



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM LOGÍSTICA E PESQUISA OPERACIONAL**

**ABRAÃO RAMOS DA SILVA**

**VIABILIDADE LOGÍSTICA E ECONOMICA DA DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA  
DE GÁS NATURAL: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA**

**FORTALEZA**

**2014**

**ABRAÃO RAMOS DA SILVA**

**VIABILIDADE LOGÍSTICA E ECONOMICA DA DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA  
DE GÁS NATURAL: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional. Área de concentração: Gestão Logística

Orientador: Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda.

**FORTALEZA**

**2014**

---

S578v

Silva, Abraão Ramos da.

Viabilidade logística e econômica da distribuição secundária de gás natural: uma abordagem metodológica / Abraão Ramos da Silva. – 2014.

161 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós – Graduação em Logística e Pesquisa Operacional, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Gestão Logística.

Orientação: Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda.

1. Logística. 2. Gás natural. 3. Viabilidade econômica. I. Título.

---

CDD 658.78

**ABRAÃO RAMOS DA SILVA**

**VIABILIDADE LOGÍSTICA E ECONOMICA DA DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA  
DE GÁS NATURAL: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional. Área de concentração: Gestão Logística

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Maxweel Veras Rodrigues  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Antônio Cabral dos Santos  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

---

Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus e aos meus pais, Francisca Solange Ramos da Silva e Francisco Stênio Ramos da Silva.

## AGRADECIMENTO

À Deus, que me deu a oportunidade e saúde de escrever esse texto.

Ao Prof. Dr. João Bosco Furtado Arruda, pela excelente orientação e pelo exemplo de profissionalismo e de dedicação à educação superior brasileira.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos meus pais, Stênio Ramos e Solange Ramos, por terem sido instrumentos de Deus para me concederem o dom da vida, e pela educação e amor que me foi dado.

Aos meus companheiros de trabalho do GLEN Breno, Juscelino, Moises Santos, Jackson, Yorne, Alessonia, Patrícia, Priscila e Bruno, que me incentivaram para realização deste trabalho.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, em especial a Ana Beatriz, Marcos Charles, Priscila Gadelha, e Carlos David.

Aos professores Maxweel Veras Rodrigues, Carlos Antônio Cabral dos Santos e Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes pela a cordial atenção dedicada ao processo de defesa e à avaliação desta dissertação.

Aos funcionários do GESLOG, em especial à estimada Tânia, por terem me oferecido o apoio institucional necessário para a realização do meu mestrado.

A todos os outros amigos, colegas e familiares que participaram direta e indiretamente na elaboração desta dissertação e me deram apoio afetivo.

Como dizia Alá nas sagradas escrituras: ``Assim como são os homens, são as criaturas!``

## RESUMO

Esta dissertação propõe uma metodologia para estudo de viabilidade da distribuição secundária de gás natural em regiões afastadas de redes primárias de gasodutos. Diante da segurança de fornecimento do gás natural apresentada atualmente no país e no Mundo, a sua participação na matriz energética vem se intensificando nos últimos anos. O Estado do Ceará apresenta *superavit* na oferta equivalente a quatro milhões de metros cúbicos por dia de gás. Atualmente, a distribuição do gás natural, nesse Estado, é realizada apenas na Região Metropolitana de Fortaleza, sendo que no interior se encontram importantes polos de desenvolvimento, como a Região do CRAJUBAR com uma base industrial com potencial de consumo de gás natural, que poderia levar à substituição do uso principalmente de lenha no processo produtivo das empresas e, também, poderia propiciar a interiorização do uso do energético em regiões ainda não atendida por gasodutos. O atendimento aos consumidores de gás natural tem ocorrido por meio da utilização de distribuição secundária (gasoduto virtual) indutora de mercado. Assim o objetivo deste estudo reside em propor e aplicar uma metodologia de determinação da viabilidade da distribuição secundária do gás natural para regiões não atendidas por gasodutos, instrumentada pelo uso de técnicas de previsão de demanda, de otimização de custos e de planilha eletrônica na determinação da viabilidade econômica. O trabalho busca contribuir na identificação de cenários viáveis de substituição energética para o uso do gás natural na região em estudo.

Palavras-chave: Gás Natural; Previsão de Demanda; PLFC; Viabilidade Econômica.

## ABSTRACT

This work proposes a methodology for feasibility study of the distribution of natural gas to remote areas without access through a backbone pipeline. In recent years, one can observe a strong increase in the participation of natural gas as input in energy supply all around the world, including Brazil. The State of Ceará, in the Northeastern Brazil, shows nowadays a natural gas supply *superavit* of about four million cubic meters per day. Present natural gas distribution in Ceará State occurs only in Fortaleza Metropolitan area. Although there are in the State many important urban development poles with significant potential to consume natural gas they cannot count yet with necessary supply equipments of that power input as gas pipeline. This is an important problem because wood fuel is largely used in the countryside notwithstanding its damage to the environment. All over the world the attendance of secondary markets with natural gas has been supported by trucks or trains lines as a first step before implementing a pipeline. This work aims to propose and apply a methodology to find the economic and logistics feasibility to distribute natural gas to remote regions. Such a methodology makes use of discrete choice demand forecasting technique using both revealed and stated preference data as well as the capacity facility location problem modelling and conventional indicators of economic feasibility. A case study is discussed involving the CRAJUBAR region of Ceará State. The work aims to contribute in identification of scenarios in which one can have feasible situations of energy input substitution.

**Keywords:** Natural Gas; Demand Forecasting; CFLP; Economic Feasibility.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1	Gasodutos do Brasil - Ano Base 2012.....	20
FIGURA 2.1	Evolução dos preços médios na comercialização da indústria do GN.....	29
FIGURA 2.2	Módulos de Armazenamento de Transporte (MAT®) .....	40
FIGURA 2.3	Funcionamento Sistema Modular de Transporte e Armazenamento.....	41
FIGURA 2.4	Cadeia de Transporte de GNL.....	42
FIGURA 2.5	Navio-tanque metaneiro.....	43
FIGURA 2.6	Caminhão-tanque de GNL.....	43
FIGURA 2.7	Alcance de transporte da empresa Gás-Local.....	44
FIGURA 3.1	Estruturação do Processo de escolha do consumidor.....	45
FIGURA 3.2	Representação Gráfica das Utilidades das Alternativas .....	54
FIGURA 3.3	Método de Enriquecimento de Dados .....	57
FIGURA 3.4	Estrutura binária dos modelos de preferência revelada.....	58
FIGURA 3.5	Estrutura binária dos modelos de preferência declara .....	59
FIGURA 3.6	Estrutura do modelo conjunto PR e PD.....	60
FIGURA 4.1	Etapas Metodológicas .....	75
FIGURA 4.2	Variáveis e níveis utilizados para experimento PD.....	77
FIGURA 4.3	Planilha VEGAN.....	81
FIGURA 4.4	Cenário de distribuição de gás natural no CRAJUBAR .....	84
FIGURA 5.1	Mapa da RMC do Cariri .....	87
FIGURA 5.2	Elasticidade direta dos energéticos para o segmento grandes consumidores (categoria industrial).....	94
FIGURA 5.3	Transporte troncal .....	98
FIGURA 5.4	Rota trocal: Pecém-CRAJUBAR .....	99
FIGURA 5.5	Demonstrativo do resultado da análise de viabilidade financeira dos esquemas de distribuição de gás natural .....	106

## LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS e QUADROS

Tabela 2.1	Características das tecnologias de GNC.....	39
Tabela 4.1	Variáveis e níveis utilizados para experimento PD .....	78
Tabela 5.1	População, PIB e preços correntes, e PIB per capita das cidades da RMC..	87
Tabela 5.2	Números de empresas amostradas na RMC por categorias .....	91
Tabela 5.3	Demanda global estimada de GN na RMC .....	94
Tabela 5.4	Elasticidade cruzada dos energéticos predominantemente utilizados na RMC.....	95
Tabela 5.5	Demanda diária potencial de GN, por cidade, na categoria industrial .....	96
Tabela 5.6	Demanda potencial diária de GN na categoria Industrial na área de estudo	97
Tabela 5.7	Custos fixos de instalação da UNIREG's .....	101
Tabela 5.8	Síntese dos resultados do modelo inicial – cenários iniciais.....	103
Tabela 5.9	Receitas anuais (dos cenários iniciais) .....	105
Tabela 5.10	Síntese dos resultados do modelo com redução de 25% da capacidade de regaseificação .....	108
Tabela 5.11	Resumo e simulações das análises de viabilidade econômica .....	112
Gráfico 2.1	Oferta de Energia Primária 1973 .....	31
Gráfico 2.2	Oferta de Energia Primária 2012 .....	31
Gráfico 2.3	Reservas provadas de Gás Natural em 2011 por região (%)......	31
Gráfico 2.4	Produção de Gás Natural em 2011 por região (%)......	32
Gráfico 2.5	Consumo mundial de gás por região (2006-2011) .....	33
Gráfico 2.6	Consumo de GN por setor 1973 .....	34
Gráfico 2.7	Consumo de GN por setor 2012 .....	34
Gráfico 5.1	Resultado da Análise de Sensibilidade. ....	111
Gráfico 5.2	Comparativo de Diesel (R\$/ m <sup>3</sup> ) e os valores dos preços de vendas viáveis para distribuição do GNC .....	114
Quadro 3.1	Componentes do fluxo de caixa .....	68
Quadro 5.1	Resultados dos modelos (segmento grande consumidores) .....	93
Quadro 5.2	Dados dos cenário inicial sem incentivo do governo .....	111
Quadro 5.3	Viabilidade dos cenários com variação da variável Preço de Venda .....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Agência Brasileira de Norma Técnica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
CEGÁS	Companhia de Gás do Ceará
GASBOL	Gasoduto Brasil-Bolívia
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GLEN	Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia
GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNV	Gás Natural Veicular
IBGE	Instituto Brasileiro de Estatística
MBTU	Milhão de Unidades Térmicas Britânicas
PAC	Programa de Aceleração e Crescimento
PPT	Plano de Prioritário de Termoelectricidade
PD	Preferência Declarada
PR	Preferência Revelada
TIR	Taxa Interna de Retorno
RMC	Região Metropolitana do Cariri
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UNIREG	Unidade de Regaseificação
VPL	Valor Presente Liquida
VEGAN	Viabilidade Econômica da Distribuição de Gás Natural

**LISTA DE SÍMBOLOS**

- \$ Dólar
- % Porcentagem
- $\Sigma$  Somatório
- ® Marca Registrada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1	Considerações Iniciais .....	18
1.2	Problema e hipótese .....	21
1.2.1	<i>Problema de Pesquisa .....</i>	23
1.2.2	<i>Hipótese de Pesquisa .....</i>	24
1.3	Objetivos da dissertação .....	24
1.3.1	<i>Objetivo Geral .....</i>	24
1.3.2	<i>Objetivos Específicos .....</i>	24
1.4	Metodologia .....	24
1.5	Estrutura da Dissertação .....	25
<b>2</b>	<b>GÁS NATURAL: ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>27</b>
2.1	Informações gerais sobre o gás natural .....	27
2.2	Cenário internacional do gás natural .....	28
2.2.1	<i>Oferta Mundial de Gás Natural .....</i>	30
2.2.2	<i>Produção Mundial de Gás Natural .....</i>	32
2.2.3	<i>Consumo Mundial de Gás Natural .....</i>	33
2.3	Histórico e cenário atual da exploração e consumo do gás natural no Brasil .....	35
2.4	Distribuição Secundária de Gás Natural .....	38
2.4.1	<i>Gasodutos Virtuais .....</i>	38
2.4.2	<i>Distribuição de GSV/GNC .....</i>	39
2.4.3	<i>Distribuição de GNL .....</i>	41
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: ESTIMAÇÃO DA DEMANDA, PLFC E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS .....</b>	<b>45</b>
3.1	O processo de Escolha do Consumidor e as Técnicas de Preferência....	45
3.2	A Técnica de Preferência Revelada .....	47
3.3	A Técnica de Preferência Declarada .....	48
3.3.1	<i>Definição do Ambiente de Escolha .....</i>	49
3.3.2	<i>Definição dos Atributos .....</i>	49

3.3.3	<i>Definição dos Níveis de Atributos</i> .....	50
3.3.4	<i>Montagem dos Cartões no Experimento PD</i> .....	51
3.3.5	<i>Aplicação de Pesquisa Piloto</i> .....	52
3.3.6	<i>Planejamento e Aplicação da Pesquisa PD na Área de Estudo</i> .....	53
3.4	Estimação da Demanda .....	53
3.5	Concepção da Modelagem com uso de Preferência Declarada .....	54
3.5.1	<i>Os Modelos e as Formas Funcionais no Caso de Estudo</i> .....	58
3.6	O Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC) .....	61
3.6.1	<i>Características do Problema de Localização de Facilidades</i> .....	63
3.6.2	<i>Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC)</i> .....	64
3.7	Avaliação Econômica de Projetos: Conceitos .....	66
3.7.1	<i>Fluxo de Caixa</i> .....	67
3.7.2	<i>Avaliação Econômica de Projetos</i> .....	68
<b>4</b>	<b>ABORDAGEM METODOLÓGICA</b> .....	<b>72</b>
4.1	Procedimentos Metodológicos .....	72
4.1.1	<i>A Natureza e o Tipo de Pesquisa</i> .....	72
4.1.2	<i>Descrição das etapas da estrutura metodológica</i> .....	74
4.2	Período de Pesquisa .....	85
4.3	Base de Dados .....	85
<b>5</b>	<b>CASO DE APLICAÇÃO</b> .....	<b>86</b>
5.1	Descrição da Área de Estudo .....	86
5.2	Pesquisa de Campo .....	89
5.2.1	<i>Primeira fase da pesquisa de campo – pesquisa piloto</i> .....	90
5.2.2	<i>Segunda fase – pesquisa de campo</i> .....	91
5.3	Análise dos Resultados .....	92

