.03041	0.04814	0.75277
METAL	0.03737	0.01499	2.49373	1.69092	99.1%	0.01203	0.06272	0.15462	(0.56908)
CERAM	0.02675	0.01464	1.82769	1.68709	96.2%	0.00206	0.05144	0.08281	(0.47833)
QUIPETRO	0.00188	0.00792	0.23728	1.68830	59.3%	(0.01149)	0.01524	0.00156	0.28077

Pode-se observar que, além da regressão linear sobre a amostra completa, várias regressões baseadas na amostra segmentada apresentam coeficientes de inclinação significativamente positivos, indicando que o valor do *TAKE-OR-PAY PREÇO*, como *proxy* do prêmio de opção do contrato, cresce com o nível de incerteza sobre a demanda do consumidor. Os seguintes comentários e resultados adicionais auxiliam na interpretação destes resultados:

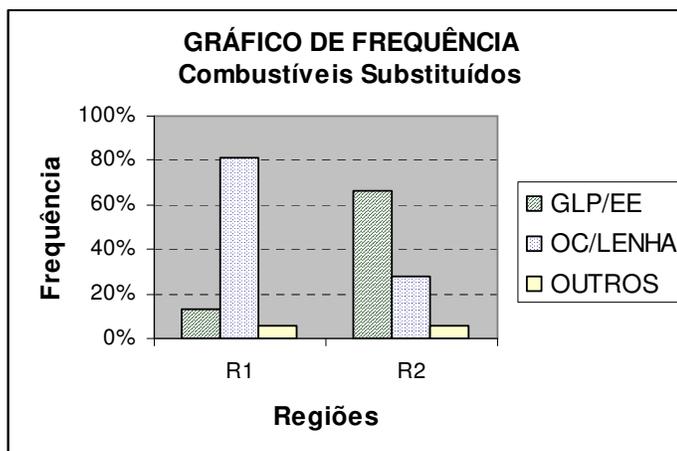
1. O teste para diferença de médias do TOP\_Ind\_Pr, entre estas Regiões 1 e 2, apresentado na Tabela 28, mostra que a média observada desta variável é maior na Região 2<sup>61</sup>, significando que o prêmio da opção pelas quantidades contratadas de gás natural seria maior neste caso.

<sup>61</sup> A tabela mostra que seria rejeitada a Hipótese Nula de que a diferença entre estas médias seria igual a zero, o que é indicado pelo módulo da estatística t, que é muito maior do que o t crítico uni-caudal. Além disso, o valor P é praticamente zero, indicando que a chance de se rejeitar a Hipótese Nula, quando ela seria verdadeira, é muito pequena.

**Tabela 28** Teste paramétrico para diferença de médias das variáveis TOP\_Ind\_Pr nas Regiões 1 e 2 – Amostras controladas para QDC < 50.000 m3/dia

	TOP_Ind_Preço Reg.1	TOP_Ind_Preço Reg.2
Média	0.24427	0.35479
Variância	0.00196	0.00267
Observações	169	85
Hipótese da diferença de média	0	
gl	147	
Stat t	(16.85973)	
P(T<=t) uni-caudal	0.00000	
t crítico uni-caudal	1.65528	
P(T<=t) bi-caudal	0.00000	
t crítico bi-caudal	1.97623	

Lembrando que a variável TOP\_Ind\_%, que compõe o TOP\_Ind\_Pr, apresenta um comportamento contrário para as Regiões 1 e 2, a observação acima é resultado da outra componente do TOP\_Ind\_Pr, ou seja, do preço do gás natural. Foi visto na Seção 2.4.1 que o preço é maior na Região 2. Este fato afeta a competitividade relativa deste energético entre as regiões, conforme pode ser observado na Figura 39, que mostra o mix de combustíveis substituídos em cada uma delas.



**Figura 39** Proporções de ocorrência para combustíveis substituídos pelo gás natural, agregados em combustíveis de alto preço relativo (GLP, Energia Elétrica e Óleo Diesel), e combustíveis de baixo preço relativo (Óleos Combustíveis, Lenha, Casca de Castanha e Óleo de Xisto)

Na Região 2, a maioria dos consumidores substituiu combustíveis de elevado preço relativo em comparação com o gás natural (GLP, Energia Elétrica e Óleo Diesel). Consistente com a Hipótese II, a Tabela 27 mostra que nesta região a volatilidade da demanda (variável Sigma (Var\_Demanda)) forneceria pouca explicação para a variação do prêmio da opção sobre as quantidades contratadas de gás natural (*proxy* TOP\_Ind\_Pr). Já na Região 1, onde prepondera a substituição de combustíveis com menor valor relativo (Óleo Combustível, lenha, etc.), a volatilidade da demanda passa a exercer influência

- sobre o valor atribuído pelos consumidores pela opção de contratar quantidades de gás natural.
2. Os efeitos e interpretação descritos acima, também têm influência no comportamento isolado das distribuidoras fornecedoras de gás natural. Duas distribuidoras da Região 1 apresentaram coeficientes de inclinação significativamente positivos. Em uma delas, se rejeitaria a Hipótese Nula deste coeficiente ser igual a zero, ao nível de confiança de 98,8%, e na outra, ao nível de confiança de 94,8% (Valor P da amostra), maior ou muito próximo do nível de confiança de 95% adotado nesta pesquisa. Já na Região 2, não seria possível rejeitar a hipótese de nulidade deste coeficiente, nem mesmo ao nível de confiança de 90%, muito abaixo da regra de decisão de 95%.
  3. Com relação aos segmentos de amostra estabelecidos para os combustíveis substituídos, os resultados são ainda mais marcantes<sup>62</sup>. Este fato reflete, provavelmente, a menor contaminação por outros fatores, em comparação com as segmentações anteriores. Os parâmetros estatísticos indicam a rejeição da Hipótese Nula, estabelecida na Seção 3.5, para o caso de energéticos cujo preço relativo ao gás natural é pequeno, e indicam a conclusão contrária para o caso dos energéticos cujo valor relativo é elevado.

Conforme já discutido anteriormente, como o GLP, Energia Elétrica e Óleo Diesel possuem um preço muito superior ao gás natural, este resultado reflete um caso limite do valor das opções, onde ele não fica mais sensível à variação da volatilidade.

4. No caso das segmentações por tipo de indústria, os resultados podem ser mais ambíguos, especialmente porque apenas poucos tipos apresentaram tamanho de amostra adequado para o teste. Este fato também impossibilitou o cálculo de estatísticas confiáveis para segmentações duplas, considerando tanto o tipo de indústria como o combustível substituído. Ainda assim, percebem-se consistências com a hipótese testada.

Para a indústria Químico-Petroquímica, caracterizada por volumes maiores de utilização do gás natural e em grande parte como matéria-prima de processo, não se pode rejeitar a Hipótese Nula quanto ao coeficiente de inclinação. A importância do gás natural para o processo provoca um efeito semelhante àquele observado para os casos em que o combustível substituído tinha elevado valor relativo. ALMEIDA (2000) menciona que, quando utilizado como matéria prima, o gás natural dificilmente pode ser substituído por outros produtos, tornando inelástica a demanda para este tipo de uso.

<sup>62</sup> A estatística t é muito maior do que o t crítico e, além disso, o valor P é praticamente 100%.

No caso dos demais segmentos industriais, vale a pena observar que os resultados para os coeficientes de inclinação positivos seriam significantes a um nível de confiança de 90% ou maior. Particularmente, as evidências para a Indústria Metalúrgica indicam a rejeição da Hipótese Nula estabelecida para a Hipótese II, a um nível de confiança de 99%. Os dados indicam que o gás natural teria baixa competitividade para o processo desta indústria, talvez porque, em sua utilização principal, não haja contato direto com o produto final, como, por exemplo, na geração de vapor.

Já no caso da Indústria Cerâmica, as observações realizadas levam a um resultado não esperado. Normalmente o gás tem elevado valor para o processo desta indústria, substituindo, em geral, o GLP. Seria esperado que a regressão realizada não pudesse rejeitar a Hipótese Nula, de não associação entre as variáveis dependente e independente, o que não ocorreu. Seriam necessários estudos ulteriores para avaliar o caso específico desta indústria. Uma potencial explicação seria o fato de que, na Região 2, mesmo o preço do combustível alternativo GLP se aproxima do preço do gás natural, aumentando o poder explicativo da incerteza para o valor da opção.

Para as Indústrias Têxtil e de Alimentos e Bebidas, os resultados positivos pouco significantes indicam, provavelmente, a maior diversidade de usos do gás natural nos processos, ora com elevado valor agregado para o consumidor, devido a utilizações como queimas diretas e estufas, ora com baixo valor agregado, em utilizações menos específicas como o aquecimento de água e geração de vapor.

Estes resultados merecem futuros estudos para o entendimento de cada indústria, em cada região. Conforme sugerido por SANTOS et al (2002), a indústria brasileira tem se adequadado ao gás natural, principalmente através de simples adaptações de equipamentos industriais já existentes, tais como caldeiras, fornos, secadores, geradores de ar quente, incineradores, etc. Estas conversões de equipamentos, embora mais factíveis na realidade econômica do país, não permitem ao consumidor obter níveis de eficiência energética comparáveis às instalações novas, projetadas desde o início para o consumo do gás. A utilização do gás, em equipamentos antigos, não garante a total extração da mais valia econômica que o gás poderia agregar ao consumidor, através de melhorias no processo, aumentos de produtividade ou ganhos de qualidade do produto. A não captura desta valia econômica reduz, portanto, a percepção de valor do consumidor pelo gás natural, sendo que este efeito pode estar também contribuindo para contaminar os resultados observados para os diversos segmentos industriais.

5. Um último comentário refere-se à estatística  $r$  quadrado, a qual é baixa. Conforme comentado na Seção 4.1.3, visto que não estamos interessados no desenvolvimento de previsões da variável dependente com o modelo em estudo, a utilidade deste coeficiente é apenas descritiva e indicaria a possibilidade da melhoria da precisão do modelo com a introdução de outras variáveis explicativas. A dispersão encontrada é função de vários fatores como a diferença entre: (i) Tipos de indústrias, (ii) empregos para o gás no processo, (iii) cláusulas contratuais não consideradas, (iv) várias incertezas que afetam os agentes em seus negócios, (v) combustíveis substitutos, (vi) problemas de medição de variáveis etc. Contudo, sendo aleatória a influência destas outras variáveis, elas não tirariam o mérito do efeito isolado daquela considerada como explicativa no modelo utilizado, ou seja, a volatilidade da demanda. Futuras pesquisas poderiam detalhar a influência da volatilidade em segmentos específicos de mercado para o gás natural, permitindo assim, o desenvolvimento de modelos de formação de preços para suportar negociações entre distribuidoras e consumidores.

A evidência apresentada leva à conclusão de que não pode ser rejeitada a Hipótese II desta pesquisa, estabelecendo que os contratos de fornecimento de gás natural possuem valor de opção na flexibilidade do *take-or-pay*. Os principais determinantes do valor desta opção são: (i) a incerteza quanto à demanda do consumidor, (ii) a diferença de preços entre o gás e os energéticos substitutos e (iii) o seu valor para os processos produtivos industriais.

Contudo, visto que o fornecedor e o consumidor não negociam sobre os principais aspectos que permitiriam o ajuste de percepções quanto a este valor, quais sejam, o percentual de quantidades que devem ser pagas, mesmo que não consumidas, e o preço do gás natural, o mercado é que tem que se adaptar às condições inflexíveis contratuais, normalmente realizando este ajuste de percepção via reduções das quantidades contratadas. Estas alternativas de ajuste reduziriam a possibilidade de desenvolvimento de mercado, se comparadas com uma situação em que as partes flexibilizassem a negociação contratual.

Uma das razões enumeradas pelos Diretores e Gerentes Comerciais das distribuidoras visitadas para a não flexibilização seria a impossibilidade de diferenciação entre consumidores, conforme estabelecido pela maioria das regulamentações dos contratos de concessão, para a exploração da atividade de distribuição de gás natural canalizado ao consumidor final. Neste sentido, melhorias nos contratos de concessão deveriam ser introduzidas para viabilizar estas diferenciações, sem permitir que este direito fosse utilizado para a extração de rendas monopolísticas por parte da distribuidora.

Deve ser lembrado também que a generalização desta conclusão se restringe ao ambiente da atividade econômica estudada, e também a um universo de consumidores cujo volume contratado é menor do que 50.000 m<sup>3</sup>/dia.

## CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta Dissertação de Mestrado reuniu os elementos conceituais básicos das Teorias dos Custos de Transação e das Opções Reais, com o objetivo de explicar as percepções de valor das distribuidoras e consumidores, no que se refere às flexibilidades contratuais sobre as quantidades contratadas, conforme estabelecido entre as partes nas transações para fornecimento de gás natural.

Pelo fato de que as distribuidoras de gás natural no Brasil assumem compromissos em contratos à montante da cadeia de fornecimento, antes da negociação dos contratos de fornecimento com os consumidores industriais, elas poderiam ficar sujeitas à desapropriação dos *quasi-rents* associados a esta transação comercial. Para proteger-se desta desapropriação, a distribuidora tentaria repassar os contratos de longo prazo com cláusulas rígidas de *take-or-pay*. Contudo, o sucesso deste repasse dependeria do poder de barganha dos consumidores, que sempre têm a alternativa de consumo de outros energéticos.

Desta forma, uma das hipóteses testadas procurou identificar se a flexibilidade contratual, estabelecida pela redução do *take-or-pay* exigido pelas distribuidoras de gás natural, aumentaria com o aumento do volume contratado pelo consumidor, em relação ao volume total por ela comercializado com todos os seus demais clientes. Esperava-se que, quanto maior fosse esta proporção, após a realização dos investimentos irrecuperáveis pelo fornecedor, maior seria o poder de barganha do consumidor visando obter melhores condições contratuais sob a ameaça de cancelar sua demanda.

Neste contexto, o principal investimento específico realizado pela distribuidora se refere às quantidades equivalentes que ela deve contratar, e comprometer-se a adquirir à montante da cadeia de fornecimento de gás natural, para o atendimento da demanda de seu cliente.

O teste foi realizado com base em uma amostra de 311 contratos de fornecimento de gás, em 6 distribuidoras, localizadas em duas regiões com distintas características de produção e transporte de gás natural em termos de depreciação e custos da infra-estrutura, bem como em diferentes estágios de maturação do mercado.

Os resultados obtidos revelaram poucas evidências a favor da associação entre o *take-or-pay* e a proporção do volume de gás contratado, por cada consumidor, com relação ao volume total comercializado pela distribuidora. No entanto, estudos adicionais seriam necessários para o entendimento das razões que levam a esta fraca associação. Uma destas razões pode ser a

existência da regulamentação sobre os mercados, a qual requer que não sejam realizadas discriminações entre consumidores, impedindo tanto a diferenciação do *take-or-pay* por parte do fornecedor, como a própria possibilidade de barganha de preços por parte do consumidor.

Apesar disso, a aplicação de outras cláusulas contratuais modificadoras da flexibilidade, como a possibilidade de realização de consumos eventuais acima da quantidade contratada, o período de manutenção anual e o período de testes no início do contrato, sem imposição de *take-or-pay*, poderiam atenuar esta rigidez da regulamentação, de forma a refletir o poder de barganha diferenciado que cada cliente apresentaria em relação à distribuidora. Tal possibilidade não ficou evidenciada nesta pesquisa.

- Uma potencial pesquisa futura poderia testar esta mesma hipótese, em uma situação de mercado não regulado e com maior concorrência, permitindo uma melhor generalização dos resultados. Entretanto, deve ser lembrado que tal situação de mercado ainda demorará a materializar-se no cenário da Indústria de Gás Natural brasileira. Mesmo em regiões onde esta indústria é centenária, como no Rio de Janeiro e São Paulo, prevalecem estruturas de mercado fortemente reguladas e sem concorrência prevista para os próximos dez anos. Portanto, dados internacionais seriam necessários.

Outra razão plausível para explicar a fraca associação entre as variáveis estudadas nesta hipótese, poderia ser a relativamente alta pulverização das quantidades contratadas pelos consumidores das distribuidoras pesquisadas. Foi observado que o percentual médio da participação do volume contratado, por cada consumidor, em relação ao volume total contratado pelos clientes industriais de uma distribuidora, era cerca de 1,5% com um desvio padrão de 2,5%. Isto pode indicar uma baixa diferenciação no grau de especificidade dos investimentos realizados pela distribuidora para cada consumidor, na amostra utilizada. Por ser baixa esta diferenciação, sua influência sobre a variação da flexibilidade contratual não seria perceptível.

- Uma segunda linha de pesquisa futura que poderia ser sugerida, envolve o estudo de casos de distribuidoras que apresentem poucos clientes, mas com elevada concentração dos volumes contratados. Estas seriam comparadas com outras, em que a dispersão destes volumes entre os consumidores é maior. Estes estudos poderiam avaliar melhor a questão da relação entre a especificidade dos investimentos e o grau de pulverização dos volumes comercializados pelas distribuidoras.

Adicionalmente, foi também proposto nesta pesquisa que as empresas distribuidoras podem considerar que o contrato de compra de gás natural, com o agente à montante da cadeia, poderia sempre ser renegociado, situação em que ele deixaria de ser um investimento específico para o fornecimento ao consumidor final. Esta poderia ser outra explicação para a fraca associação entre o *take-or-pay* e a razão do volume contratado pelo consumidor para o volume total comercializado pela distribuidora.

- Estudos de casos futuros poderiam investigar melhor este aspecto, pois eles têm influência sobre a forma de organização mais adequada para a governança das transações ao longo da cadeia de fornecimento de gás natural. Por sua vez, a estabilidade desta governança exerce influência sobre os incentivos para a realização de investimentos em infra-estrutura. Estudos sobre os efeitos da regulação proposta para a abertura do mercado de gás natural brasileiro, o fornecimento de gás termo-elétrico e as participações cruzadas nas empresas ao longo da cadeia de fornecimento, podem trazer evidências sobre estas questões.

Uma segunda hipótese foi estruturada para testar a influência da especificidade dos investimentos, sobre o nível médio do *take-or-pay* cobrado em cada região, encontrando suporte na evidência coletada. Ao trabalhar apenas com a média da flexibilização contratual entre as duas regiões estudadas, esta hipótese muda o determinante da especificidade do ativo, de uma função da relação de volumes contratados entre consumidor e distribuidora, para uma função do grau de depreciação e maturidade dos mercados.