5.3.1	<i>Resultados – segunda etapa: Aplicação das técnicas de PR e PD para estimação da demanda de gás natural .....</i>	92
5.3.1.1	<i>As demandas estimadas (potencias) para o setor industrial da RMC ...</i>	95
5.3.2	<i>Resultados – viabilidade econômica, definição do sistema troncal, definição do sistema de distribuição local .....</i>	98
5.3.2.1	<i>Cenários de distribuição local de GNC iniciais: com e sem incentivo do governo.....</i>	98
5.3.2.2	<i>Aplicação da metodologia de viabilidade econômica para os cenários de distribuição local de GNC iniciais .....</i>	104
5.3.2.3	<i>Cenários de distribuição local de GNC com redução de 25% da capacidade inicial das UNIREGs .....</i>	107
5.3.3	<i>Resultados - Análise de Sensibilidade .....</i>	110
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>116</b>
6.1	Principais Conclusões do Estudo .....	116
6.2	Limitações do Estudo .....	117
6.3	Proposições para o Aprofundamento do Estudo .....	118
6.4	Considerações Finais .....	119
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>128</b>
	<b>APENDICE I – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA REVELADA</b>	<b>128</b>
	<b>APENDICE II – QUESTIONÁRIO DE PD .....</b>	<b>133</b>
	<b>APENDICE III - DEMANDA POTENCIAL POR CIDADADE E CATEGORIA .....</b>	<b>135</b>
	<b>APENDICE IV - MATRIZ DE DISTÂNCIAS ENTRE AS UNIREGS E CLIENTES (km) .....</b>	<b>137</b>
	<b>APENDICE V - MATRIZ DE CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE UNIREGS E CLIENTES (R\$) .....</b>	<b>139</b>

<b>APENDICE VI - RESULTADO DA MODELAGEM PLFC PARA OS CENÁRIOS INICIAS.....</b>	<b>141</b>
<b>APENDICE VII - FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO INICIAL SEM INCETIVO DO GOVERNO .....</b>	<b>147</b>
<b>APENDICE VIII - FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO INICIAL COM INCETIVO DO GOVERNO .....</b>	<b>149</b>
<b>APENDICE IX - RESULTADO DA MODELAGEM DO PLFC PARA OS CENÁRIOS COM REDUÇÃO DE CAPACIDADE .</b>	<b>151</b>
<b>APENDICE X - FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO COM REDUÇÃO DA CAPAIDADE DE REGASEIFICAÇÃO SEM INCETIVO DO GOVERNO .....</b>	<b>157</b>
<b>APENDICE XI - FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO COM REDUÇÃO DA CAPAIDADE DE REGASEIFICAÇÃO COM INCETIVO DO GOVERNO .....</b>	<b>159</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este Capítulo está dividido em cinco seções. Na primeira seção, tecem-se considerações gerais acerca da importância para o desenvolvimento de investimentos em infraestrutura de distribuição de gás. Na segunda seção, são apresentados o problema e a hipótese de pesquisa bem como a relevância do tema abordado. Na terceira seção, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho. Na quarta seção, reporta-se sucintamente a abordagem metodológica utilizada no presente trabalho. Por fim, na quinta seção, é explicitada a estrutura da Dissertação, descrevendo-se os conteúdos de seus capítulos.

### 1.1 Considerações iniciais.

Em termos mais abrangentes, o desenvolvimento econômico deve buscar tanto o aumento da atividade econômica quanto o bem-estar da população. Dentre os muitos fatores que impulsionam este desenvolvimento ressalte-se a relevância da infraestrutura, pois ela permite a sustentação e a dinamização das atividades de produção vinculando produtores aos mercados. Pelo termo *infraestrutura* entenda-se: energia, água e saneamento, sistema de telecomunicações, modais de transporte, centros de distribuição e centros de capacitação.

O investimento em infraestruturas possibilita mudanças de panorama em regiões que não são favorecidas economicamente. Assim, a ampliação do acesso a fontes de energia faz com que uma região, ora em atividades primárias de subsistência e desprovidas do conforto oriundo da disponibilidade das facilidades energéticas, se torne apta a atrair as outras infraestruturas indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento regional.

O investimento em modais de transporte induz o fluxo regional, facilita a distribuição de cargas, desafoga o transporte rodoviário e viabiliza a conexão entre regiões. A disponibilidade de energéticos assegurará o desenvolvimento econômico local, permitindo maior equidade na distribuição da renda e diminuição da pobreza e, dependendo da fonte disponível, pode não causar demasiada agressão ao meio ambiente.

Conforme Campos Neto e Ferreira (2010), a melhoria da infraestrutura energética pode aumentar a capacidade de produção das empresas e ampliar a capacidade de planejamento de longo prazo, além de possibilitar a redução nos gastos com energia e combustíveis pela adoção de recursos mais eficientes ou baratos.

Para os consumidores dos serviços energéticos, o que realmente importa são a utilidade e a satisfação derivadas dos serviços e o preço pago aos fornecedores de energia para obtê-los. Goldemberg e Moreira (2005) defendem que a estratégia energética precisa considerar não apenas a quantidade de energia a ser disponibilizada para a localidade, mas também em que região ela é mais prioritária e de que forma pode ser acessível aos menos favorecidos.

Diante disso, é plausível a relação entre investimento em infraestruturas, desenvolvimento regional e competitividade de um país. No caso brasileiro sempre houve má distribuição nos investimentos em infraestruturas; estes sempre foram discriminadamente pontuais, muitas vezes agravando as desigualdades, a concentração de riqueza e o maior desenvolvimento estrutural ao sul do território brasileiro e ao leste, nas localidades costeiras do país.

A inadequada distribuição de investimentos no território brasileiro pode ser observada pela localização das ferrovias brasileiras. Conforme Pompermayer *et al* (2011), esta localização acompanha a distribuição dos fluxos econômicos, isto é, liga os centros economicamente dinâmicos do país às suas portas de entrada e saída, em especial os portos, ficando evidente que grande parte da malha ferroviária do Brasil está concentrada nas regiões sul e sudeste com predominância para o transporte de cargas.

Para Campos Neto e Ferreira (2010), a decisão de localização dos investimentos leva em consideração os menores custos de transporte e distribuição, priorizando-se regiões que permitam abastecer seus mercados com rapidez e eficiência, e demonstrando o impacto da infraestrutura sobre a concentração regional da produção.

Este cenário não é diferente para os investimentos em recursos energéticos, mais precisamente em gás natural, foco do presente estudo, uma vez que existe concentração dos investimentos nas áreas mais populosas e industrializadas do país, onde se localiza a malha principal de gasodutos, ressaltando-se as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), conforme mostra a Figura 1.1.

Figura 1.1 – Gasodutos do Brasil - Ano Base 2012.



Fonte: ABEGÁS. Disponível em [http://www.abegas.org.br/Site/?page\\_id=842](http://www.abegas.org.br/Site/?page_id=842). Acesso em agosto de 2013.

Porém, nos últimos anos, foram constatadas mudanças nos quadros de distribuição de renda e de desenvolvimento regional brasileiro, muito em decorrência de programas sociais focados em distribuição de renda - como o Bolsa Família, ampliado pelo Governo Federal em meados 2003, além do desempenho macroeconômico do Brasil, que enfrentou sem grandes abalos a crise econômica que atinge o Mundo desde 2008, fato que tem credenciado positivamente o país frente aos investidores globais; também, ressalte-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado em 2007 e que hoje já se encontra no final de sua segunda fase.

Recentemente, em 2012, foi implantado o Programa de Investimentos em Logística, prevendo recursos de R\$ 133 bilhões em construção de rodovias e ferrovias federais, com o objetivo de diminuir o *déficit* de infraestruturas de transporte e reduzir o *custo Brasil*, tornando o país mais competitivo (ANUÁRIO DE LOGÍSTICA NO BRASIL 2012/13, 2012).

Por outro lado, hoje já existem polos urbanos em grande desenvolvimento fora das tradicionais regiões metropolitanas banhadas pelo oceano atlântico, a exemplo da

microrregião do sul do Estado do Ceará - o CRAJUBAR, formado pelos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

Logo, não existem meios que facilitem o acesso desses novos polos de desenvolvimento econômico às fontes energéticas menos tradicionais no Brasil, como o gás natural, fazendo-se necessária a realização de investimentos de melhoria de infraestrutura que garantam a democratização ao acesso e a universalização do uso daquele energético. As perspectivas quanto à oferta de gás natural são animadoras para os próximos anos, considerando as reservas descobertas no país (ver item 2.3 desta Dissertação), o que torna a universalização de sua distribuição aos consumidores uma janela de oportunidade na economia nacional.

## **1.2 Problema e hipótese de pesquisa**

A indústria do gás natural no Brasil expõe índices significativos de crescimento, apresentando-se este insumo, hodiernamente, como uma importante alternativa energética. Desde 2008, a Petrobrás opera terminais de Gás Natural Liquefeito (GNL) no Porto do Pecém/CE e na baía da Guanabara/RJ. Estes terminais são navios-tanques criogênicos que armazenam GNL e têm capacidade de regaseificação de 7,0 milhões de m<sup>3</sup>/dia (Pecém) e de 14,0 milhões de m<sup>3</sup>/dia (Rio de Janeiro).

A importância do GNL dentro da cadeia do gás no âmbito global, como opção de insumo energético, deu-se por conta dos modernos processos de liquefação, dentre estes o de *base-load*, que permitiu a liquefação do insumo em grande volume, além de permitir o transporte por meio de navios metaneiros.

De acordo com Vaz *et al* (2008), a alternativa de transporte de gás liquefeito por navios destaca-se globalmente devido ao crescimento da oferta e demanda mundiais pelo energético, o que encurtou a distância entre as áreas de produção e de consumo, bem como pelos avanços tecnológicos que proporcionaram a redução do custo de capital e de operação dos terminais.

O navio-tanque de GNL do Porto do Pecém atende prioritariamente às demandas de duas termelétricas: TermoCeará e TermoFortaleza, ambas localizadas no Complexo Industrial-Portuário do Pecém, no Município de Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza. No entanto, segundo a CEGÁS (2010), há *superavit* na oferta equivalente a 4,0 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás, cuja dificuldade de utilização em outros setores se dá pela

prioridade contratual de atendimento detida pelas termelétricas. No entanto, a perspectiva de crescimento da oferta a partir do sudeste do país, via gasoduto Nordeste, abre espaço para a quebra desta restrição.

Nesse contexto, é importante analisar estruturas que permitam o transporte e a distribuição eficiente do gás natural. Conforme Ballou (2006), o transporte eficiente pode mudar a estrutura econômica de uma determinada região, pois: a) incentiva a concorrência, disponibilizando produtos a preços competitivos em mercados distantes de sua procedência; b) aumenta a economia de escala, incrementando o volume de distribuição nas regiões atendidas; c) viabiliza pontos de instalação de produção onde quer que existam vantagens geográficas; e d) diminui o preço total do produto. Isto ocorre porque a atividade transporte é um importante componente dentre os que formam o custo de produção de bens e serviços.

No que tange ao desempenho dos sistemas de distribuição, deve-se considerar a relação entre a capacidade de atendimento aos consumidores e os custos envolvidos neste processo de abastecimento. Assim, pressupõe-se que a melhor alternativa de transporte e distribuição de gás direto às regiões ainda não atendidas pelo insumo dar-se-á por meio de gasodutos virtuais (GSV). Neste sentido, como reforça Praça (2003), os gasodutos virtuais são aplicados aonde se almeja garantir a acessibilidade ao gás natural, mas inexistente rede de distribuição dutoviária.

O GSV possibilita flexibilidade para a decisão de localização geográfica das indústrias, permitindo-as usufruir das vantagens do georeferenciamento, no sentido de obter a melhor relação custo/benefício (PANAM, 2004).

O gasoduto virtual pode ser visto como ferramenta estratégica para disponibilizar o gás para regiões não atendidas, constituindo estratégia de indução de mercado, e permite que, quando a rede de gasodutos for instalada, os equipamentos do GSV possam ser utilizados em outras regiões, para refazer o mesmo processo de geração de demanda.

O sistema de distribuição secundária baseado no GSV possibilita o transporte de gás natural por meio de equipamentos como carretas e módulos acoplados a plataformas móveis, onde este gás apresenta-se de forma comprimida (em cilindros) ou em forma líquida (tanques criogênicos) que são transportados por caminhões, por balsas ou por ferrovias (PANAM, 2004).

Considerando que a atual expansão da oferta de gás natural no Brasil tem ocorrido por meio de atendimento a pequenos e médios consumidores (média escala), exige-se a utilização de distribuição secundária (gasoduto virtual) indutora de mercado. Neste contexto,

os segmentos industrial e automotivo qualificam-se como usuários potenciais e formadores de demanda por gás, por exemplo, no interior do Estado do Ceará. No interior deste Estado encontram-se importantes polos de desenvolvimento, como a microrregião do CRAJUBAR, já citada. No corredor RMF-CRAJUBAR, os segmentos industriais mais significativos - do ponto de vista da demanda por gás - são o cimenteiro, o calçadista, o ceramista e o de alimentos, todos apresentando processos produtivos que podem usar o gás como insumo energético.

No Estado do Ceará, as vantagens comparativas do uso do gás natural nas indústrias, relativas a outros energéticos, vão além do aumento da eficiência energética e da diminuição dos custos de operação e manutenção. Um fator relevante é a diminuição do impacto ambiental, devido ao fato de que o gás natural é uma fonte de energia mais limpa que a lenha ou derivados do petróleo, hoje amplamente utilizados no Estado, o que evita contribuições deletérias aos ecossistemas terrestres e contribui para mitigar o impacto negativo dos energéticos na qualidade de vida do ser humano.