Na região onde os investimentos específicos são maiores, seja porque não estão depreciados ou porque não existem muitas alternativas para que a distribuidora repasse os volumes eventualmente descontratados, o percentual de quantidades contratadas mínimas que devem ser pagas pelos consumidores é menor do que na região onde esta especificidade é menor. Este resultado indica que o poder de barganha dos consumidores deve estar relacionado à especificidade dos investimentos. Contudo, um detalhamento desta média, através das várias distribuidoras, mostra variações que seriam difíceis de serem explicadas apenas com base nas diferenças de maturidade do mercado e investimentos realizados, ou mesmo pela Teoria dos Custos de Transação.

A Teoria das Opções Reais fornece os conceitos para que sejam identificados outros parâmetros que influenciam na expectativa de valor quanto à flexibilidade sobre as quantidades contratadas, principalmente sob o ponto de vista do consumidor. Segundo esta

teoria, o valor de uma garantia de capacidade contratada está associado à incerteza sobre a demanda, e com a possibilidade de alteração da decisão sobre o uso desta capacidade no futuro.

Esta pesquisa identifica o contrato com garantia de fornecimento de gás natural, como uma aquisição de capacidade instalada, cuja decisão de utilização fica como opção do consumidor. Esta opção é exercida sempre que as suas condições de demanda, e a relação de preços entre o gás natural e os combustíveis alternativos, forem adequadas. Logo, o valor da opção está relacionado às incertezas de mercado a que está submetido o consumidor.

Segundo a Teoria das Opções Reais, como não é necessário nenhum investimento em produção e transporte por parte do consumidor, investimento este de responsabilidade da cadeia produtiva, e não existindo prêmio a ser pago antecipadamente pelo direito de consumo das quantidades de gás natural, o consumidor teria o interesse em contratar o máximo de capacidade possível, quanto maior fosse a incerteza relacionada à sua demanda. Esta pesquisa mostra que a condição de *take-or-pay* do contrato, é uma das formas como o prêmio pela instalação desta capacidade é estabelecido, devendo refletir o valor do direito de opção de consumo do produto pelo consumidor.

Foi testada uma hipótese estabelecendo que, conforme cresce a volatilidade da demanda, o valor do prêmio da opção também deveria aumentar, refletindo em um crescimento do nível do *take-or-pay* que o consumidor estaria disposto a pagar por este direito. Como o valor intrínseco que o consumidor atribui ao produto também influencia o prêmio da opção, espera-se que o grau da relação entre este prêmio e a volatilidade da demanda seja tanto menor quanto maior for o preço do energético substituto, em relação ao preço do gás natural, ou quanto maior for o valor do gás para seu processo produtivo. O teste realizado com uma amostra de 254 contratos permitiu verificar que esta hipótese não pode ser refutada no contexto do fornecimento de gás natural para consumidores industriais, em 6 distribuidoras de gás do Brasil.

Como as características mencionadas para a explicação do comportamento observado são específicas do consumidor, e tendo sido verificado que a distribuidora não diferencia o nível médio do *take-or-pay* entre diferentes tipos de consumidores, a não ser pela variação de preços relacionada à quantidade consumida, conclui-se que é o mercado que está se adequando às condições de inflexibilidade contratuais e não o contrário. Desta forma, consumidores com pequena volatilidade da demanda, que não estariam dispostos a pagar um elevado prêmio de opção, procurariam outras formas para reduzir este encargo, especialmente

através da diminuição das quantidades contratadas. Alternativamente, estes consumidores não seriam viabilizados para o consumo do gás natural.

Esta forma de adaptação ocorre em detrimento do desenvolvimento do mercado, e provoca também distorções, como a sub-contratação de volumes de gás natural, conforme observado para várias transações analisadas nesta pesquisa.

Estes resultados indicam que políticas comerciais mais flexíveis, em relação aos contratos de fornecimento de gás natural, seriam necessárias para estimular o consumo do produto. Contudo, estas políticas somente seriam passíveis de implementação mediante a quebra de paradigmas da regulamentação, com relação à possibilidade de diferenciação entre consumidores. Na mesma medida em que é permitida a diferenciação quanto ao preço do produto em relação à quantidade consumida, diferenciação esta que é adequada para contemplar a diminuição de custos promovida com o ganho de escala de fornecimento, a diferenciação com relação às flexibilizações contratuais permite a adequação às diferentes características de incerteza dos consumidores, quanto a preços relativos e demanda.

Assim, além de acelerar o desenvolvimento do mercado, estas flexibilizações contratuais também levariam a um melhor aproveitamento do produto gás natural nas aplicações onde ele obtém seu maior valor agregado. Trata-se de um conceito que deve ser considerado, tanto por parte das distribuidoras, como por parte das autoridades políticas e de regulação, que influenciam no mercado de gás.

A conclusão final desta pesquisa é que a Teoria das Opções Reais fornece um conceitual adequado para a análise da flexibilidade contratual nas transações comerciais visando o fornecimento de gás natural, permitindo a discussão de temas que são essenciais para o desenvolvimento do mercado de gás do país, bem como promovendo uma série de novas questões que demandam estudos futuros. Particularmente, pode-se apontar algumas linhas de pesquisa que poderiam ser desenvolvidas:

- Teste do comportamento do consumidor em ambientes de mercado ainda mais maduros e / ou com políticas de regulamentação diferenciadas, especialmente em outros países. Esta pesquisa poderia fornecer subsídios de modelos de regulação de mercado mais adequados para promover o desenvolvimento do uso do gás natural no Brasil.
- Desenvolvimento de modelos de formação de preços, tarifas e condições de flexibilização contratual mais adequados, para considerar o valor da opção de

consumo do gás natural. Estes modelos devem ser desenvolvidos para diferentes segmentos industriais e aplicações do energético (aquecimento, geração de vapor, geração elétrica secagem, matéria-prima etc.), diferentes tipos de combustíveis a serem substituídos, e mesmo diferentes tecnologias de consumo, isto é, com a possibilidade de troca entre combustíveis, por exemplo. Estes desenvolvimentos poderiam subsidiar as distribuidoras em cada mercado de atuação. Compreender o comportamento dos consumidores na tomada de decisão pela utilização do gás natural, é fundamental para a promoção deste novo energético, que, dado seu nível de sofisticação, exige esforços de venda mais refinados, trabalhando-se com as especificidades do mercado.

- Desenvolvimento de modelos que considerem a formação de mercados alternativos para o gás natural, isto é, mercados interruptíveis, de forma a aumentar o valor da opção por capacidades contratadas de gás natural, e promover sua competitividade para o mercado.
- Desenvolvimento de modelos para suporte à decisão sobre a realização de investimentos irrecuperáveis em capacidade de fornecimento, que considerem o custo de oportunidade referente à opção de adiamento da decisão. Nesta mesma linha, poderiam ser desenvolvidos modelos para a avaliação de projetos de conversão de equipamentos para consumo industrial, que considerem o valor da flexibilidade contratual como uma opção para o consumidor.

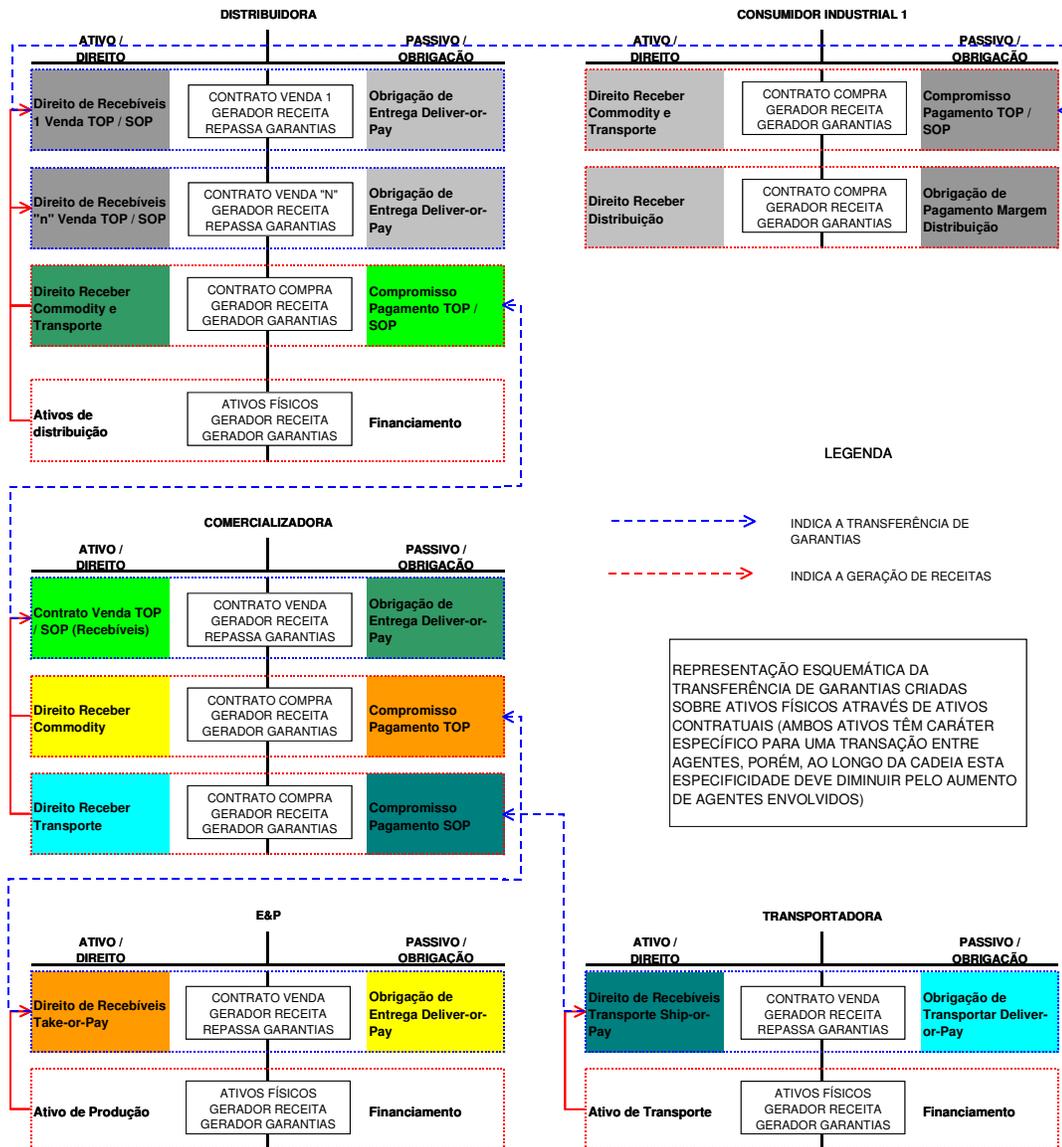
Além disso, a aplicação destas teorias para a tomada de decisão sobre investimentos, e o desenvolvimento de contratos mais adequados para governar as relações entre fornecedores e produtores pode ser estendida, não apenas para outros segmentos de consumo final, como também para os mercados intermediários da cadeia de fornecimento de gás natural.

Trata-se, portanto, de um campo interessante para desenvolvimentos futuros que podem agregar valor teórico e prático à Indústria de Gás Natural. Espera-se que os resultados obtidos nesta Dissertação de Mestrado sejam uma contribuição e incentivo para a construção do entendimento científico, sobre o comportamento comercial envolvendo ativos específicos e diferentes alternativas para o fornecedor e comprador de gás natural.

## ANEXOS

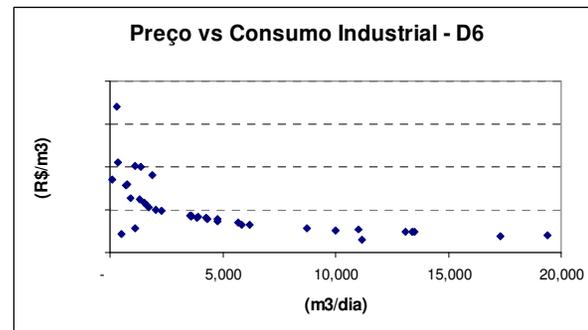
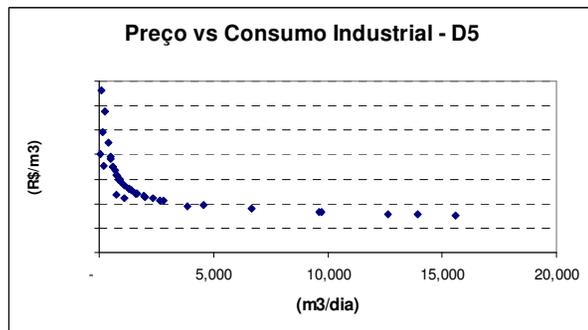
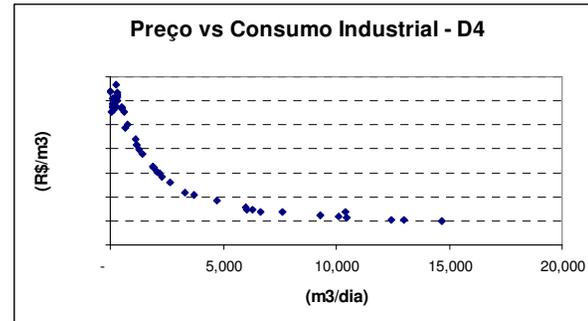
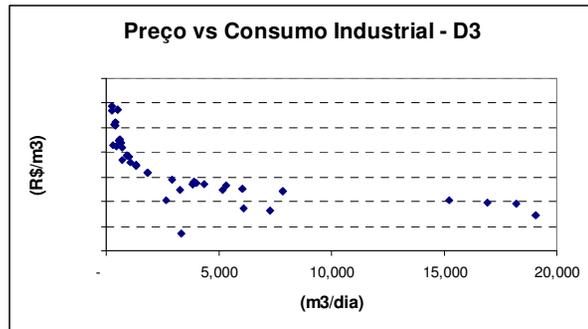
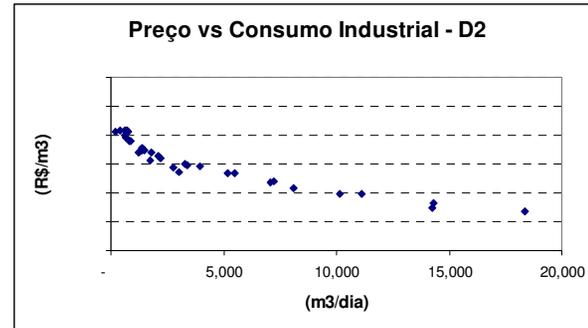
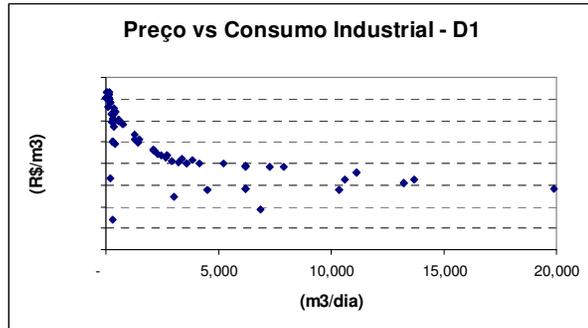
### Anexo A Representação esquemática de direitos e obrigações contratuais mostrando a transferência das garantias estabelecidas sobre ativos físicos ao longo da cadeia de fornecimento de gás natural

Observação: O esquema apresentado utiliza a analogia com a estrutura do balanço contábil de ativos e passivos para mostrar o significado da transferência da garantia e, portanto, da especificidade dos ativos de produção e transporte de gás natural, até o consumidor final. Não se pretendeu, porém, dar uma classificação contábil real para os contratos de gás. As cores indicam obrigações e direitos relacionados ao mesmo contrato, na interface de um elo da cadeia de fornecimento<sup>63</sup>.



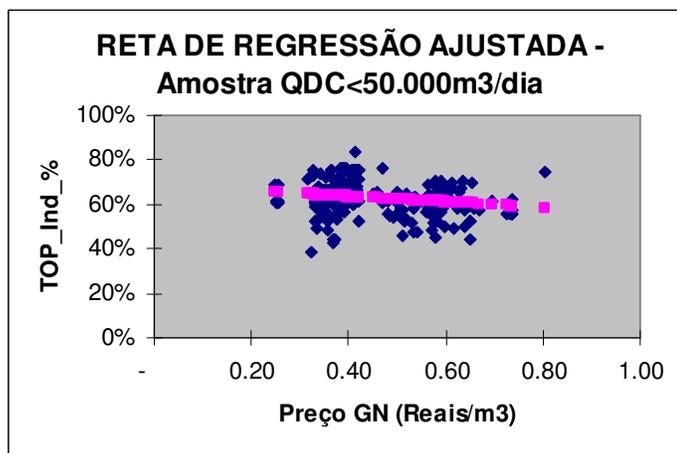
<sup>63</sup> O autor agradece ao colega Antônio Carlos Pereira Maia, pela sugestão e apoio no desenvolvimento desta analogia.

**Anexo B Relação Entre o Preço do Gás Natural e o Volume Consumido em 6 Distribuidoras de Gás**



**Anexo C Regressão Linear Simples entre as variáveis TOP\_Ind\_% e Preço do Gás Natural para os contratos de fornecimento de gás natural com diferentes consumidores**

A Figura 40 e Tabela 29 mostram a existência de associação negativa entre as variáveis TOP\_Ind\_% e Preço do Gás Natural para a amostra coletada. Esta associação negativa pode ser considerada estatisticamente significativa conforme mostra a estatística t de Student que é superior a 1,96 para um grau de confiança de 95%. Os dados evidenciam que os consumidores realizam uma troca entre estes dois parâmetros contratuais ao decidir sobre o consumo de gás natural.



**Figura 40** Retas de regressão ajustada para as observações das variáveis *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* (TOP\_Ind\_%) e Preço do Gás Natural Industrial

**Tabela 29** Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* (TOP\_Ind\_%) e Preço do Gás Natural Industrial – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia

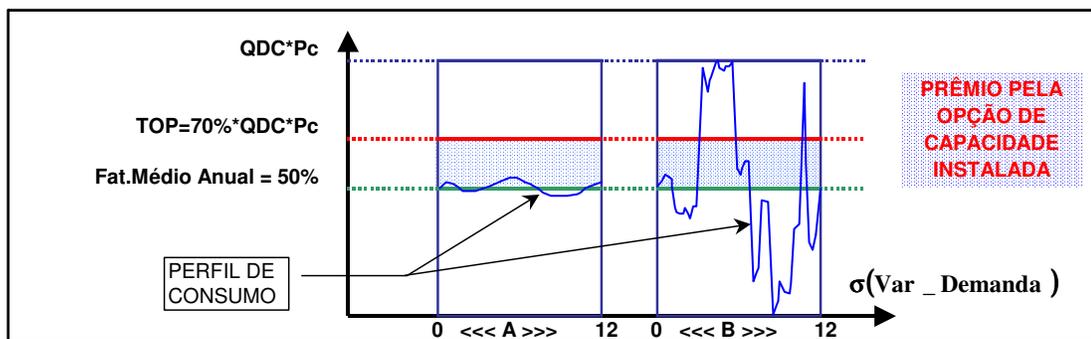
	<i>Coefficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>	<i>Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>
Interseção	0.68	0.02	37.81		1.00000	0.65373	0.62637
Pr.Ind. GN	(0.12191)	0.03853	(3.16)	1.65037	0.99913	(0.18551)	(0.05832)

#### Anexo D Exemplos estilizados de negociações sobre o nível de flexibilidade contratual

Considere-se dois consumidores, A e B, cujos contratos tenham sido negociados para: (i) uma mesma quantidade diária contratual, QDC; (ii) mesmo nível de *take-or-pay*, em percentual sobre a QDC; (iii) mesmo preço unitário no início de um determinado ano; e (iv) revisão contratual sobre as condições de preço ou *take-or-pay* ao final deste ano. Supõe-se também, de forma simplificada, que o *take-or-pay* seja cobrado mensalmente e sem direito a recuperação.

Adicionalmente, supõe-se que o fornecedor revenda toda a capacidade não utilizada por A e B para outro consumidor C, ao mesmo preço, mas com uma multa a favor do consumidor alternativo, caso seja necessário interromper em algum mês devido à demanda dos consumidores principais (um contrato do tipo interruptível, ou seja, sem *take-or-pay*, com preço menor do que o pactuado no contrato garantido com A e B, resultaria no mesmo efeito).

O esquema abaixo exemplifica o perfil de demanda dos consumidores principais ao final deste ano considerando que A possui uma volatilidade da demanda menor do que B:



Do ponto de vista do consumidor, é de se esperar que, ao final de um ano, A deseje reduzir o preço do gás ou o percentual *take-or-pay*, pois ao contrário de B, ele não necessita de flexibilidade para acomodar sua demanda e incorre em um custo adicional correspondente a cerca de 20% da QDC sem necessidade.

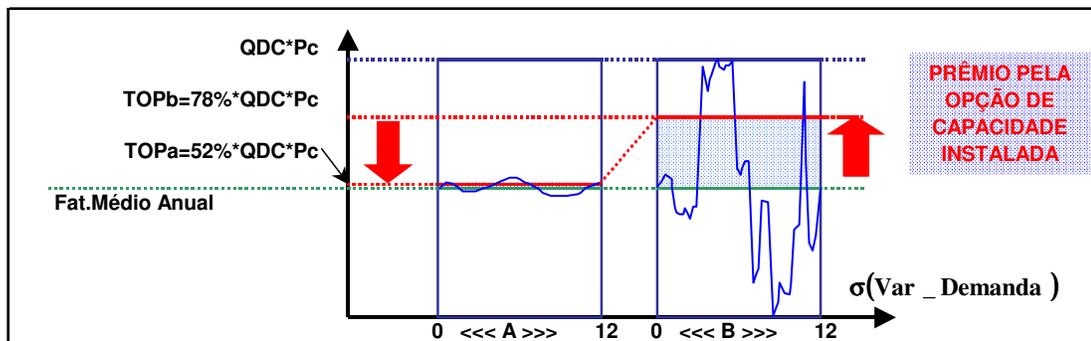
Por outro lado, do ponto de vista do fornecedor, o esquema indica que:

- (i) O faturamento do consumidor A será pouco maior do que o valor de  $70\% * QDC * Pc$ .
- (ii) O faturamento do consumidor B será em torno de  $80\% * QDC * Pc$ , maior em 10% devido ao fato dele ter consumido esporadicamente acima da quantidade mínima referente ao *take-or-pay*.
- (iii) Contudo, como A apresenta pequena volatilidade, até 50% da capacidade do contrato pode ser renegociada com o consumidor alternativo C mediante a penalidade de multa em caso de falha. Isto pode representar uma receita adicional de até  $50\% * QDC * Pc$  menos o valor esperado da multa que seria, neste caso, pequeno.
- (iv) No caso do contrato com B, a receita potencial adicional seria de cerca de  $30\% * QDC * Pc$  menos o valor esperado da multa de cerca de  $20\% * QDC * Pc$  (Preço da Multa) previsto conforme o perfil de consumo esquematizado.

Considerando que a multa seria no mínimo igual ao preço do gás  $P_c$ , o contrato A poderia auferir uma receita potencial maior do que aquela obtida com o contrato B. Portanto, quanto maior a volatilidade da demanda, menor é o valor alternativo do gás natural para o fornecedor.

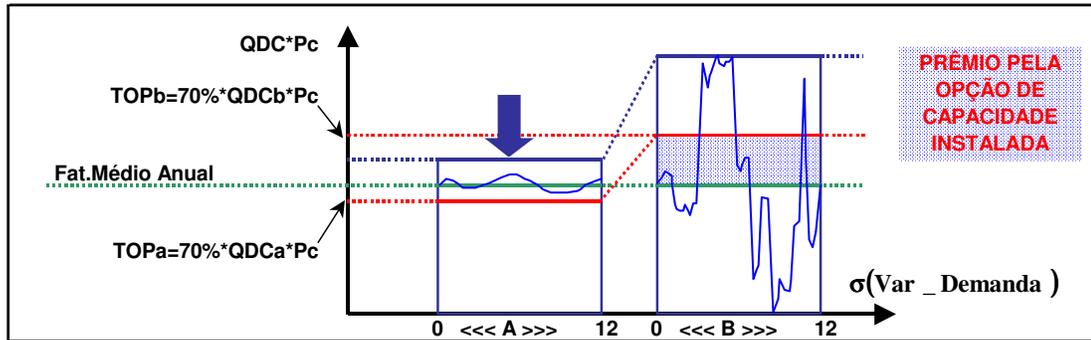
Este exemplo mostra, intuitivamente, que o fornecedor também teria incentivos para reduzir o preço ou o compromisso *take-or-pay* de A em relação a B. Desta forma, com o crescimento da volatilidade da demanda, deve aumentar o valor da flexibilidade contratual, tanto por parte do consumidor como por parte do fornecedor, devido ao valor das aplicações alternativas.

Em média, a força de renegociação tenderia a aumentar o preço do gás ou o percentual de *take-or-pay* para clientes com maior volatilidade, em comparação com clientes de menor volatilidade, ou seja, em geral, a variável *TAKE-OR-PAY PREÇO* deveria estar associada positivamente com a volatilidade da demanda, conforme a Hipótese II desta pesquisa. O esquema abaixo apresenta esta expectativa.



**Anexo E Alternativa de negociação de parâmetros contratuais para adequação do prêmio pela opção sobre as quantidades de gás natural contratadas**

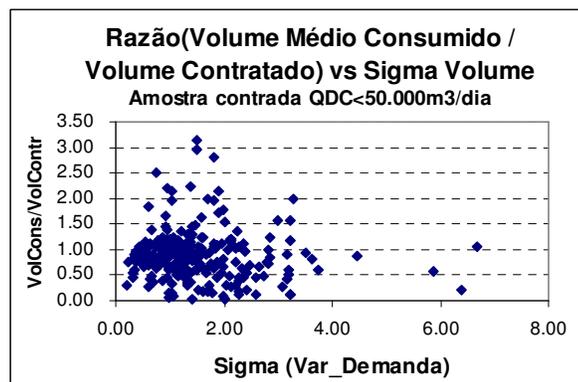
Alternativamente à negociação sobre os parâmetros de preço e *take-or-pay* apresentada no anexo anterior, o consumidor A no esquema abaixo pode pagar um prêmio menor, ou até mesmo nenhum prêmio, pela capacidade instalada, através da renegociação da própria capacidade instalada:



O resultado obtido nesta negociação, em termos de valor da flexibilidade, é idêntico àquele obtido no anexo anterior. Com o aumento da volatilidade, aumenta o valor do consumidor pela instalação de capacidade adicional. Do lado do fornecedor, a capacidade liberada pelo consumidor A poderia ser renegociada com consumidores alternativos em melhores condições do que a capacidade ociosa do consumidor B<sup>64</sup>.

Contudo, neste caso, a variável *TAKE-OR-PAY PREÇO* não seria explicada apenas pela variável referente à volatilidade da demanda, mas também pela razão entre a demanda média esperada do consumidor e a capacidade total contratada por este consumidor, que será chamada de Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado).

De forma a verificar se existe correlação entre estas duas variáveis explicativas para o valor da flexibilidade, o que poderia influenciar a interpretação do modelo de regressão da Eq.6, com uma variável independente, a Figura 41 e a Tabela 30 apresentam os resultados da regressão linear simples entre a variação da Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado) contra a volatilidade da demanda ( $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$ ):



**Figura 41 Diagrama de dispersão entre as variáveis Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado) e  $\text{Sigma}(\text{Var\_Demanda})$  – Amostra controlada para  $QDC < 50.000\text{m}^3/\text{dia}$**

<sup>64</sup> O autor agradece aos colegas Marco Antônio Guimarães Dias e José Luiz Andrade da Silva Júnior, consultores da Petrobras, pela sugestão na elaboração deste exemplo intuitivo.

**Tabela 30 Estatística da Regressão Linear Simples entre as variáveis Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado) e Sigma(Var\_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia**

	<i>Coeficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Estatística Descritiva R Quadrado</i>
Interseção	0.95836	0.05812	16.48956		1.00000	
Sigma(Var_Demanda)	(0.04898)	0.03291	(1.48815)	1.65092	0.93102	0.00871

Como não ocorre uma correlação significativa entre estas duas variáveis explicativas, a omissão da Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado) para a verificação da associação entre a variável dependente *TAKE-OR-PAY PREÇO* (TOP\_Ind\_Pr) e a volatilidade da demanda (Sigma(Var\_Demanda)) não teria influência para a interpretação dos resultados obtidos com o modelo de regressão linear simples, com uma única variável explicativa. Esta conclusão resulta do fato de que, se não existe correlação entre duas variáveis explicativas, os coeficientes da reta ajustada por um modelo de regressão simples, para cada variável explicativa independentemente, seria igual aos coeficientes destas variáveis encontrados através de um modelo de regressão múltiplo<sup>65</sup>.

A título de complementaridade, a Tabela 31 mostra o resultado da regressão linear múltipla entre a variável TOP\_Ind\_Pr e as variáveis explicativas Sigma(Var\_Demanda) e Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado).

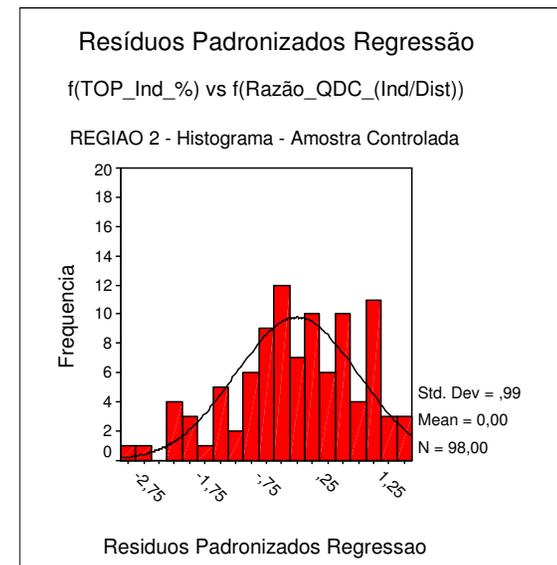
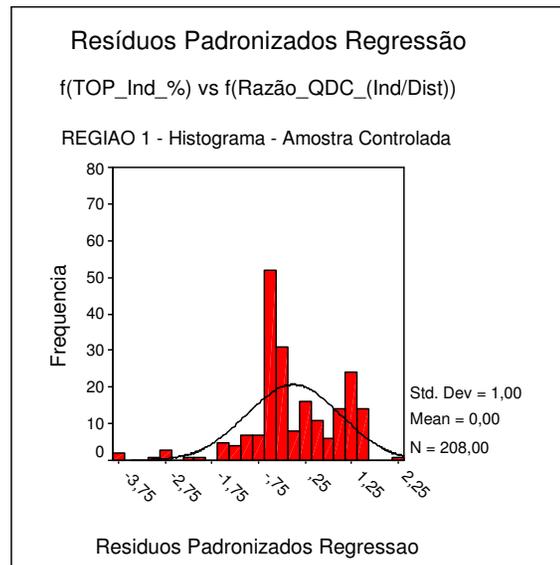
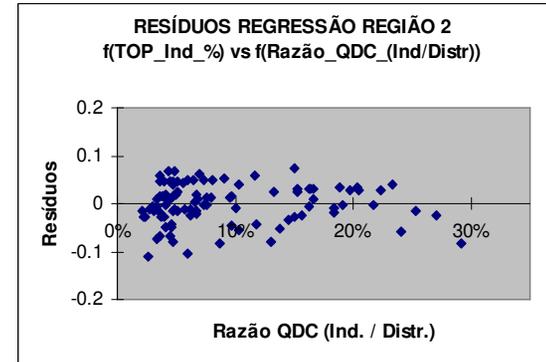
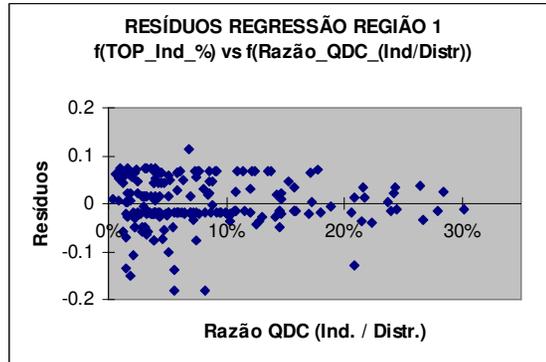
**Tabela 31 Estatísticas da Regressão Linear Múltipla, com duas variáveis explicativas para a variável dependente TOP\_Ind\_Pr: Razão\_Consumo\_Industrial (Esperado/Contratado) e Sigma(Var\_Demanda) – Amostra controlada para QDC<50.000m3/dia**

	<i>Coeficientes do Modelo de Regressão</i>	<i>Erro padrão do Coeficiente</i>	<i>Estatística t Calculada na Amostra</i>	<i>Estatística t para nível de confiança 95% unicaudal</i>	<i>Nível Confiança Calc. (Valor-P unicaudal)</i>	<i>Limite Inferior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>	<i>Limite Superior Intervalo de Confiança - 90% bicaudal</i>
Interseção	0.48727	0.01106	44.06525		1.00000	0.46901	0.51237
Razão(Volume Médio Consumido/Volume Contratado)	0.01887	0.00831	2.26973	1.65092	0.98797	0.00514	0.03259
Sigma(Var_Demanda)	0.01483	0.00436	3.40028	1.65092	0.99961	0.00763	0.02203