### *1.2.1. Definição do problema da pesquisa*

Como será visto neste trabalho, o aumento na produção de gás natural para os próximos anos no Brasil é uma realidade. Portanto, há necessidade de investimentos em infraestrutura capazes de garantir a indução de mercados com base na disponibilização do transporte e na distribuição deste energético. Feito eficientemente, isto garantirá a universalização do uso do gás e a democratização ao seu acesso, além de contribuir para o desenvolvimento econômico regional.

Portanto, será necessário verificar a viabilidade técnica, econômica e logística da distribuição do gás em vários cenários, buscando alternativas que mais se adequem às potenciais regiões consumidoras, com suas diversidades econômicas e geográficas. Com base no que foi apresentado, levanta-se o seguinte questionamento: No que deve ser baseado a metodologia para avaliar a distribuição de gás natural e como se pode desenvolvê-la ou aperfeiçoá-la com vistas a garantir o suprimento adequado do gás natural para áreas apartadas dos grandes centros tradicionalmente desenvolvidos, sem cobertura de rede de gasodutos?

### *1.2.2 Hipótese de pesquisa*

É possível avaliar a viabilidade da distribuição secundária do gás natural a partir de terminais costeiros para regiões remotas não atingidas por gasodutos utilizando técnicas de análise de demanda e uma análise de sensibilidade com algumas variáveis-chaves.

## **1.3 Objetivos da dissertação**

### *1.3.1. Objetivo Geral*

O objetivo geral do trabalho foi elaborar uma metodologia de determinação da viabilidade da distribuição secundária do gás natural para regiões não atendidas por gasodutos, instrumentada pelo uso de técnica de previsão de demanda, de otimização e de planilha eletrônica, com base em aspectos técnicos, logísticos e econômicos para suporte à tomada de decisão na escolha de alternativas de distribuição local em uma área de estudo. O caso de aplicação de tal metodologia considera a formação de custos e a previsão de demanda por gás natural na região do CRAJUBAR, situada no corredor sul do Estado do Ceará.

### *1.3.2. Objetivos Específicos*

Como compartimentação do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- i) Caracterizar o estado da arte do gás natural (mercado, produção, consumo) no Mundo, Brasil e Ceará;
- ii) Apresentar a demanda de gás natural na região do CRAJUBAR (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha) e definir o sistema supridor para a região a partir do terminal de GNL localizado no Porto do Pecém;
- iii) Definir cenários (modelo e estratégia) de distribuição secundária local de gás natural para área de estudo;
- iv) Realizar análise de sensibilidade para os cenários de distribuição definidos; e
- v) Desenvolver metodologia para determinação da viabilidade técnica, econômica e logística de cenários (alternativas) de distribuição secundária do gás natural na área de estudo, utilizando métodos convencionais de avaliação econômica de projetos.

## 1.4 Metodologia

A metodologia utilizada na Dissertação teve caráter descritivo, com o objetivo de agregar e tratar as informações para fins de análise e, com isso, identificar alternativas de transporte e distribuição viáveis de gás natural, bem como avaliar sua distribuição secundária na região do CRAJUBAR, no extremo sul do Estado do Ceará. A natureza da pesquisa, é pesquisa aplicada. A abordagem da pesquisa é qualitativa-quantitativa. Quanto ao meio, a pesquisa enquadra-se como estudo de caso. Os procedimentos técnicos utilizados foram: questionário, observação, entrevista e pesquisa biobibliográfica.

Para isto, construiu-se um modelo conceitual e sequencial de seis etapas, envolvendo a aplicação de técnicas de modelagem de escolha discreta com dados conjuntos de preferência revelada e declarada, a técnica do Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC) e os métodos convencionais de avaliação econômica de projetos.

Utilizou-se um estudo de caso com o fim de testar a metodologia e avaliar alternativas para a distribuição secundária de gás natural na região supracitada. De acordo com Gil (1991), o estudo de caso é caracterizado como um estudo profundo e exaustivo de objetos, que permite o seu amplo detalhamento e conhecimento, e cuja vantagem é a sua flexibilidade exploratória.

No Estudo foram trabalhados dados coletados no projeto de pesquisa intitulado *Previsão de Demanda e Análise de Oferta do Gás Natural: Estudo do Caso do Corredor Nordeste-Sul do Estado do Ceará - Projeto GNPREV*, desenvolvido no âmbito da Rede Cooperativa de Pesquisa Norte-Nordeste de Gás Natural (RECOGÁS), e que teve como um de seus objetivos identificar o potencial de consumo de gás natural nos corredores Nordeste e Sul do Estado do Ceará (GLEN/UFC, 2013).

## 1.5 Estrutura da dissertação

Além deste capítulo de introdução, a Dissertação está estruturada como segue.

O Capítulo 2 apresenta o histórico e a evolução na indústria do gás natural, envolvendo a sua produção, consumo e comercialização tanto no âmbito global quanto na esfera nacional. Também expõe estruturas de distribuição e transporte de gás.

O Capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica das principais técnicas usadas nesta Dissertação, a saber: modelagem de escolha discreta utilizando dados conjuntos de preferência declarada e revelada; modelagem de localização de usinas de regaseificação com foco no PLFC; e métodos convencionais de análise de viabilidade econômica (Fluxo de Caixa, VPL, TIR, *Payback*).

O Capítulo 4 expõe a abordagem metodológica utilizada na Dissertação, definindo-a quanto ao ambiente de trabalho, natureza, tipo, universo, bem como explicitando as etapas da pesquisa, o período da pesquisa de campo e a base de dados.

O Capítulo 5 apresenta a aplicação da metodologia na região do CRAJUBAR, a caracterização socioeconômica desta região, os pontos de demandas potenciais, os cenários envolvendo custos de distribuição e as receitas geradas, além da análise dos resultados da pesquisa, do ponto de vista da viabilidade logística e econômica das alternativas consideradas.

Finalmente, o Capítulo 6 expõe as principais conclusões, as limitações da pesquisa que embasou a Dissertação e as sugestões para o seu aprofundamento.

## **2 - GÁS NATURAL: ESTADO DA ARTE**

Este capítulo apresenta o estado da arte da distribuição secundária do gás natural, discorrendo sobre a composição química deste energético, as vantagens no seu uso, características de produção, reservas, consumo e preço, tanto em nível nacional quanto globalmente. Expõe, ainda, sobre a distribuição secundária de gás natural, seja em estado comprimido ou liquefeito, e como a tecnologia de transporte de gás no estado liquefeito favorece a cadeia de distribuição em todo mundo.

### **2.1 Informações gerais sobre o gás natural**

O gás natural é um combustível fóssil limpo que apresenta características que favorecem uma maior durabilidade dos equipamentos, os quais tem reduzidos os impactos ambientais decorrentes de sua operação (PETROBRAS, 2011). Logo, o gás é considerado como uma fonte de energia nobre de baixa emissão de poluentes com queima quase total.

De acordo com ANP (2011), a Lei Federal Nº 11.909, de 4 de março 2009, o gás natural é “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gaseíferos, cuja composição poderá conter gases úmidos, secos e residuais”.