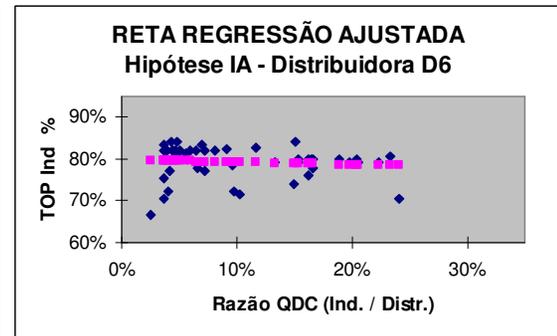
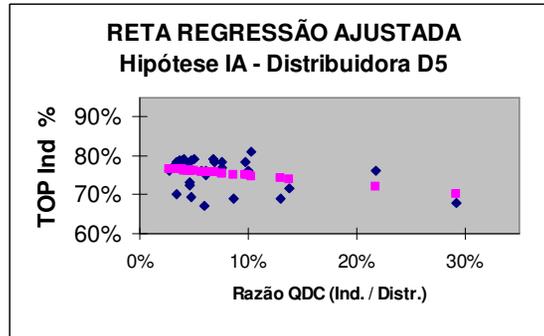
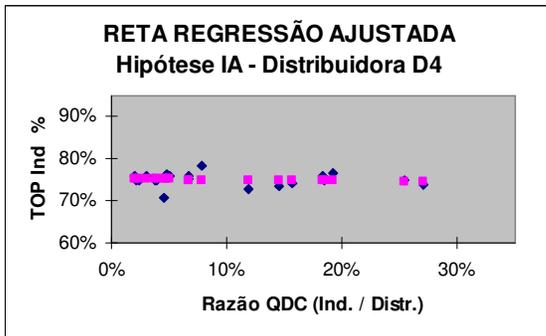
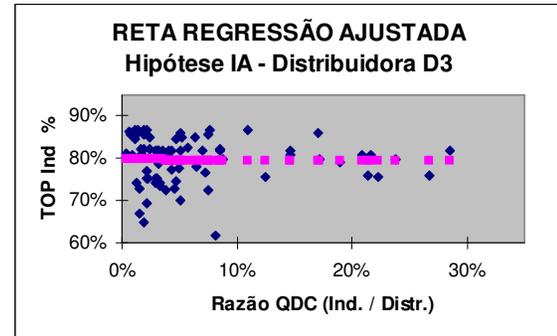
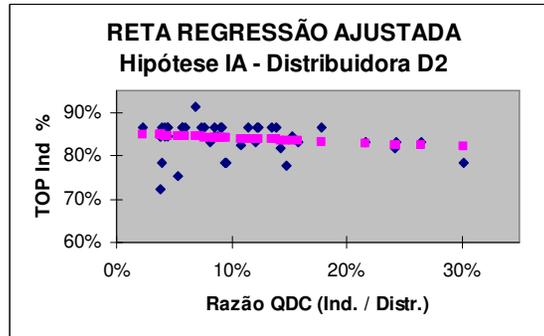
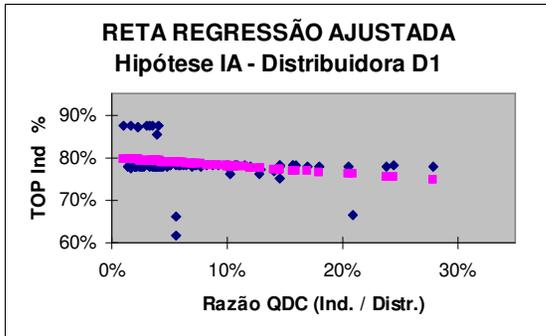
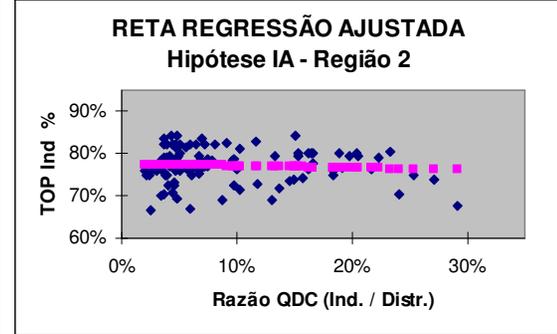
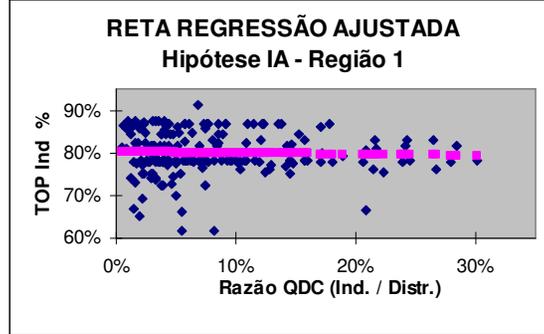
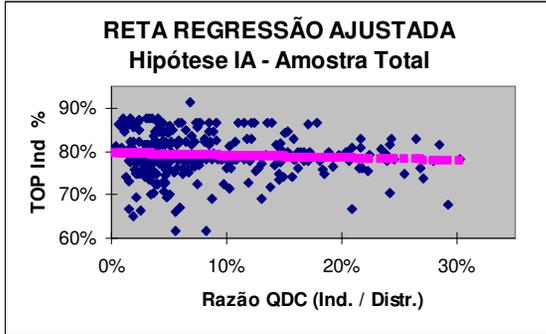
As duas variáveis explicam as variações observadas na variável dependente conforme indicado pela estatística t, acima do mínimo necessário para a rejeição da Hipótese Nula de que o coeficiente de inclinação seria igual a zero. Contudo, o coeficiente de inclinação da variável Sigma(Var\_Demanda), apresenta apenas melhorias marginais com relação ao modelo da Eq.6 testada no Capítulo 4, sendo estas melhorias no sentido de reforçar ainda mais a Hipótese II verificada nesta pesquisa.

<sup>65</sup> CARMO, HERON C. E. –(USP/FEA)/Notas de Aula da Disciplina Métodos Econométricos Básicos (EAE-5923) 2002.

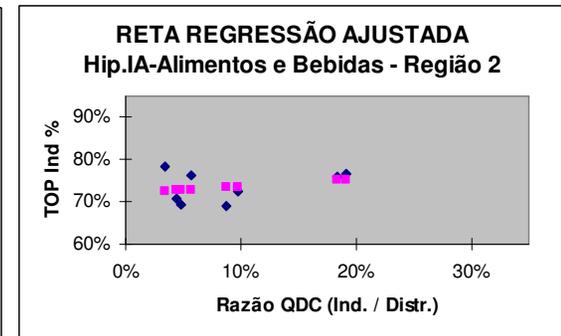
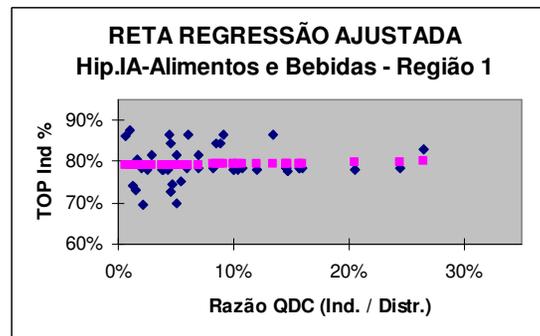
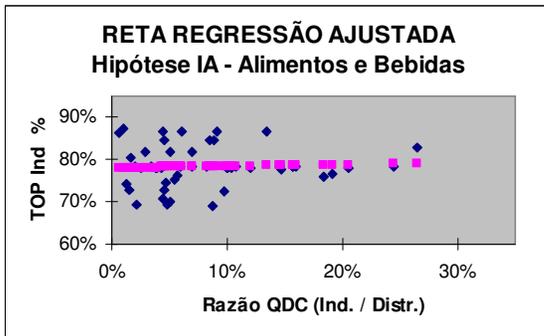
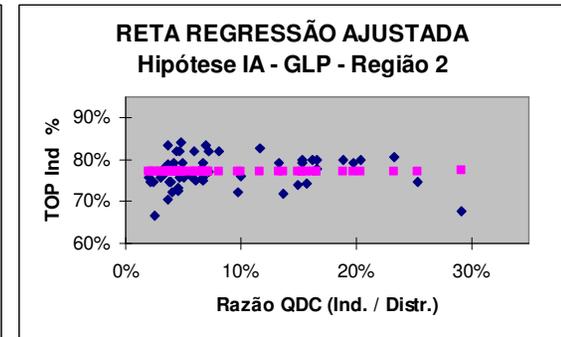
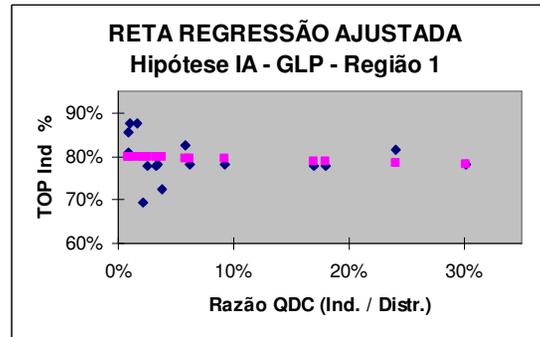
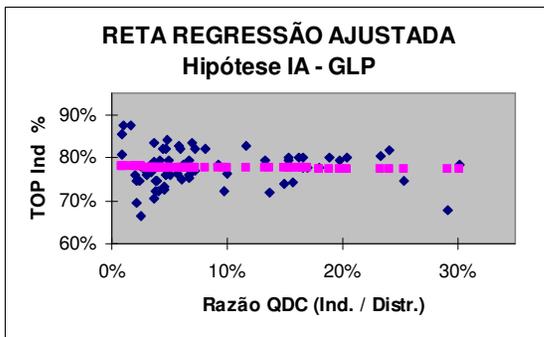
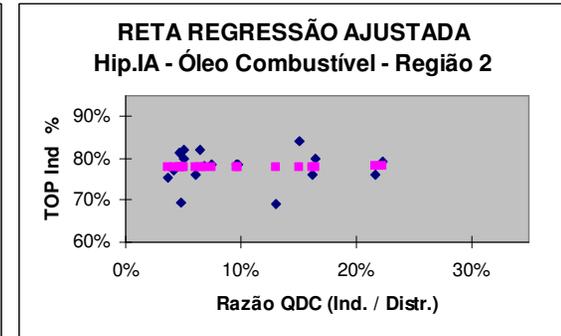
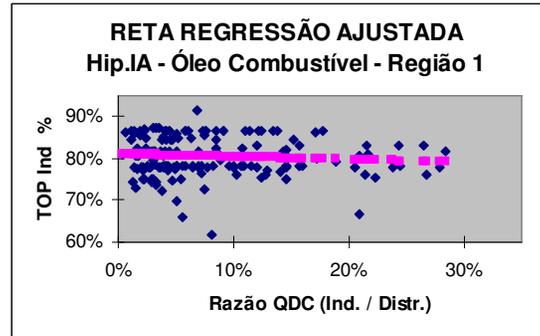
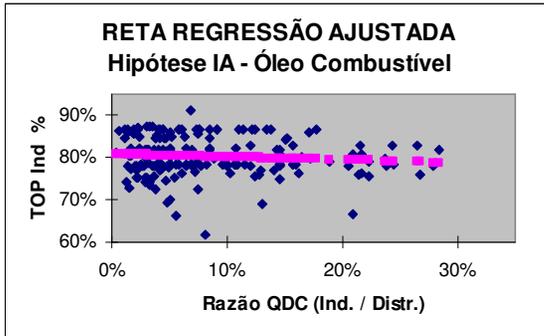
**Anexo F** Diagramas de dispersão e comparação de freqüências de resíduos para as Regressões Lineares Simples entre as variáveis  $f(\text{TOP\_Ind\_}\%)$  e  $f(\text{Razão\_QDC\_}(\text{Ind}/\text{Distr}))$  para a amostra segmentada por região estudada



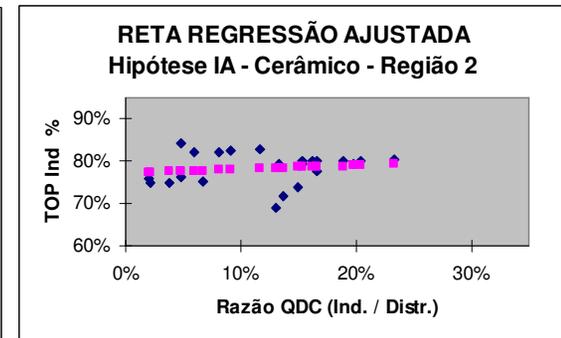
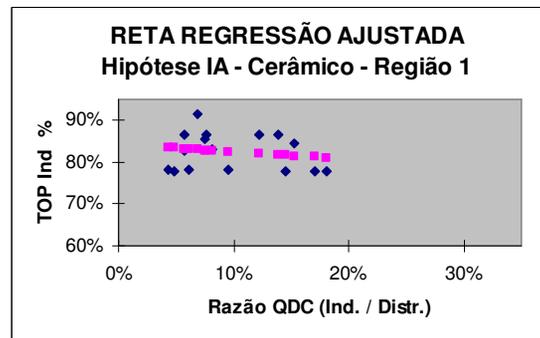
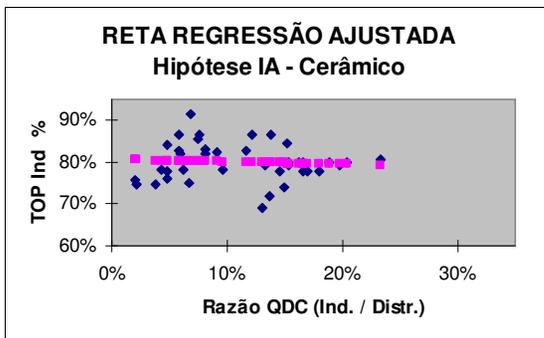
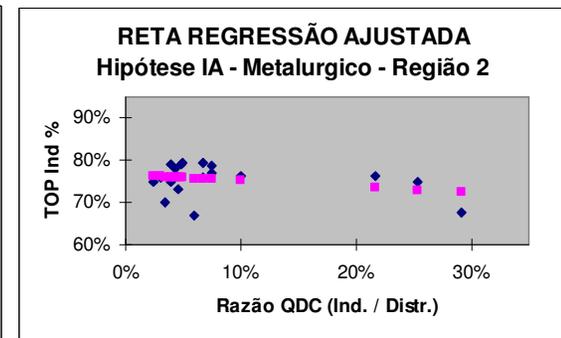
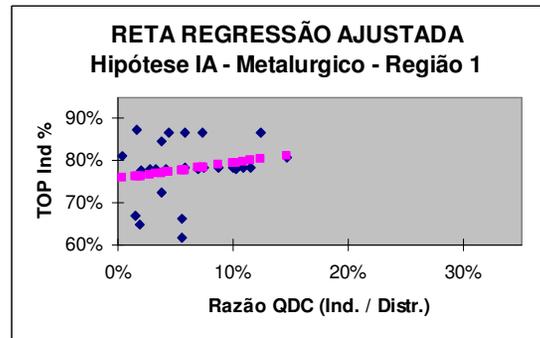
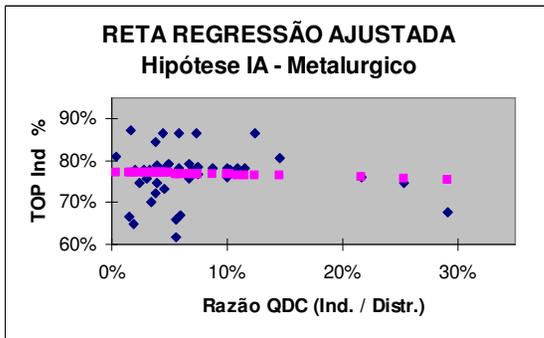
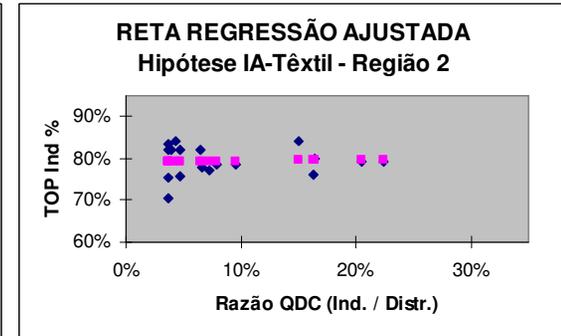
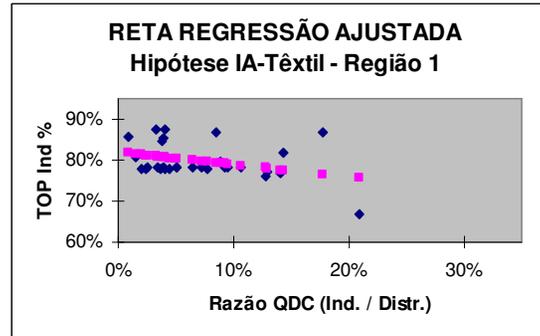
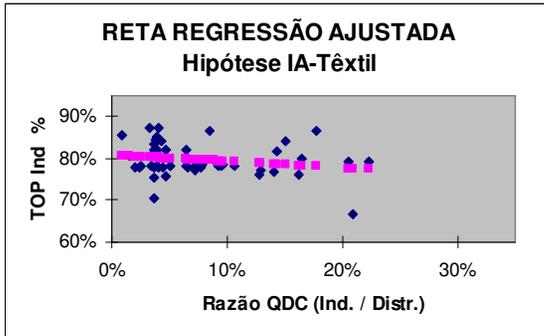
Anexo G Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese IA



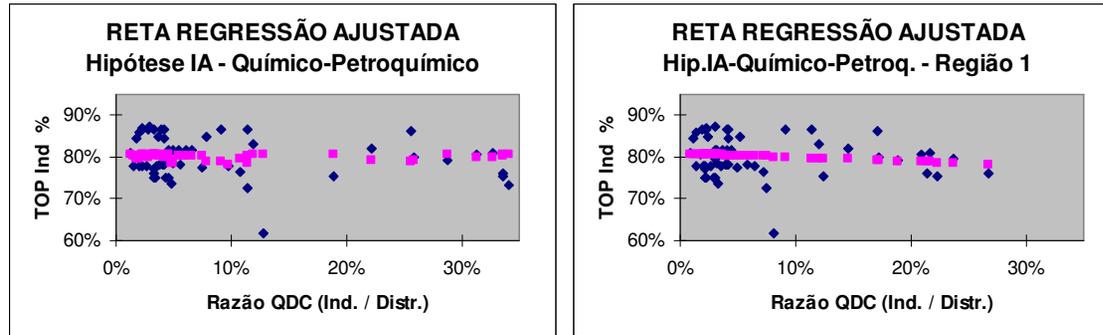
Anexo G Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese IA (Continuação)



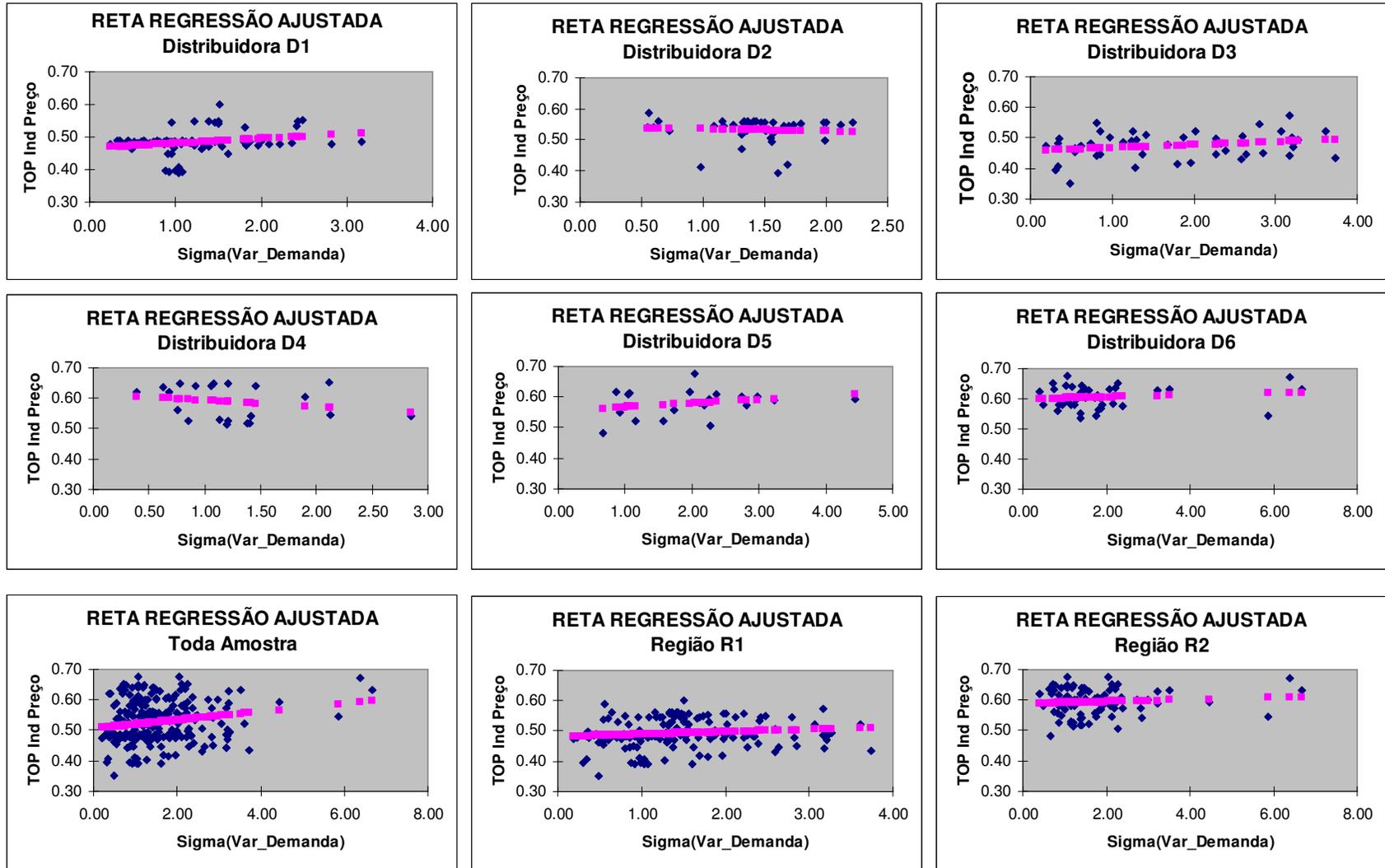
Anexo G Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese IA (Continuação)