Santos (2002) salienta que o gás natural é uma composição de hidrocarbonetos leves que permanecem no estado gasoso em condições normais de pressão e temperatura. A composição do gás pode variar dependendo do campo de onde for extraído, devido à matéria prima ou tipo de matéria orgânica que o originou; entretanto, ele compõe-se, especialmente, de metano, etano, propano e outras pequenas porções de hidrocarbonetos.

Segundo Praça (2003), o gás natural apresenta vários benefícios em relação aos demais combustíveis, principalmente no que se refere ao meio ambiente. O gás é um produto com presença mínima de contaminantes. Em processos de queima, gera baixo teor de óxido de enxofre, o que o torna livre da produção de particulados, tais como cinza e fuligem, caso que não ocorre com os demais combustíveis.

Já para a COMGAS (2012), o gás natural é uma fonte de energia segura, versátil e econômica. Ele é utilizado em diferentes segmentos industriais. Aplicado no mercado industrial, proporciona mais segurança e eficiência com produtos de melhor qualidade e abastecimento contínuo, além de diminuir o custo operacional da indústria, evitando gastos com manutenção, limpeza e compra de equipamentos antipoluição como filtros, lavadores de gás.

Na indústria, o uso do gás natural pode ocorrer em diferentes ramos de atividades, entre muitos setores. Os que mais se destacam são os setores de alimentos e bebidas, têxtil, cimento, cerâmicas, vidro, papel/celulose, fundição e siderurgia. Nestas plantas industriais, o gás é utilizado principalmente na geração de vapor para posterior processamento, aliado a sistemas de geração elétrica e cogeração (PRAÇA, 2003).

## **2.2 Cenário internacional do gás natural.**

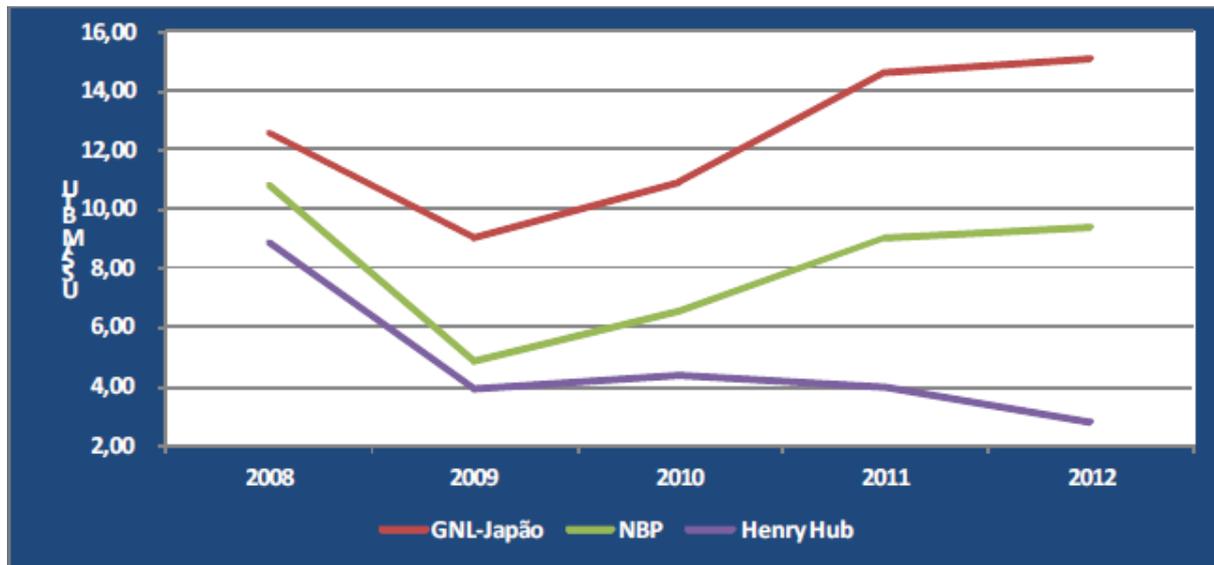
Atualmente, o gás natural apresenta excesso de oferta no mercado internacional. Segundo o *BP Statistical Review of World Energy* (2012), em 2011, a produção global de gás cresceu 3.1% e seu consumo apenas 2,2%. Este cenário deve-se às descobertas recentes de grandes reservas deste insumo energético, inclusive na América do Sul, e ao desenvolvimento de novas tecnologias de exploração - como a de fraturamento hidráulico, desenvolvida nos Estados Unidos e voltada para a produção do gás de xisto betuminoso (*shale gas*); por outro lado, houve um aumento da demanda por GNL por parte de alguns países asiáticos (Japão e Coreia do Sul) e do crescimento econômico da China.

Um dos fatos relevantes no cenário internacional do gás natural é a diferença entre os seus preços de comercialização em diferentes mercados; essa diferenciação é decorrente do fato de que o mercado deste energético não é (ainda) global e a indústria do gás tem características regionais, sendo seus principais mercados regionais o norte-americano, o europeu e o asiático.

No mercado norte-americano, as informações referentes ao preço do gás natural tem como referência o ponto de comercialização de gás denominado *Henry Hub* e localizado no Estado da Louisiana; este é o maior ponto de comercialização de gás do mundo, conecta 12 gasodutos e tem acesso a três reservatórios de estocagem. No mercado europeu, a referência de precificação do gás é dada pela NBP (*National Balancing Point*), da Inglaterra. Refere-se a um ponto virtual da rede de transporte, onde são realizados os contratos e as transações para injeção e remoção de gás natural no continente. Já no mercado asiático, a referência para comercialização são as transações por GNL realizadas pelo Japão (BOLETIM ANUAL DE PREÇO, 2012).

A evolução dos preços nestes importantes mercados regionais pode ser observada na FIGURA 2.1, a seguir

FIGURA 2.1– Evolução dos preços médios na comercialização da indústria do GN.



Fonte: Agência Nacional do Petróleo (2013). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=59757>

Em 2012, como visto na FIGURA 2.1, o preço médio do gás no mercado americano foi de U\$\$ 2,79/MBTU, o menor dentre os preços regionais apresentados, o maior preço de comercialização é o do mercado asiático que foi US\$ 15,12/MBTU.

De acordo com ANP (2013), a redução do preço médio do gás nos EUA está ligada a alguns fatores, a saber: i) o aumento dos estoques de gás; ii) a existência de infraestrutura de transporte de gás (isto é relevante, pois diminui o custo do transporte, muito oneroso na cadeia do gás natural); iii) a existência de um mercado consumidor consolidado; eiv) a desburocratização no que tange aos aspectos ambientais e de acesso às reservas produtivas. A combinação entre preço acessível e oferta abundante de gás natural no mercado norte-americano aumenta a possibilidade dos EUA exportarem o energético para as demais regiões do Mundo, na forma de gás natural liquefeito.