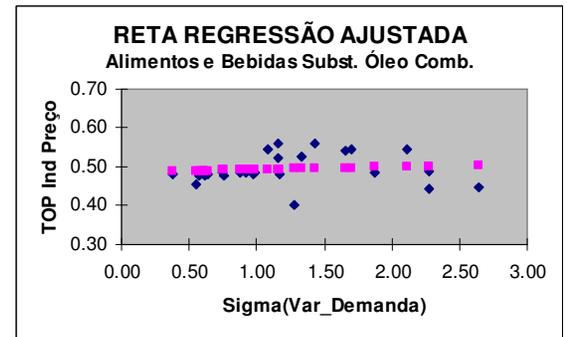
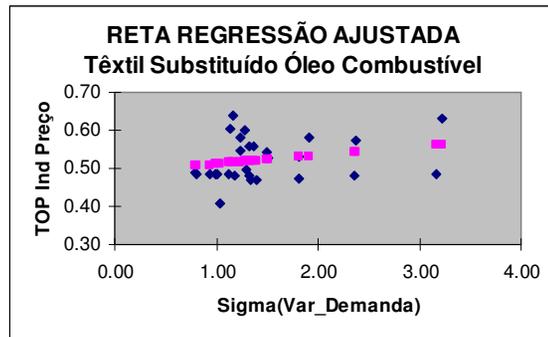
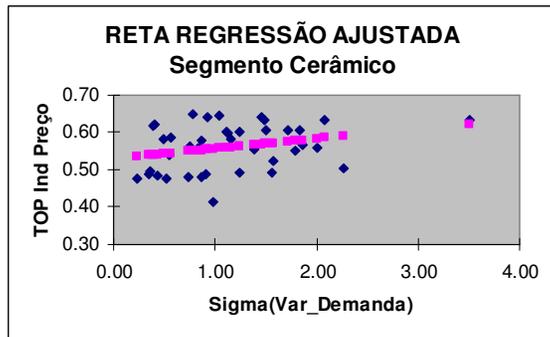
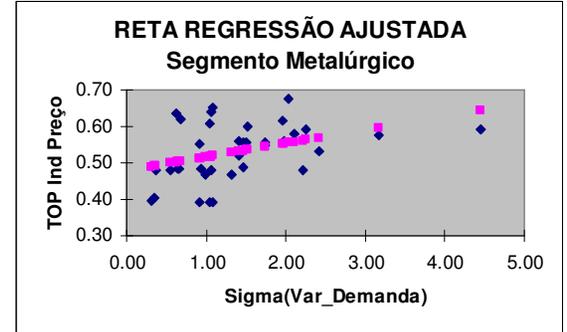
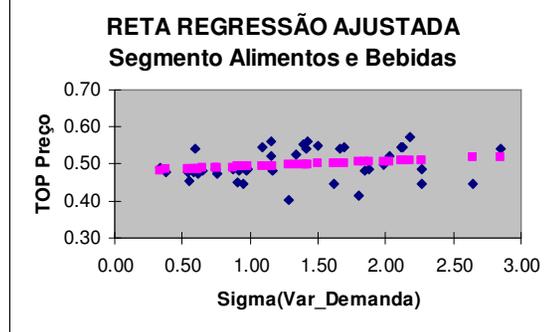
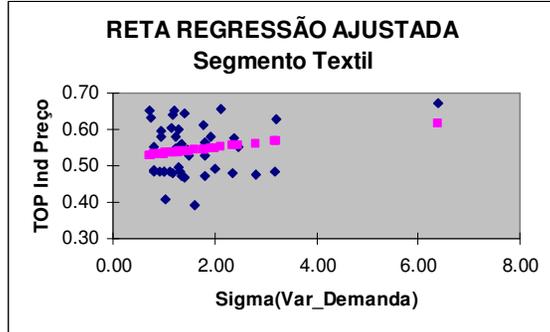
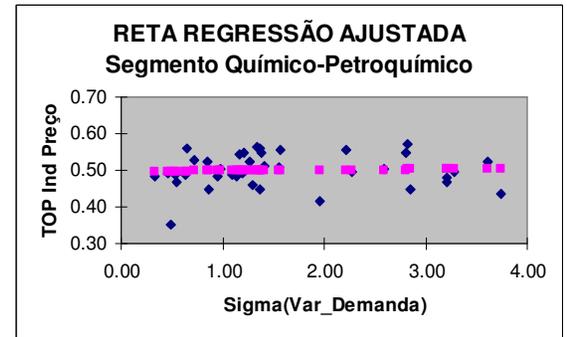
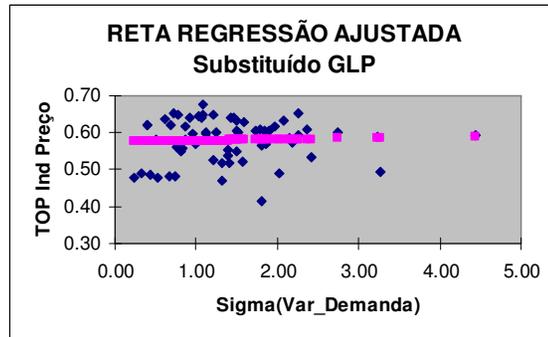
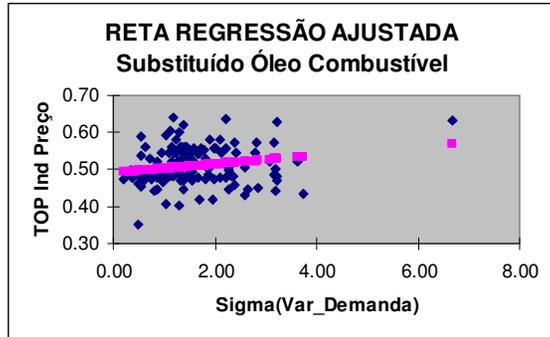
Anexo G Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese IA (Continuação)

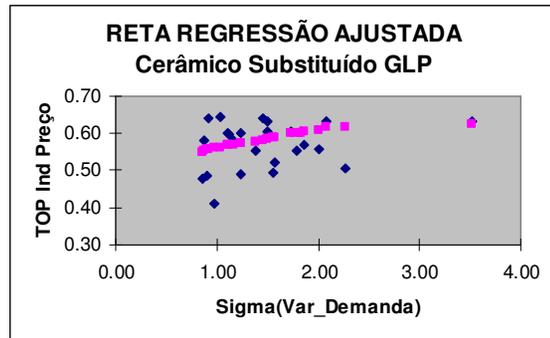
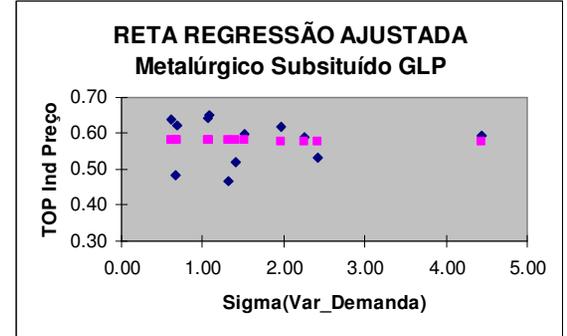
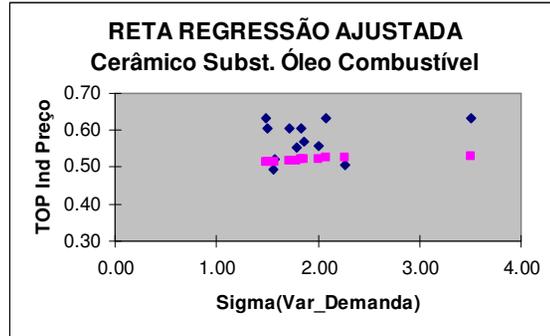
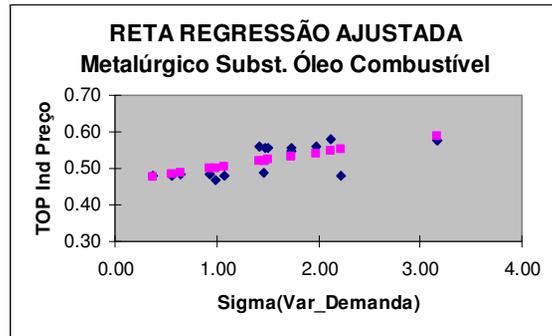


Anexo H Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese II



Anexo H Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese II (Continuação)



**Anexo H Retas de regressão ajustadas para as segmentações da amostra estabelecidas para testar a Hipótese II (Continuação)**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. *Nota técnica da ANP N. 001/01 SCG/PROGE* (26/Jan./2001). Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em fev. 2001.
- ALMEIDA, Edmar L. F. *Competitividade e estratégias de mercado para difusão do gás natural na indústria*. Projeto Rumos e Perspectivas da Indústria de Gás Natural e a Nova Regulação no Brasil - Gaspetro/IE-UFRJ, nov. 2000.
- ALVEAL; Carmen; ALMEIDA, Edmar L. F. *Evolução dos Mercados Internacionais de Óleo e Gás*. Projeto Rumos e Perspectivas da Indústria de Gás Natural e a Nova Regulação no Brasil - Gaspetro/IE-UFRJ, out. 1999.
- \_\_\_\_\_. *Competitividade do gás natural e estratégia de mercado nos segmentos de consumo*. Projeto Rumos e Perspectivas da Indústria de Gás Natural e a Nova Regulação no Brasil - Gaspetro/IE-UFRJ, out. 2000.
- BAKER, Malcolm P.; MAYFIELD, E. Scott; PARSONS, John E. Alternative models of uncertain commodity prices for use with modern asset pricing methods. *The Energy Journal*, v.19, n.1, p.115-148, 1998.
- BLACK, Fischer.; SCHOLLES, Myron. The Pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v.81,n.3, p.637-659, May/June 1973.
- BRASIL, NEWTON P. *Impactos do Setor Elétrico e da Indústria de Gás Natural na Co-geração no Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C. *Principles of corporate finance*. 6. ed. London: Irwin McGraw-Hill, 2000. 1093 p.
- CARVALHINHO FILHO, José Carlos L.; DIAS, Marco Antonio G.; KEECH, Richard W. A. Formação de preços de serviços de transporte de gás natural sem cláusula “ship-or-pay”: uma aplicação da teoria das opções reais. In: Encontro Petrobras de Gás Natural e Energia, 1., 2001, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Petrobras, 2001.
- CLOVER, V.; BALSLEY, H. *Business research methods*. Ohio: Grid, 1974.
- COASE, R. H. The Problem of social cost. *Journal of Law and Economics*. v.3, p.1-44. 1960.
- \_\_\_\_\_. The Nature of the firm. In: *The firm, the market and the law*. Chicago, London: The University of Chicago Press, 1990.
- COPELAND, Thomas E.; ANTIKAROV, Vladimir. *Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos*. Tradução Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- COX, John C.; ROSS Stephen A.; RUBINSTEIN, Mark Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v.7, n.3, p.229-263, Sept. 1979.
- CROCKER, Keith J.; MASTEN, Scott E. Pretia Ex Machina? prices and process in long-term contracts. *Journal of Law and Economics*, v.34, n.1, p.69-99, Apr. 1991.
- \_\_\_\_\_. Mitigating contractual hazards: unilateral options and contract length. *RAND Journal of Economics*, v.19, n.3, p.327-343, Autumn 1988.

- DIAS, Marco Antônio G. *Opções reais e avaliação de projetos de investimento*. Petrobras, Apostila publicada pelo CEN-NOR – Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos Norte-Nordeste. 1998.
- \_\_\_\_\_. A Note on bibliographical evolution of real options. In: TRIGEORGIS, H. P. J. (Ed). *Real options and business strategy – applications to decision making*. London: Risk Publications, 1999. p.357-362.
- DIXIT, P.; PINDYCK, R. S. *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press, 1994. 468 p.
- GOLDBERG, Victor P. Regulation and administered contracts. *Bell Journal of Economics*, v.7, n.2, p.426-448, Autumn 1976.
- GOLDBERG, Victor P.; ERICKSON, John R. Quantity and price adjustment in long-term contracts: a case study of petroleum coke. *Journal of Law and Economics*, v.30, n.2, p.369-398, Oct. 1987.
- HART, Oliver D.; HOLMSTROM, Bengt. The theory of contracts. In: BEWLEY, T. R. (Ed.). *Advances in economic theory*. Fifth World Congress. New York: Cambridge University Press, 1987. p.369-398.
- HULL, John C. *Options, futures & other derivatives*. 4. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 698 p.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy market reform - regulatory reform: european gas*. Paris: OCDE, 2000. 117 p.
- \_\_\_\_\_. *Flexibility in natural gas supply and demand*. Paris: OCDE/IEA, 2002. 273 p.
- \_\_\_\_\_. *Natural gas distribution – focus on Western Europe*. Paris: OCDE, 1998a. 300 p.
- \_\_\_\_\_. *Natural gas pricing in competitive markets*. Paris: OCDE, 1998b. 300 p.
- KAMINSKI, V.; GIBNER, S.; PINNAMANENI, K. Energy exotic options. In: RISK BOOKS, *Managing Energy Price Risk*. 2. ed. London: Risk Publications, 1999. cap.3, p.57-94.
- KERLINGER, Fred N. *Metodologia de pesquisa em Ciências Sociais: um tratamento conceitual*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1980.
- KLEIN, Benjamin; CRAWFORD, Robert G.; ALCHIAN, Armen A. Vertical integration, appropriable rents, and the competitive contracting process. *Journal of Law and Economics*, v.21, n.2, p.297-326, Oct.1978.
- KULATILAKA, Nalin; MARKS, Stephen G. The strategic value of flexibility: reducing the ability to compromise. *American Economic Review*. v.78, n.3, p.574-580, June 1988.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 1989.
- LEE, Woonghee. *A theory of alliance governance: a strategic option alternative to transaction cost theory*. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Graduate School, Ohio State University, 1998.
- LUEHRMAN, T. A. Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers. *Harvard Business Review*, v.76, n.4, p.51-67, Jul./Aug. 1998.
- McARTHUR, J. B. Anti-Trust in the New [De]Regulated Natural Gas Industry. *Energy Law Journal*, vol. 18, n.1 p. 1-111, 1997.

- MARTINS, GILBERTO de A. *Estatística Geral e Aplicada*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.
- MASTEN, Scott E. Contractual choice. In: BOUKAERT B.; De GEEST, D. (Ed). *Encyclopedia of Law & Economics*. [S.l.]: Edward Elgar, University of Ghent, 1998
- \_\_\_\_\_. Minimum bill contracts: theory and policy. *The Journal of Industrial Economics*. v.37, n.1, p.85-97, Sept. 1988.
- MASTEN, Scott E.; CROCKER, K. J. Efficient adaptation in long-term contracts: take-or-pay provisions for natural gas. *American Economic Review*, v.75, n.5, p.1083-1093, Dec. 1985.
- MERTON, R. C. The Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics*, v.4, p.141-183, 1973.
- MILGROM, P.; ROBERTS, J. Ownership and property rights. In: *Economics, Organization and Management*. [S.l.: s.n.], 1992. cap.9, 621 p.
- MULHERIN, J.H. Complexity in long-term contracts: an analysis of natural gas contractual provisions. *Journal of Law, Economics, and Organization*, v.2, n.1, p.105-117, 1986.
- MYERS, S. C. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5, p.147-175, 1977.
- NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. *Applied linear regression models*. 3.ed. [S.l.]: Irwin, 1996.
- PARSONS, J. E. Estimating the strategic value of long-term forward purchase contracts using auction models. *The Journal of Finance*, v.44, n.4, p.981-1010, Sept. 1989.
- PERRY, MARTIN K. Vertical integration: determinants and effects. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R., *Handbook of industrial organization*. Netherlands: Elsevier, 1989. v.1, cap.4, p.183-255.
- PINDYCK, R. S. Irreversible investment, capacity choice, and the value of the firm. *The American Economic Review*. v.78, n.5, p.969-985, Dec. 1988.
- SANTOS, Edmilson Moutinho dos. Gás natural: novas estratégias para uma energia civilizada. *Boletim Petróleo & Gás Brasil*, v.3, n.4, abr. 2002.
- \_\_\_\_\_. *Gás natural & o novo contexto global da energia: relatório do programa de energia da Universidade de São Paulo*. São Paulo: USP, 1999.
- SANTOS, Edmilson Moutinho dos; ZAMALLOA, G. C.; VILLANUEVA, L. D.; FAGÁ, M. T. W. *Gás natural: estratégias para uma energia nova no Brasil*. São Paulo: Petrobras, 2002.
- SBRAGIA, R. *Uma Análise das características da estrutura matricial em instituições de pesquisa e desenvolvimento industrial*. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração, e Contabilidade - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.
- SHARP, David J. Uncovering the hidden value in high-risk investment. *Sloan Management Review*, v.32, n.4, p.69-74, Summer 1991.
- SECURATO, José R., CARVALHINHO FILHO, José C. L.; ZYLBERSZTAJN, Décio. Avaliação de contratos incompletos de longo prazo de ativos específicos – caso: indústria de gás natural brasileira. In: CLADEA, 37., 2002, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: EA/UFRGS, 2002.