Segundo ANP (2013), a elevação nos preços do gás no mercado asiático desde 2010, pode ser atribuído ao significativo crescimento na demanda japonesa por GNL; atualmente, o país é o que mais importa GNL no mundo, após o acidente ocorrido nas plantas de geração de energia nuclear de Fukushima, no leste do Japão, por conta do forte terremoto e do imediato Tsunami que atingiram o país em março de 2011.

No futuro, à medida que o comércio do gás natural liquefeito se tornar mais flexível e as cláusulas contratuais evoluírem, as interações de preços entre mercados regionais

do gás deverão intensificar-se, o que significa que as mudanças ocorridas em uma parte do mundo serão sentidas mais rapidamente em outras partes IEA (2012).

### *2.2.1 Oferta Mundial de Gás Natural*

A oferta energética primária mundial, em 2010, foi de 12.717 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, um crescimento de, aproximadamente, 108% comparado ao ano de 1973, quando este valor era de 6.107 milhões de toneladas equivalente de petróleo, segundo o *Key World Energy Statistics 2013*, publicado pela *International Energy Agency* (IEA). Os GRÁFICOS 2.1 e 2.2 apresentam os valores percentuais referentes ao tipo de energia ofertada nestes respectivos anos.

Verifica-se um acréscimo percentual da disponibilidade energética de gás natural, ao final de 39 anos, de 5,3%, um valor significativo, comparado ao crescimento de 4,2% do carvão, e diminuição relativa de 14,6% da oferta do petróleo, neste mesmo período. O declínio considerável da participação do petróleo e o aumento incipiente na do carvão, naquele intervalo, indicam uma evolução no sentido da independência do petróleo e um aumento substancial do uso de fontes energéticas alternativas e limpas. Já o aumento do consumo de carvão como fonte energética tem sido impulsionado pela indústria chinesa que é a maior produtora, consumidora e exportadora deste energético.

Segundo ANP (2012), as reservas provadas de gás natural, em 2011, foram de 208,4 trilhões m<sup>3</sup>. Ainda, conforme ANP (2012), verifica-se um crescimento de 6,3% em comparação com ano de 2010, já que neste ano o total de reservas provadas foi de 196,13 trilhões de m<sup>3</sup> de gás natural. O GRÁFICO 2.3 mostra os valores percentuais referentes a cada região global.

Gráfico 2.1 – Oferta de Energia Primária (1973)

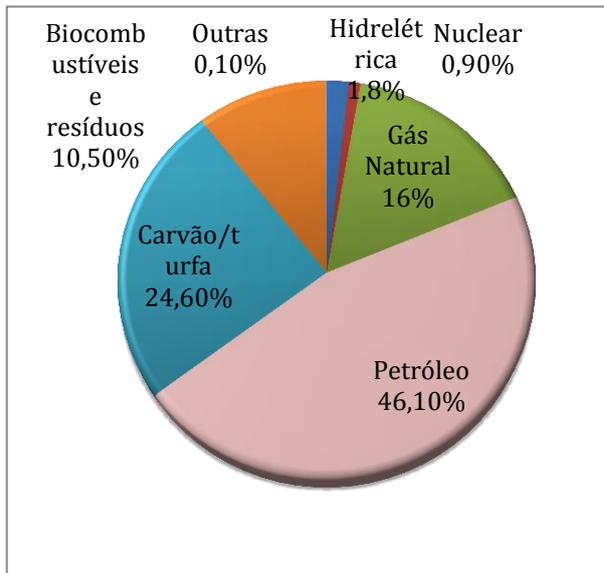
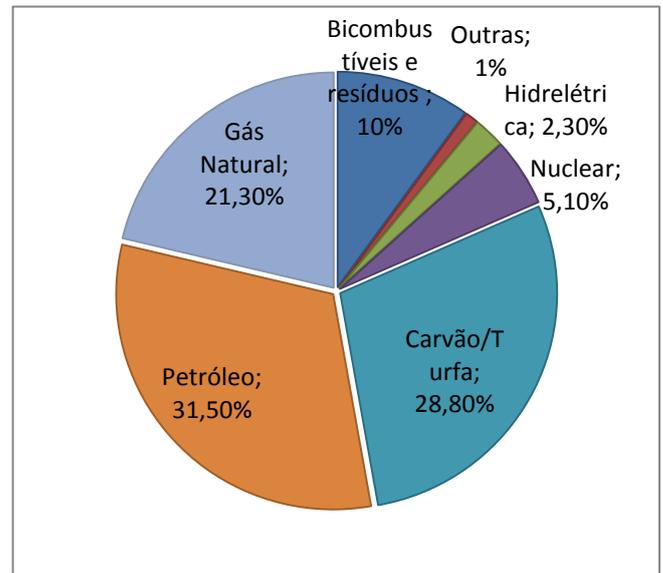


Gráfico 2.2 – Oferta de Energia Primária (2012)

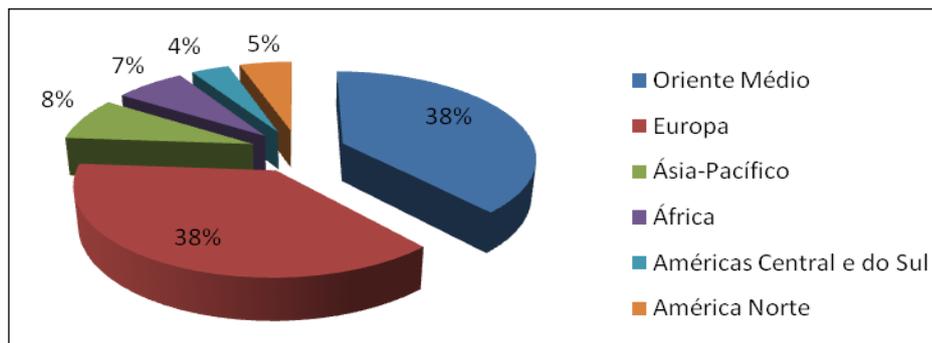


\*Outras = geotérmica, solar, eólica, biomassa etc.

Fonte: IEA – Key World Energy Statistics, 2013.

As mais robustas reservas de gás natural localizam-se no hemisfério norte, e é na Federação Russa onde existem as maiores concentrações de gás, as quais somam um total de 44,6 trilhões de m<sup>3</sup> de gás, ou seja, 21,4% de todas as reservas mundiais. Destacam-se, ainda, neste *ranking*, países como o Irã e o Qatar, que, juntos, representam 58,1 trilhões de m<sup>3</sup>, cerca de 28% das reservas mundiais (*BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY*, 2012).

Gráfico 2.3 – Reservas provadas de Gás Natural em 2011 por região (%)



Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60983>> . Acesso em: 15 de março de 2013.