- SPIEGEL, Murray R. *Schaum's outline of: theory and problems of statistics*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1961. 395 p. (Schaum's outline series).
- SELLTIZ, Claire; JAHODA, M. *Métodos de pesquisa das relações sociais*. Tradução Dante Moreira Leite. São Paulo: Herder, 1965. 715 p.
- THOMPSON, Andrew C. Valuation of path-dependent contingent claims with multiple exercise decisions over time: the case of take-or-pay. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.30, n.2, p.271-293, June 1995.
- TORRES DOS SANTOS, R. *Coordenação de Investimentos e Políticas de Introdução da Concorrência na Indústria de Gás Natural: Elementos para Análise de Casos no Brasil..* Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.
- TURDERA, Mirko V. *A Evolução do mercado de gás natural – parte XV: projeções da demanda de gás natural*. Disponível em <<http://www.gasbrasil.com.br>>. Acesso em: jun. 2002.
- TRIGEORGIS, Lenos. *Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge: MIT Press, 1996.
- TRIGEORGIS, Lenos (Ed.). *Real options and business strategy: applications to decision making*. London: Risk Books, 1999. 372 p.
- WILLIAMSON, Oliver E. Credible commitments: using hostages to support exchange. *American Economic Review*, v.83, p.518-540, 1983.
- \_\_\_\_\_. *The Economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting*. New York: Free Press, 1985.
- \_\_\_\_\_. *Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications*. New York: Free Press, 1975
- \_\_\_\_\_. *The Mechanisms of governance*. New York: Oxford University Press, 1996.
- \_\_\_\_\_. Transaction-cost economics: the governance of contractual relations. *Journal of Law and Economics*, 22, p.233-262, 1979.
- \_\_\_\_\_. Transaction cost economics. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R., *Handbook of industrial organization*. Netherlands: Elsevier, 1989. v.1, cap.3, p.137-182.
- \_\_\_\_\_. *Why Law, economics, and organization?* [S.l.]: UC Berkeley School of Law Public Law and Legal Theory, Dec. 2000. (Working Paper, n.37).
- ZYLBERSZTAJN, D. Estabilidade e Difusão de Arranjos Verticais de Produção: uma contribuição teórica. *Anais do II Seminário Brasileiro da Nova Economia Institucional*. – Campinas, março de 2001.

## APÊNDICES

**Apêndice 1 Planejamento da Coleta de Dados – Hipóteses IA e IB**

Nome da Variável	Hipótese	Dependente ou Independente	Escala Mensuração Variável	Elementos para Construção	Escala Mensuração Elemento	Fonte de Dados	Método de Coleta
<b>TOP_Ind_%</b>	IA & IB	Dependente	Razão (%)	% TOP na Transação	Razão (%)	Contratos Fornecimento / Banco Dados	Observação/ Levantamento
				Excesso de demanda permitido pelo fornecedor (SWING)	Razão (MILm3/dia)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Período de Testes	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Prazo Contratual	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Dias de manutenção	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
<b>Razão QDC (Ind/Distr)</b>	IA & IB	Independente	Razão (%)	Quantidade Diária Contratada pelo consumidor	Razão (m3/dia)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Quantidade Diária Contratada pela distribuidora com todos os clientes industriais	Razão (m3/dia)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
<b>Segmentação: Tipo de Combustível Substituído</b>	IA & IB	Independente	Qualitativa			Entrevista com Gerentes Comerciais	Levantamento
<b>Segmentação: Tipo de Indústria</b>	IA & IB	Independente	Qualitativa			Entrevista com Gerentes Comerciais	Levantamento

**Apêndice 2 Planejamento da Coleta de Dados – Hipótese II**

<b>Nome da Variável</b>	<b>Hipótese</b>	<b>Dependente ou Independente</b>	<b>Escala Mensuração Variável</b>	<b>Elementos para Construção</b>	<b>Escala Mensuração Elemento</b>	<b>Fonte de Dados</b>	<b>Método de Coleta</b>
<b>TOP_Ind_Pr</b>	II	Dependente	Razão (Reais/m3)	% TOP na Transação	Razão (%)	Contratos Fornecimento / Banco Dados	Observação/ Levantamento
				Excesso de demanda permitido pelo fornecedor (SWING)	Razão (MILm3/dia)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Período de Testes	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Prazo Contratual	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Dias de manutenção	Razão (Dias)	Contratos Fornecimento	Observação/ Levantamento
				Faturamento mensal do Gás Natural	Razão (Reais)	Contabilidade Distribuidora	Observação/ Levantamento
				Volume mensal consumido de Gás Natural	Razão (m3)	Contabilidade Distribuidora	Observação/ Levantamento
<b>Sigma(Var_Demanda)</b>	II	Independente	Razão (%)	Série mensal de consumo de gás natural	Razão (m3)	Banco Dados Comercial das Distribuidoras	Observação/ Levantamento
<b>Segmentação: Tipo de combustível Substituído</b>	II	Independente	Qualitativa			Entrevista com Gerentes Comerciais	Levantamento
<b>Segmentação: Tipo de Indústria</b>	II	Independente	Qualitativa			Entrevista com Gerentes Comerciais	Levantamento

**Apêndice 3 Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 1**

Código Região	Código Distri b.	Código Empresa	Segmento Mercado	Combustível Deslocado	Quantidade Contratada (m3/dia)	Percentual Take-or-Pay	Paralisações Consumidor (dias/ano)	Período Testes (dias/Início Contrato)
R1	D1	E1	Metalúrgico	GLP	500.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E2	Metalúrgico	GLP	120.00	100.00	30.00	0.00
R1	D1	E3	Metalúrgico	GLP	80.00	30.00	30.00	0.00
R1	D1	E4	Alimentos e Bebidas	0	700.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E5	Cerâmico	GLP	1,875.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E6	Têxtil	Óleo Combustível 1A	580.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E7	Plástico	Óleo Diesel	500.00	30.00	30.00	0.00
R1	D1	E8	Plástico	Óleo Diesel	200.00	30.00	30.00	0.00
R1	D1	E9	Outros	Lenha Mista	570.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E10	Cerâmico	Óleo Combustível 1A	1,100.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E11	Cerâmico	Óleo Combustível 1A	VAR	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E12	Metalúrgico	Óleo Combustível 1A	360.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E13	Metalúrgico	Óleo Combustível 1A	200.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E14	Químico e Petroquímico	Óleo Combustível 1A	450.00	100.00	30.00	0.00
R1	D1	E15	Cerâmico	Óleo Combustível 1A	10,000.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E16	Cerâmico	GLP	VAR	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E17	Cerâmico	GLP	VAR	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E18	Alimentos e Bebidas	Óleo Combustível 1A	6,800.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E19	Alimentos e Bebidas	Óleo Combustível 1A	12,000.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E20	Alimentos e Bebidas	Óleo Combustível 1A	10,000.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E21	Alimentos e Bebidas	Óleo Combustível 1A	10,000.00	80.00	30.00	0.00
R1	D1	E22	Metalúrgico	Óleo Combustível 1A	830.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E23	Vidro	Óleo Combustível 1A	VAR	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E24	Alumínio	Óleo Combustível 1A	130.00	80.00	30.00	15.00
R1	D1	E25	Papel e Celulose	Óleo Combustível 1A	10,000.00	80.00	30.00	90.00
R1	D1	E26	Metalúrgico	Óleo Combustível 1A	1,450.00	80.00	30.00	730.00
R1	D1	E27	Metalúrgico	ND	1,450.00	80.00	30.00	1,095.00
R1	D1	E28	Têxtil	Lenha Mista	VAR?	100.00	30.00	0.00
R1	D1	E29	Têxtil	Óleo Combustível 1A	VAR	80.00	30.00	120.00
R1	D1	E30	Químico e Petroquímico	Lenha Mista	VAR	80.00	30.00	0.00

**Apêndice 4 Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 2**

Código Região	Código Distri b.	Código Empresa	Assinatura Contrato	Início Consumo	Duração Contrato (anos)	Cálculo Take-or-Pay (meses)	Recuperação TOP (meses após crédito)	Vazão Máxima (m3/hora)	Permissão Acima Volume Contratado	Preço Acima Volume Contratado
R1	D1	E1	01-Dec-94	01-Feb-96	5.00	6.00	60.00	50.00	20%	NE
R1	D1	E2	26-Feb-97	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	50.00	20%	NE
R1	D1	E3	10-Oct-01	00-Jan-00	5.00	NA	NA	50.00	20%	NE
R1	D1	E4	01-Nov-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E5	15-Feb-99	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	200.00	20%	NE
R1	D1	E6	10-Sep-99	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	200.00	20%	NE
R1	D1	E7	19-Dec-00	00-Jan-00	5.00	NA	NA	100.00	20%	NE
R1	D1	E8	08-Aug-01	00-Jan-00	5.00	NA	NA	100.00	20%	NE
R1	D1	E9	02-Aug-96	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E10	13-Jun-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E11	17-Feb-97	00-Jan-00	2.00	6.00	24.00	NE	20%	NE
R1	D1	E12	22-Aug-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E13	01-Aug-96	00-Jan-00	3.00	6.00	36.00	NE	20%	NE
R1	D1	E14	30-Jul-98	00-Jan-00	5.00	0.14	0.00	200.00	20%	NE
R1	D1	E15	01-Aug-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E16	16-Dec-96	00-Jan-00	3.00	6.00	36.00	NE	20%	NE
R1	D1	E17	14-Nov-97	00-Jan-00	3.00	6.00	36.00	NE	20%	NE
R1	D1	E18	01-Aug-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E19	26-Jun-96	00-Jan-00	3.00	6.00	36.00	NE	20%	NE
R1	D1	E20	24-Apr-97	00-Jan-00	2.00	6.00	24.00	NE	20%	NE
R1	D1	E21	29-Jun-98	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E22	01-Sep-94	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	NE	20%	NE
R1	D1	E23	20-Mar-98	00-Jan-00	5.00	6.00	60.00	750.00	20%	NE
R1	D1	E24	01-Jul-94	00-Jan-00	2.00	6.00	24.00	NE	20%	NE
R1	D1	E25	03-Mar-98	00-Jan-00	3.00	6.00	36.00	100.00	20%	NE
R1	D1	E26	01-Apr-99	00-Jan-00	7.00	6.00	84.00	250.00	20%	NE
R1	D1	E27	01-Apr-99	00-Jan-00	8.00	6.00	96.00	250.00	20%	NE
R1	D1	E28	23-Dec-99	00-Jan-00	5.00	0.14	0.00	200.00	20%	NE
R1	D1	E29	26-Jul-00	00-Jan-00	6.00	6.00	72.00	1,000.00	20%	NE
R1	D1	E30	27-Aug-96	00-Jan-00	6.00	6.00	72.00	NE	20%	NE

**Apêndice 5 Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 3**

Código Região	Código Distri b.	Código Empresa	Penalidade Quebra Contratual	Penalidade Falha Entrega	Bi- Combustível (S/N)	Invest. Rede (\$)	Tipo de Emprego GN no Processo	Observações
R1	D1	E1	30* * QDC *	de 80% * PG	0	0	DE PINTURA)	EM CRÉDITO ACUMULADO ATÉ
R1	D1	E2	30* * QDC *	de 80% * PG	0	+ 10000 parte cliente /	DE PINTURA)	EM CRÉDITO ACUMULADO ATÉ
R1	D1	E3	investimentos =	ISENTA DE	0	CUSTO DE LOCAÇÃO	DE PINTURA)	DO TOP CLASSICO)
R1	D1	E4	30* * QDC *	de 80% * PG	0	ND	DE PINTURA)	DISTRATADO EM 05/SET/00
R1	D1	E5	investimentos =	ISENTA DE	0	PARTE parte cliente /	SANITÁRIA	EM CRÉDITO ACUMULADO ATÉ
R1	D1	E6	INVESTIMEN	ISENTA DE	S	// GASODUTO: 35000	CALDEIRA (VAPOR)	EM CRÉDITO ACUMULADO ATÉ
R1	D1	E7	investimentos =	ISENTA DE	S	CLIENTE CEDIDO POR	QUEIMA DIRETA	AUTOMATICA
R1	D1	E8	investimentos =	ISENTA DE	S	CLIENTE CEDIDO POR	QUEIMA DIRETA	AUTOMATICA
R1	D1	E9	investimentos =	ISENTA DE	S	dist1	CALDEIRA (VAPOR)	ADITIVO EM MARCO /02
R1	D1	E10	atraso =	de 80% * PG	N	CLIENTE / GASODUTO:	ISOLADORES ELÉTRICOS	TOP CLÁSSICO.
R1	D1	E11	atraso =	de 80% * PG	0	CLIENTE / GASODUTO:	ISOLADORES ELÉTRICOS	DISTRATADO EM 23/ABRIL/02
R1	D1	E12	NE	de 80% * PG	0	ND	DE PINTURA)	ADITIVO EM MARCO /02
R1	D1	E13	NE	de 80% * PG	0	ND	DE PINTURA)	ADITIVO EM MARCO /02
R1	D1	E14	NE	ISENTA DE	S	REPASSE EM COMODATO	beneficiamento cera carnauba	REALIZOU INVESTIMENTOS E
R1	D1	E15	atraso =	de 80% * PG	S	ND	FORNOS	0
R1	D1	E16	atraso =	de 80% * PG	S	ND	FORNOS	0
R1	D1	E17	atraso =	de 80% * PG	S	ND	FORNOS	0
R1	D1	E18	atraso =	de 80% * PG	0	GASODUTO: 35000 R\$	CALDEIRA (VAPOR)	aditivos
R1	D1	E19	atraso =	de 80% * PG	0	R\$	CALDEIRA (VAPOR)	aditivos
R1	D1	E20	atraso =	de 80% * PG	0	R\$	CALDEIRA (VAPOR)	aditivos
R1	D1	E21	atraso =	de 80% * PG	0	R\$	CALDEIRA (VAPOR)	ADITIVO NUMERO 5 PRÓXIMO
R1	D1	E22	atraso =	de 80% * PG	0	35000 R\$	FORNO DE COCÇÃO MINERAL	25/AGO/00 POR MUDANÇA
R1	D1	E23	investimentos =	ISENTA DE	S	Cliente / GASODUTO: 35000	VIDROS	TOP CLÁSSICO.
R1	D1	E24	atraso =	de 80% * PG	S	35000 R\$	FORNOS FUNDIÇÃO	AUTOMATICA E TEVE UM
R1	D1	E25	investimentos =	ISENTA DE	S	R\$19500-PARTE CLIENTE/	CALDEIRA (VAPOR)	ADITIVO EM 01/OUT/01
R1	D1	E26	comodato	ISENTA DE	S	23000	CALDERIA / ESTUFAS	QDC CONFORME CONSUMIDO -
R1	D1	E27	comodato	ISENTA DE	S	23000	CALDERIA / ESTUFAS	QDC CONFORME CONSUMIDO -
R1	D1	E28	NE	ISENTA DE	S	/ GASODUTO: 35000 R\$	CALDEIRA (VAPOR)	FINANCIU dist1 EM 20.000
R1	D1	E29	investimentos =	ISENTA DE	0	/ GASODUTO: 35000	CALDEIRA (VAPOR)	QDC
R1	D1	E30	investimentos =	ISENTA DE	S oc1A	/ GASODUTO: 35000	CERA CARNAÚBA	0

**Apêndice 6 Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 4**

***Faturamento NF (Inclui ICMS e encargos)***

Código Região	Código Distribuidora	Código Empresa	Jan/1996	Feb/1996	Mar/1996	Apr/1996	May/2002	Jun/2002	Jul/2002	Aug/2002	Sep/2002
R1	D1	E1	-	99.18	1,213.23	1,295.49	2,679.62	2,630.50	3,063.65	2,885.90	2,451.95
R1	D1	E2	-	-	-	-	2,679.62	2,630.50	3,063.65	2,885.90	2,451.95
R1	D1	E3	-	-	-	-	2,679.62	2,630.50	3,063.65	2,885.90	2,451.95
R1	D1	E4	5,958.85	4,831.07	3,324.30	2,836.33	-	-	-	-	-
R1	D1	E5	-	-	-	-	23,730.28	22,211.90	24,866.76	22,373.52	21,800.53
R1	D1	E6	-	-	-	-	10,657.88	12,163.02	15,208.83	16,563.91	17,436.65
R1	D1	E7	-	-	-	-	4,331.09	4,188.87	4,076.72	3,663.32	4,658.57
R1	D1	E8	-	-	-	-	4,331.09	4,188.87	4,076.72	3,663.32	4,658.57
R1	D1	E9	-	-	-	-	15,036.90	15,517.39	17,555.30	16,911.73	19,210.66
R1	D1	E10	4,079.60	4,051.68	2,616.97	3,065.48	5,535.05	4,737.68	4,804.39	5,859.05	5,897.72
R1	D1	E11	-	-	-	-	5,535.05	4,737.68	4,804.39	5,859.05	5,897.72
R1	D1	E12	836.00	727.23	629.96	1,014.00	4,360.85	4,682.79	6,648.53	5,179.35	5,091.32
R1	D1	E13	-	-	-	-	4,360.85	4,682.79	6,648.53	5,179.35	5,091.32
R1	D1	E14	-	-	-	-	3,789.15	3,447.68	3,918.05	4,473.75	2,591.97
R1	D1	E15	53,217.56	50,365.15	52,471.59	50,926.22	127,987.50	127,120.70	130,079.05	126,224.46	124,041.22
R1	D1	E16	-	-	-	-	127,987.50	127,120.70	130,079.05	126,224.46	124,041.22
R1	D1	E17	-	-	-	-	127,987.50	127,120.70	130,079.05	126,224.46	124,041.22
R1	D1	E18	67,121.76	62,922.95	44,177.28	25,025.84	-	-	-	-	-
R1	D1	E19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E22	4,365.26	4,209.62	3,613.91	4,052.03	-	-	-	-	-
R1	D1	E23	-	-	-	-	201,100.88	197,696.67	230,747.56	229,687.07	234,306.06
R1	D1	E24	722.96	709.84	546.00	551.03	1,238.55	1,077.00	1,356.54	1,297.56	1,238.58
R1	D1	E25	-	-	-	-	49,796.73	78,475.27	93,077.76	74,527.33	71,588.07
R1	D1	E26	-	-	-	-	94.56	423.17	557.90	463.86	487.28
R1	D1	E27	-	-	-	-	94.56	423.17	557.90	463.86	487.28
R1	D1	E28	-	-	-	-	8,332.99	7,245.72	9,125.94	8,729.16	8,332.38
R1	D1	E29	-	-	-	-	38,441.77	32,216.96	39,773.99	34,827.00	39,847.10
R1	D1	E30	-	-	-	-	11,519.20	9,778.34	8,832.06	10,532.12	12,741.46

**Apêndice 7 Exemplo do instrumento de Coleta de Dados – PARTE 5**

***Volume Faturado (m3)***

Código Região	Código Distribuidora	Código Empresa	Jan/1996	Feb/1996	Mar/1996	Apr/1996	May/2002	Jun/2002	Jul/2002	Aug/2002
R1	D1	E1	-	600.00	3,820.00	4,079.00	6,239.00	6,132.00	6,521.00	6,117.00
R1	D1	E2	-	-	-	-	6,239.00	6,132.00	6,521.00	6,117.00
R1	D1	E3	-	-	-	-	6,239.00	6,132.00	6,521.00	6,117.00
R1	D1	E4	36,341.00	29,351.00	20,134.00	17,159.00	-	-	-	-
R1	D1	E5	-	-	-	-	67,859.00	63,487.00	64,895.00	58,289.00
R1	D1	E6	-	-	-	-	30,108.00	34,502.00	39,444.00	43,064.00
R1	D1	E7	-	-	-	-	12,138.00	11,741.00	10,413.00	9,350.00
R1	D1	E8	-	-	-	-	12,138.00	11,741.00	10,413.00	9,350.00
R1	D1	E9	-	-	-	-	42,772.00	44,071.00	45,539.00	44,016.00
R1	D1	E10	24,725.00	24,567.00	15,803.00	18,548.00	15,500.00	13,249.00	12,253.00	14,975.00
R1	D1	E11	-	-	-	-	15,500.00	13,249.00	12,253.00	14,975.00
R1	D1	E12	4,978.00	4,332.00	3,751.00	6,051.00	12,202.00	13,118.00	17,035.00	13,241.00
R1	D1	E13	-	-	-	-	12,202.00	13,118.00	17,035.00	13,241.00
R1	D1	E14	-	-	-	-	1,369.68	322.30	3,561.87	11,093.23
R1	D1	E15	-	-	-	-	47,931.74	12,305.30	122,133.35	322,989.68
R1	D1	E16	-	-	-	-	47,931.74	12,305.30	122,133.35	322,989.68
R1	D1	E17	-	-	-	-	47,931.74	12,305.30	122,133.35	322,989.68
R1	D1	E18	421,037.00	394,666.00	275,466.00	155,494.00	-	-	-	-
R1	D1	E19	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E20	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E21	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	D1	E22	26,480.00	25,543.00	21,894.00	24,565.00	-	-	-	-
R1	D1	E23	-	-	-	-	588,170.00	578,309.00	616,660.00	613,768.00
R1	D1	E24	4,304.00	4,226.00	3,250.00	3,280.00	3,450.00	3,000.00	3,450.00	3,300.00
R1	D1	E25	-	-	-	-	143,440.00	226,632.00	245,484.00	196,367.00
R1	D1	E26	-	-	-	-	261.00	1,168.00	1,406.00	1,169.00
R1	D1	E27	-	-	-	-	261.00	1,168.00	1,406.00	1,169.00
R1	D1	E28	-	-	-	-	23,460.00	20,399.00	23,460.00	22,440.00
R1	D1	E29	-	-	-	-	110,545.00	92,495.00	104,360.00	91,259.00
R1	D1	E30	-	-	-	-	32,483.00	27,519.00	22,686.00	27,106.00

**Apêndice 8 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 1**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E1	GLP	60.684%	0.28506	0.108%	2.41347
E2	GLP	76.484%	0.35928	0.024%	1.51237
E3	GLP	22.945%	0.10778	0.015%	0.87325
E4	0	60.684%	0.20077	0.151%	0.94796
E5	GLP	61.187%	0.23446	0.327%	0.43270
E6	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23592	0.132%	3.17050
E7	Óleo Diesel	22.945%	0.08982	0.091%	1.99813
E8	Óleo Diesel	22.945%	0.08982	0.036%	1.09708
E9	Lenha Mista	61.187%	0.23587	0.114%	1.99892
E10	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23792	0.237%	0.90400
E11	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23989	0.180%	0.34629
E12	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23683	0.078%	1.46486
E13	Óleo Combustível 1A	60.349%	0.23552	0.043%	0.64941
E14	Óleo Combustível 1A	76.484%	0.29850	0.082%	1.38667
E15	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.22934	2.157%	0.86516
E16	GLP	60.349%	0.22807	2.750%	0.23277
E17	GLP	60.349%	0.22807	3.083%	0.51477
E18	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23360	1.467%	0.91951
E19	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23553	2.588%	0.74428
E20	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23553	2.000%	1.87242
E21	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23553	1.895%	0.98364
E22	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.21762	0.179%	0.98773
E23	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.22707	5.116%	2.09619
E24	Óleo Combustível 1A	59.930%	0.23558	0.028%	1.00328
E25	Óleo Combustível 1A	56.158%	0.21293	1.895%	0.49062
E26	Óleo Combustível 1A	43.705%	0.17330	0.264%	94.33990
E27	ND	38.242%	0.15164	0.264%	94.33986
E28	Lenha Mista	76.484%	0.29751	0.139%	1.46096
E29	Óleo Combustível 1A	57.834%	0.22042	1.409%	1.39312
E30	Lenha Mista	61.187%	0.23820	0.143%	68.54618
E31	Óleo Combustível 1A	72.712%	0.27972	0.136%	1.80987
E32	Óleo Combustível 1A	0.000%	0.00000	0.036%	1.21686
E33	Óleo Combustível 1A	60.628%	0.22574	6.968%	1.97148
E34	Óleo Combustível 1A	21.180%	0.07258	1.330%	1.62831
E35	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23374	0.227%	1.11780
E36	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23579	0.155%	0.87609
E37	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23643	0.050%	0.52629
E38	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23330	0.317%	0.93061
E39	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23097	0.205%	1.17534
E40	0	60.684%	0.15216	1.078%	1.03741
E41	0	61.187%	0.15342	0.720%	1.07937
E42	0	61.187%	0.15342	0.493%	0.92457
E43	GLP	76.484%	0.30153	0.009%	1.49971
E44	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23762	0.071%	1.08690
E45	Óleo Combustível 1A	21.180%	0.07822	1.899%	0.68617
E46	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23242	0.604%	1.32416
E47	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23434	0.534%	0.81110
E48	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23434	0.400%	1.00271
E49	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23434	0.227%	0.99766
E50	Óleo Combustível 1A	76.484%	0.29293	0.091%	1.50312

**Apêndice 9 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 2**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E51	GLP	60.684%	0.23990	0.053%	0.32956
E52	GLP	22.945%	0.09071	0.018%	0.32956
E53	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23293	0.640%	0.97272
E54	0	60.684%	0.30327	0.043%	2.47997
E55	Lenha Mista	61.187%	0.22445	0.414%	1.22211
E56	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.22780	4.314%	0.57825
E57	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.22969	6.115%	0.37888
E58	Óleo Combustível 1A	22.945%	0.08613	4.364%	3.20124
E59	Óleo Combustível 1A	21.059%	0.07925	4.773%	1.83226
E60	0	60.684%	0.22847	0.194%	0.53989
E61	Óleo Combustível 1A	75.855%	0.29907	0.052%	1.21543
E62	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23017	0.496%	0.55444
E63	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.22892	1.260%	1.06932
E64	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.22892	1.056%	2.21897
E65	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.22892	0.852%	0.37252
E66	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23369	1.186%	0.60988
E67	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23369	0.496%	0.60230
E68	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23780	0.129%	0.63075
E69	Óleo Combustível 1A	20.682%	0.08105	0.073%	67.66972
E70	Energia Elétrica	60.684%	0.19995	1.105%	1.61945
E71	Energia Elétrica	60.684%	0.23018	1.096%	0.70305
E72	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23848	0.065%	0.78907
E73	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.24038	0.022%	1.19995
E74	Lenha Mista	61.187%	0.23530	0.136%	1.80269
E75	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23362	0.170%	0.95105
E77	Óleo Combustível 1A	58.170%	0.22098	0.918%	1.53978
E78	0	60.684%	0.15573	0.151%	0.98978
E79	0	61.187%	0.15702	0.119%	0.87781
E80	Energia Elétrica	61.187%	0.20153	0.036%	0.90677
E81	Energia Elétrica	61.187%	0.23258	0.367%	1.85017
E82	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23272	0.300%	1.52064
E83	Óleo Combustível 1A	75.855%	0.29570	0.052%	0.95376
E84	Óleo Combustível 1A	22.945%	0.08945	0.047%	0.58420
E85	Óleo Combustível 1A	76.484%	0.29949	0.109%	2.42997
E86	Óleo Combustível 1A	76.484%	0.29949	0.000%	2.49174
E87	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.20155	0.873%	72.48659
E88	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23064	1.035%	1.16783
E89	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.20322	2.132%	72.48659
E90	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23255	2.530%	0.64217
E91	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.23225	1.028%	2.35299
E92	Óleo Combustível 1A	22.945%	0.08709	0.509%	0.92145
E93	Óleo Combustível 1A	59.511%	0.22394	1.721%	1.82007
E94	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.24057	0.043%	0.45389
E95	Óleo Combustível 1A	22.945%	0.09096	0.018%	1.04806
E96	Óleo Combustível 1A	60.684%	0.23470	0.140%	0.92936
E97	Casca de Castanha	60.684%	0.22681	0.173%	67.76109
E98	Casca de Castanha	60.684%	0.22681	0.056%	2.81824
E99	Óleo Combustível 1A	59.176%	0.22122	1.880%	1.33514
E100	Óleo Combustível 1A	44.382%	0.16592	3.750%	1.03880

**Apêndice 10 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 3**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E101	0	61.187%	0.21268	0.307%	1.29909
E102	Óleo Combustível 1A	21.059%	0.08273	0.045%	1.02138
E103	Cogeração	22.945%	0.07560	2.182%	1.59923
E104	GLP	61.187%	0.24183	0.115%	2.01591
E105	GLP	61.187%	0.24183	0.760%	61.17502
E108	GLP	66.750%	0.26668	5.835%	1.31595
E109	GLP	61.187%	0.24446	8.905%	0.28174
E111	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.29800	0.811%	1.69780
E112	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.29500	1.823%	1.65695
E113	Óleo Combustível 1A	68.836%	0.28050	1.429%	0.72138
E114	Energia Elétrica	71.390%	0.29418	0.767%	0.59594
E115	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31116	0.581%	68.99945
E116	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.30655	1.916%	1.38827
E117	#N/D	68.836%	0.16961	0.643%	0.98092
E118	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.24242	0.900%	1.55548
E119	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31587	0.365%	1.42822
E120	Óleo Combustível 1A	68.921%	0.27202	5.908%	1.56851
E121	Óleo Combustível 1A	68.921%	0.17654	2.480%	1.68615
E122	#N/D	61.187%	0.15347	0.897%	1.60947
E123	Energia Elétrica	60.166%	0.24658	2.118%	1.98902
E124	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.29916	0.712%	2.11725
E125	Óleo Combustível 1A	61.187%	0.25679	0.160%	1.55170
E126	Óleo Combustível 1A	68.836%	0.27664	7.002%	1.33571
E127	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.27884	2.042%	1.50524
E128	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.30854	1.313%	2.21625
E129	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31311	0.157%	0.64205
E130	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.30039	0.143%	1.73303
E131	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31596	0.050%	1.33104
E132	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.30772	1.532%	1.50020
E134	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31153	0.529%	1.98143
E135	Óleo Combustível 1A	56.481%	0.23498	0.286%	64.87852
E136	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31534	0.197%	1.41624
E137	Óleo Combustível 1A	83.437%	0.34586	0.458%	0.55778
E138	GLP	52.353%	0.22028	0.143%	1.31103
E139	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31050	0.335%	2.00123
E140	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.29041	2.286%	0.54721
E141	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.29911	0.143%	1.24078
E142	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.28891	21.880%	1.46070
E144	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31361	0.197%	1.15434
E145	Óleo Combustível 1A	68.836%	0.27882	4.571%	1.35672
E146	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.30515	1.483%	1.79367
E147	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.29789	0.171%	1.17062
E148	Óleo Combustível 1A	67.687%	0.28259	1.143%	1.51827
E149	Óleo Combustível 1A	0.000%	0.00000	0.088%	1.52299
E150	Óleo Combustível 1A	53.539%	0.21422	11.669%	1.44432

**Apêndice 11 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 4**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E151	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31053	0.838%	1.56926
E152	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31310	0.175%	1.36290
E153	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31160	0.727%	1.36179
E154	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31048	0.335%	1.46996
E155	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.29676	0.200%	1.08694
E156	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.30919	3.159%	1.32727
E157	Óleo Combustível 1A	60.774%	0.20140	0.957%	2.85351
E158	Óleo Combustível 1A	58.673%	0.19444	1.167%	NA
E159	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.22610	1.187%	0.75727
E160	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.22610	0.602%	0.61272
E161	Novo	67.687%	0.27279	0.080%	NA
E162	Óleo Combustível 1A	72.007%	0.23033	1.005%	1.67881
E163	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.24020	2.708%	0.58587
E164	Óleo Combustível 1A	56.481%	0.22030	0.110%	3.21464
E165	Óleo Combustível 1A	59.515%	0.23214	0.110%	3.21464
E166	Óleo Combustível 1A	72.007%	0.26162	0.133%	1.41594
E167	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.27284	0.105%	0.85267
E168	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.27284	0.080%	1.26080
E169	Óleo Combustível 1A	65.104%	0.20757	0.005%	0.51015
E170	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.23717	0.187%	2.26980
E171	Óleo Combustível 1A	55.625%	0.19764	0.500%	2.26980
E172	GLP	68.369%	0.23218	0.822%	0.73807
E173	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.23585	0.242%	1.14272
E174	Óleo Combustível 1A	61.800%	0.21887	0.243%	0.54554
E175	Óleo Combustível 1A	56.481%	0.20004	0.189%	1.36951
E176	Óleo Combustível 1A	56.481%	0.20004	0.214%	0.86111
E177	Óleo Combustível 1A	56.481%	0.19264	0.115%	NA
E178	Óleo Combustível 1A	73.859%	0.25191	0.637%	1.87589
E181	Óleo Combustível 1A	53.258%	0.20116	0.052%	2.64421
E182	Óleo Combustível 1A	55.068%	0.20800	0.037%	0.55183
E185	Óleo Combustível 1A	67.687%	0.25041	0.058%	3.20176
E186	Energia Elétrica	42.270%	0.15620	0.081%	0.30816
E187	Energia Elétrica	44.566%	0.16468	0.051%	0.34418
E188	Óleo Combustível 1A	67.145%	0.19436	4.946%	0.68095
E189	Óleo Combustível 1A	63.458%	0.26523	12.667%	0.78810
E190	Óleo Combustível 1A	65.378%	0.19968	10.674%	1.44971
E191	Óleo Combustível 1A	65.182%	0.19909	9.792%	0.66787
E192	Óleo Combustível 1A	60.166%	0.20968	0.561%	6.29663
E193	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.23262	0.432%	0.33725
E194	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.22226	0.363%	NA
E195	Óleo Combustível 1A	67.687%	0.25200	0.134%	NA
E196	Óleo Combustível 1A	67.687%	0.27411	1.637%	3.06965
E197	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.28919	0.043%	NA
E198	Óleo Combustível 1A	64.921%	0.29330	0.058%	NA
E199	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.21958	1.769%	0.59834
E200	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.12174	19.924%	0.38392

**Apêndice 12 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 5**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E201	Óleo Combustível 1A	54.159%	0.18931	0.238%	3.73762
E202	Óleo Combustível 1A	73.330%	0.30403	0.083%	96.78362
E203	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.31134	0.029%	NA
E204	Óleo Combustível 1A	65.104%	0.25216	0.076%	0.97916
E205	Óleo Combustível 1A	65.182%	0.29833	0.358%	2.80011
E206	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.22338	0.295%	NA
E207	Óleo Combustível 1A	57.761%	0.18481	11.324%	0.53607
E208	Óleo Combustível 1A	57.761%	0.19196	17.600%	0.46151
E209	Óleo Combustível 1A	57.075%	0.18261	3.547%	0.47865
E210	Óleo Combustível 1A	57.075%	0.18968	11.301%	0.37121
E211	Óleo Combustível 1A	73.859%	0.29640	0.044%	NA
E212	GLP	48.145%	0.17236	0.105%	1.79913
E213	Óleo Combustível 1A	52.353%	0.18614	0.000%	2.58830
E214	Óleo Combustível 1A	55.068%	0.19580	0.000%	3.18044
E215	Óleo Combustível 1A	55.068%	0.19580	0.000%	0.80825
E216	Óleo Combustível 1A	63.458%	0.24794	0.206%	2.26641
E217	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.26080	0.207%	NA
E220	Óleo Combustível 1A	74.476%	0.59859	0.008%	NA
E221	Óleo Combustível 1A	74.144%	0.24287	6.571%	1.35218
E222	Óleo Combustível 1A	73.242%	0.24058	1.250%	1.23822
E223	Óleo Combustível 1A	75.093%	0.24666	1.313%	0.35402
E224	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.22414	0.507%	0.19226
E225	Óleo Combustível 1A	62.635%	0.19540	8.292%	0.94297
E226	Óleo Combustível 1A	63.848%	0.19918	6.667%	0.44411
E227	GLP	65.378%	0.24428	0.016%	3.27484
E228	GLP	68.215%	0.37567	0.006%	60.41033
E229	ND	70.137%	0.38626	0.001%	1.66970
E230	Óleo Combustível 1A	52.473%	0.17452	1.290%	1.96132
E231	Óleo Combustível 1A	64.921%	0.24460	0.052%	1.29234
E232	Óleo Combustível 1A	59.662%	0.20909	0.441%	2.39480
E233	Óleo Combustível 1A	66.750%	0.23392	0.232%	2.33128
E234	GLP	73.242%	0.30312	0.015%	0.80490
E235	Óleo Combustível 1A	48.950%	0.16303	0.575%	1.28229
E236	Óleo Combustível 1A	65.835%	0.32963	0.004%	3.17345
E237	Óleo Combustível 1A	72.007%	0.25526	0.622%	2.59455
E238	Óleo Combustível 1A	63.458%	0.24491	1.750%	74.60640
E240	Energia Elétrica	52.805%	0.27261	0.485%	2.02477
E241	Óleo Combustível 1A	38.242%	0.12420	1.644%	0.48368
E242	Óleo Combustível 1A	71.390%	0.27393	0.032%	3.61460
E245	GLP	71.887%	0.54471	0.028%	0.87750
E246	GLP	55.843%	0.26970	1.218%	1.40437
E247	GLP	57.510%	0.42306	0.042%	1.20943
E248	Óleo Combustível 2A	54.176%	0.26654	0.413%	1.38166
E249	GLP	55.843%	0.41113	0.011%	1.06228
E250	GLP	55.843%	0.41144	0.009%	1.45705

**Apêndice 13 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 6**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E251	GLP	55.843%	0.41020	0.027%	0.91838
E252	GLP	57.510%	0.38494	0.085%	0.68239
E253	Óleo Combustível 2A	58.504%	0.29693	0.712%	2.12742
E254	Óleo Diesel	49.860%	0.29883	0.037%	NA
E255	Óleo Combustível 2A	61.643%	0.42814	0.121%	2.11719
E256	GLP	57.510%	0.42291	0.008%	0.77436
E257	Óleo Combustível 4A	61.223%	0.29444	2.542%	2.84731
E258	GLP	69.804%	0.38594	0.118%	0.64708
E259	Óleo Combustível 2A	69.804%	0.42874	0.150%	1.09780
E260	GLP	69.804%	0.51607	0.009%	0.85948
E261	Óleo Combustível 2A	71.679%	0.36582	0.364%	0.74016
E262	ND	71.679%	0.37129	0.803%	NA
E263	GLP	58.170%	0.38332	0.045%	0.38908
E264	GLP	55.119%	0.27665	0.466%	1.20945
E265	Óleo Combustível 3A	55.843%	0.27987	0.641%	1.13690
E266	Óleo Combustível 3A	76.055%	0.36468	1.753%	4.68096
E267	GLP	71.887%	0.34437	3.529%	0.23342
E268	GLP	71.887%	0.43145	0.112%	0.30230
E269	GLP	57.510%	0.36692	0.050%	1.89412
E270	Óleo Combustível 2A	57.510%	0.29307	0.655%	1.40928
E271	Óleo Combustível 1A	69.804%	0.36548	0.118%	1.68894
E272	GLP	71.887%	0.53349	0.041%	1.38978
E273	GLP	56.516%	0.31643	0.088%	0.75241
E274	GLP	55.843%	0.40600	0.030%	0.62266
E275	NOVO	54.527%	0.26429	1.427%	1.19467
E276	GLP	71.887%	0.41762	0.086%	0.51124
E277	Óleo Combustível 2A	71.887%	0.43904	0.066%	1.56810
E278	Óleo Combustível 2A	71.887%	0.37581	0.206%	0.78329
E279	GLP	69.804%	0.36252	0.083%	2.22452
E280	Óleo Combustível 2A	69.804%	0.34825	0.978%	0.44374
E281	GLP	69.804%	0.51113	0.008%	1.43021
E282	GLP	69.804%	0.34006	0.745%	2.61925
E283	NOVO	69.804%	0.52294	0.028%	1.33888
E284	Óleo Combustível 2A	53.035%	0.27513	0.272%	0.85044
E285	GLP	69.804%	0.36895	0.193%	1.46155
E286	OLEO DE XISTO	71.887%	0.43913	0.059%	1.71972
E287	NOVO	71.887%	0.54860	0.042%	1.03190
E288	Óleo Combustível 1A	58.740%	0.45017	0.287%	NA
E289	NOVO	69.804%	0.50731	0.029%	NA
E290	GLP	69.804%	0.45323	0.060%	0.59130
E291	GLP	71.011%	0.41993	0.086%	1.00389
E292	GLP	69.804%	0.37769	0.143%	0.80500
E293	GLP	57.510%	0.42251	0.018%	1.07532
E294	Querosene de Iluminação	69.804%	0.48850	0.018%	1.26786
E295	NOVO	69.804%	0.53706	0.014%	NA
E296	ND	77.370%	0.60608	0.017%	NA
E297	GLP	69.804%	0.51546	0.007%	2.73733
E298	GLP	69.804%	0.52698	0.005%	2.08032
E299	GLP	71.011%	0.52390	0.006%	0.46438
E300	Energia Elétrica	0.000%	-	0.064%	1.53605

**Apêndice 14 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 7**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E301	Energia Elétrica	62.292%	0.45953	0.065%	2.03660
E302	Energia Elétrica	44.864%	0.26026	0.103%	NA
E303	Energia Elétrica	62.292%	0.37380	0.045%	1.05861
E304	GLP	56.201%	0.32545	0.110%	0.99405
E305	GLP	51.552%	0.27264	0.562%	1.57105
E306	NOVO	47.534%	0.25654	0.216%	NA
E307	GLP	58.175%	0.15740	12.368%	1.48101
E308	GLP	34.763%	0.18273	0.990%	4.21347
E309	Óleo Combustível 1A	47.647%	0.25413	0.495%	2.27216
E310	GLP	62.813%	0.38077	0.072%	1.96840
E311	GLP	62.813%	0.35891	0.050%	2.73527
E312	GLP	0.000%	0.00000	0.006%	1.83726
E313	Óleo Combustível 1A	58.030%	0.30957	1.376%	1.73491
E314	GLP	58.024%	0.34508	0.287%	NA
E315	GLP	45.879%	0.23399	2.476%	0.66570
E316	Óleo Combustível 1A	0.000%	-	3.373%	1.31853
E317	Óleo Combustível 1A	0.000%	-	3.935%	1.68251
E318	GLP	58.027%	0.32765	0.094%	2.18127
E319	Energia Elétrica	49.178%	0.30364	0.033%	0.91329
E320	Energia Elétrica	59.014%	0.36845	0.162%	1.04600
E321	GLP	60.653%	0.34977	0.054%	2.24881
E322	GLP	62.292%	0.37260	0.038%	2.36252
E323	GLP	62.813%	0.35185	0.132%	4.44687
E324	Energia Elétrica	62.292%	0.37300	0.043%	NA
E325	Energia Elétrica	80.000%	0.45740	0.033%	0.61157
E326	Diesel	84.000%	0.47762	0.009%	NA
E327	Energia Elétrica	0.000%	-	0.051%	2.63020
E328	GLP	59.014%	0.38133	0.026%	0.87097
E329	Óleo Combustível 1A	48.047%	0.27401	0.066%	1.15902
E330	GLP	59.014%	0.34633	0.032%	3.22418
E331	GLP	52.606%	0.34221	0.060%	NA
E332	NOVO	65.753%	0.41191	0.303%	NA
E333	Energia Elétrica	80.000%	0.44471	0.281%	1.38733
E334	Óleo Combustível 1A	61.772%	0.33828	0.165%	2.11497
E335	Óleo Combustível 1A	58.027%	0.32864	0.110%	2.81885
E336	Energia Elétrica	58.027%	0.36285	0.022%	2.98479
E337	GLP	53.500%	0.18105	0.060%	NA
E338	Óleo Combustível 1A	61.251%	0.34345	0.135%	NA
E339	Óleo Combustível 1A	61.772%	0.33682	0.270%	NA
E340	Óleo Combustível 1A	75.375%	0.50771	0.022%	1.30170
E341	GLP	70.000%	0.36922	0.731%	1.05041
E342	NOVO	0.000%	0.00000	0.016%	NA
E343	GLP	61.251%	0.42621	0.032%	NA
E344	GLP	67.394%	0.42443	0.068%	2.26459
E345	Óleo Combustível 1A	56.907%	0.33619	0.046%	1.90698
E346	GLP	67.394%	0.39891	0.122%	2.07311
E347	GLP	62.889%	0.33714	1.368%	1.16240
E348	GLP	68.637%	0.38733	0.475%	0.40218
E349	GLP	64.831%	0.33729	1.914%	0.49709
E350	GLP	70.774%	0.41717	0.081%	1.03460

**Apêndice 15 Listagem das Variáveis de Estudo Calculadas para Toda a Amostra Válida – PARTE 8**

Código Empresa	Combustível Deslocado	Nível TOP TOP_Ind_%	Nível TOP TOP_Ind_Preço	Razão QDC QDC (Ind. / Distr.)	Volatilidade Sigma (Var_Demanda)
E351	GLP	63.898%	0.36671	0.822%	1.72544
E352	Óleo Combustível 1A	67.394%	0.39559	0.144%	3.22177
E353	GLP	0.000%	-	0.045%	NA
E354	GLP	63.898%	0.36124	1.247%	1.23892
E355	Óleo Combustível 2A	62.811%	0.33661	1.478%	0.94910
E356	GLP	52.362%	0.30511	0.332%	1.38926
E357	GLP	0.000%	-	0.018%	NA
E358	GLP	62.811%	0.33643	0.822%	0.87110
E359	Óleo Combustível 1A	63.432%	0.33600	3.786%	0.37345
E360	GLP	0.000%	-	0.610%	1.08898
E361	Energia Elétrica	51.274%	0.29563	0.369%	1.76529
E362	GLP	63.898%	0.36692	0.924%	1.83250
E363	0	67.977%	0.40091	0.288%	3.51373
E364	GLP	0.000%	-	0.135%	NA
E365	GLP	67.394%	0.39947	0.226%	1.49277
E366	GLP	52.418%	0.34058	0.057%	2.15220
E367	Óleo Combustível 1A	70.774%	0.40970	0.777%	1.17211
E368	Lenha Mista	70.774%	0.44966	0.065%	6.38432
E369	Novo	67.394%	0.40582	0.045%	NA
E370	0	66.384%	0.38398	0.110%	68.52174
E371	GLP	63.898%	0.36291	1.455%	1.11102
E372	Óleo Combustível 1A	62.733%	0.33793	1.755%	1.24444
E373	Novo	67.394%	0.39971	0.054%	0.74453
E374	Óleo Combustível 1A	61.544%	0.36001	0.323%	1.28743
E375	Novo	0.000%	-	0.018%	7.32257
E376	GLP	59.354%	0.37301	0.183%	1.78529
E377	GLP	69.570%	0.42708	0.045%	0.71604
E378	GLP	60.403%	0.35663	0.152%	0.94999
E379	GLP	49.729%	0.31847	0.046%	1.81288
E380	GLP	67.394%	0.41279	0.076%	1.41885
E381	Óleo Combustível 1A	64.015%	0.36456	0.947%	1.13450
E382	Óleo Combustível 1A	66.229%	0.40120	0.076%	6.66635
E383	Óleo Combustível 1A	59.431%	0.35210	0.059%	1.04743
E384	GLP	63.898%	0.36668	0.959%	1.49515
E385	GLP	67.394%	0.39288	0.183%	1.58710
E386	GLP	62.811%	0.35762	0.623%	1.12143
E387	GLP	62.811%	0.33388	6.205%	1.30797
E388	Óleo Combustível 1A	59.315%	0.18266	0.277%	1.32523
E389	GLP	44.261%	0.28834	0.023%	1.38471
E390	Óleo Combustível 1A	63.898%	0.38351	0.091%	1.37390
E391	Óleo Combustível 1A	67.394%	0.40384	0.091%	2.20336
E392	Óleo Combustível 1A	58.111%	0.33052	0.913%	2.37644
E393	GLP	60.403%	0.32202	0.970%	1.85870
E394	Energia Elétrica	49.699%	0.29710	2.032%	5.86300
E395	GLP	54.731%	0.31196	0.785%	0.83497
E396	GLP	69.570%	0.45556	0.166%	1.07461
E397	Energia Elétrica	67.394%	0.41001	0.068%	NA

## GLOSSÁRIO E TERMOS TÉCNICOS TRADUZIDOS

- **COMERCIALIZADOR:** Jargão da Indústria de Gás Natural, para indicar o agente comercial que busca juntar fontes de suprimento, com os mercados consumidores, através de contratos com produtores, distribuidoras, ou grandes consumidores do energético.
- **DELIVER-OR-PAY:** Termo típico dos contratos de fornecimento de gás natural em qualquer um dos elos da cadeia de fornecimento, indicando a obrigação do fornecedor de suprir, normalmente, 100% das quantidades contratadas pelo consumidor. Em caso de falha no fornecimento, são imputadas multas ao fornecedor pelas quantidades demandadas e não supridas.
- **DRIVERS:** Termo inglês para referir-se a algo que exerce influência ou força sobre alguma coisa. Exemplo: “os *drivers* de valor do consumidor...”. Será traduzido como “os determinantes de valor do consumidor...”
- **ENFORCED:** Termo inglês que indica capacidade de fazer com que uma exigência legal seja cumprida, se preciso através da força. Será traduzido como “obrigado por força de Lei”.
- **ENFORCEMENT:** Será traduzido como “obrigatoriedade”.
- **INSIGHT:** Termo inglês que indica percepção. Exemplo: “Os *insights* oferecidos pela teoria...” será traduzido como “As percepções oferecidas pela teoria...”
- **INVESTIMENTOS (OU ATIVOS) ESPECÍFICOS:** Expressão técnica muito utilizado na Teoria da Economia dos Custos de Transação para se referir a investimentos (ou ativos), cujo objetivo seja específico para uma determinada atividade econômica, e que não podem ser utilizados em outra atividade sem a perda de uma significativa porção de seu valor original.
- **MAKE-UP-GAS:** Termo técnico dos contratos de fornecimento de gás natural com cláusulas *take-or-pay*, indicando a possibilidade de recuperação dos volumes mínimos contratados, pagos sem utilização, em períodos posteriores ao crédito, quando o consumo for superior ao *take-or-pay*.
- **OPÇÃO “MUITO NO DINHEIRO”:** Tradução da expressão “deep in the money” para indicar que o valor do ativo objeto, ao qual uma opção de compra se refere, está tão acima do valor do preço de exercício que valeria a pena exercer a opção e adquiri-lo imediatamente.
- **OPORTUNISMO:** Seria manifestado por um COMPORTAMENTO OPORTUNISTA. Segundo WILLIAMSON (1985, 1979, 1975) oportunismo seria uma condição de busca do interesse próprio com avidez. Como o foco desta dissertação está na relação comercial do mercado final de gás natural, busca-se identificar um comportamento oportunista médio do mercado consumidor em geral. O consumidor procuraria extrair o máximo de renda da cadeia produtiva, em benefício de sua própria competitividade na produção industrial. Neste contexto, a palavra não teria um significado tão negativo, quanto aquele de Williamson para descrever comportamentos nos mercados intermediários dos produtos.
- **PRÊMIO DA OPÇÃO:** Valor a ser pago para obter um direito garantido de optar por algum resultado sobre um ativo no futuro, pagando um preço estabelecido no presente (preço de exercício). Nesta pesquisa se utilizará muito o a expressão PRÊMIO DA OPÇÃO PELAS QUANTIDADES CONTRATADAS de forma intercambiável com a variável TOP\_Ind\_Pr que será considerada sua *proxy*.

- *QUASI-RENT*: Termo da Teoria dos Custos de Transação utilizado para referir-se à diferença entre: (i) o valor do ativo específico na aplicação para o qual ele foi originalmente destinado e, (ii) o seu valor em uma aplicação alternativa (KLEIN, CRAWFORD & ALCHIAN, 1978).
- *RAZÃO VOLUME CONTRATADO (Industrial/Distribuidora)* (Razão\_QDC\_(Ind./Distr.)): Variável operacional independente do modelo estatístico desenvolvido para testar a Hipótese IA do método de pesquisa, indicando a proporção, entre o volume contratado por um consumidor, e o volume total comercializado pela distribuidora de gás natural para atender seu mercado industrial.
- *SHIP-OR-PAY*: Termo típico dos contratos de transporte de gás natural através de gasodutos de alta pressão, indicando a obrigação de pagamento por uma capacidade mínima de transporte contratada, mesmo que não utilizada. No contexto desta dissertação, visto que o consumidor de gás natural adquire os serviços de transporte de forma conjunta com o próprio valor do produto gás natural, assume-se que os compromissos de *ship-or-pay* a que o consumidor está sujeito no seu contrato com a distribuidora de gás natural está implícito no *take-or-pay* cobrado por esta última no contrato.
- *TAKE-OR-PAY*: Termo típico dos contratos de fornecimento de gás natural, em qualquer um dos elos da cadeia de fornecimento, indicando uma quantidade mínima contratada que deve ser paga mesmo que não utilizada. Em algumas situações o termo será utilizado para se referir também à forma genérica de cálculo desta quantidade mínima, como um percentual sobre as quantidades totais contratadas pelo comprador, e garantidas pelo fornecedor, em um período de tempo.
- *TAKE-OR-PAY PERCENTUAL* (TOP\_Ind\_%): Variável operacional dependente, do modelo estatístico desenvolvido para testar as Hipóteses IA e IB do método de pesquisa, indicando o grau de flexibilidade contratual, em termos de quantidade mínima contratada, que deve ser paga mesmo que não consumida.
- *TAKE-OR-PAY PREÇO* (TOP\_Ind\_Pr): Variável operacional dependente, do modelo estatístico desenvolvido para testar as Hipóteses II do método de pesquisa, indicando a parcela mínima do preço unitário a ser pago pelo consumidor, pela quantidade contratada, mesmo que não consuma toda esta quantidade. É a variável *proxy* para avaliar o valor do PRÊMIO DA OPÇÃO PELAS QUANTIDADES CONTRATADAS DE GÁS NATURAL.
- *VOLATILIDADE DA DEMANDA INDUSTRIAL* (Sigma(Var\_Demanda)): Variável operacional independente, do modelo estatístico desenvolvido para testar a Hipótese II do método de pesquisa, indicando a volatilidade histórica da demanda por gás natural, de cada consumidor industrial, calculada sobre os primeiros 13 meses a partir da assinatura do contrato.