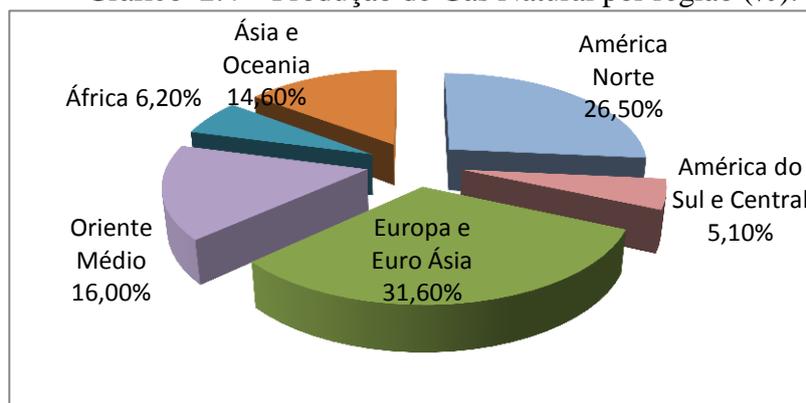
### 2.2.2 Produção Mundial de Gás Natural

No que tange à produção de gás natural no Mundo, ocorreu uma expansão da oferta do energético. A produção, em 2011, chegou a um total de 3.276,2 bilhões de m<sup>3</sup> (*BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY*, 2012).

No GRÁFICO 2.4, pode-se observar que as regiões maiores produtoras de gás são a América Norte (26,5%) e a Europa/Euro Ásia (31,6%). Em 2011, a Federação Russa e os EUA são os maiores produtores de gás natural, sendo conjuntamente responsáveis por uma produção de 1.258,3 bilhões de m<sup>3</sup>. Ainda, conforme *BP Statistical Review of World Energy* (2012), dos 26,5 % da América do Norte, 20% são referentes aos EUA, cuja produção em 2011 cresceu 7,7% em relação ao ano de 2010, tendo sido a produção que mais contribuiu com o aumento da oferta mundial de gás.

O aumento da produção norte americana se deve à produção e exploração de gás não-convencional – o gás xisto (*shale gas*). Segundo Maia Junior (2012), adicionado ao desenvolvimento na tecnologia de exploração do gás de rochas de xisto, nos EUA, houve uma pulverização na cadeia do gás; atualmente, as cerca de 600 empresas especializadas na produção e exploração do gás xisto, juntamente com a abundância de suas reservas, garantirão o fornecimento do energético por um século. O reflexo deste cenário americano já pode ser observado coma diminuição do preço do gás e o ganho de competitividade da economia americana.

Gráfico 2.4 – Produção de Gás Natural por região (%).



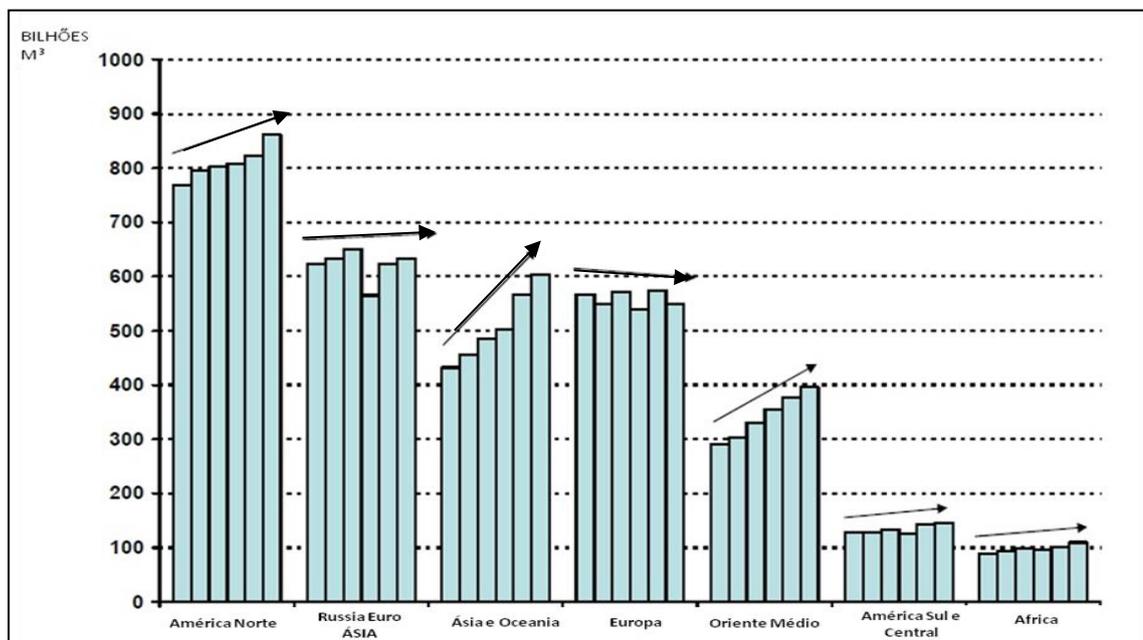
Fonte: Adaptado do *BP Statistical Review of World Energy* 2012. Disponível em: <[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2013.

### 2.2.3 Consumo Mundial de Gás Natural

O consumo de gás natural cresce moderadamente desde 2001, a uma taxa anual média de 2,79%, conforme o World Energy Outlook (2012). O consumo mundial de gás natural, em 2011, foi de 3.222,9 bilhões de m<sup>3</sup>, um crescimento de 2,2% em relação a 2010 (BP *Statistical Review of World Energy*, 2012). Existe dois aspectos a considerar neste consumo: i) a China é um importante consumidor mundial do energético, tendo seu consumo de gás crescido 21,5% em 2011; e, ii) a principal contribuição para o crescimento do consumo foi da América do Norte, mais precisamente dos EUA, com consumo de 690,1 bilhões de m<sup>3</sup>, em 2011. Este crescimento no consumo (ver Gráfico 2.5) foi impulsionado pelo baixo preço de comercialização do gás (CEDIGAZ & BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 2012).

O continente europeu, como pode ser visto no Gráfico 2.5, apresentou uma diminuição do consumo de gás de 9,9%. Este fato deve-se a uma economia fragilizada, às intempéries naturais (como ondas de calor no continente) e ao crescimento considerável em pesquisa e uso em geração de energia renovável.

Gráfico 2.5 – Consumo mundial de gás por região (2006-2011).



Fonte: Adaptado da Cedigaz (2012). Disponível em:

<[http://www.cedigaz.org/surveys/annual\\_surveys.html#reserves](http://www.cedigaz.org/surveys/annual_surveys.html#reserves)>. Acesso em: 23 fev. 2013

Nos GRÁFICOS 2.6 e 2.7, podem-se observar que, no decorrer das últimas quatro décadas, o consumo de gás natural mais que duplicou em todo o mundo. Essa elevação da demanda de gás, pode ser explicada, em parte, devido ao surgimento de novas tecnologias de produção e de distribuição do gás e, também, pela adoção de novas políticas/práticas ambientais e energéticas em diversos países. Nesse contexto, vale destacar que as diretrizes tomadas nos acordos e políticas internacionais de redução da poluição e emissão de partículas de carbono bem como os avanços tecnológicos verificados na produção de eletricidade contribuíram, sobremaneira, para a substituição de combustíveis mais poluentes pelo gás natural.

Gráfico 2.6- Consumo de GN por setor  
1973

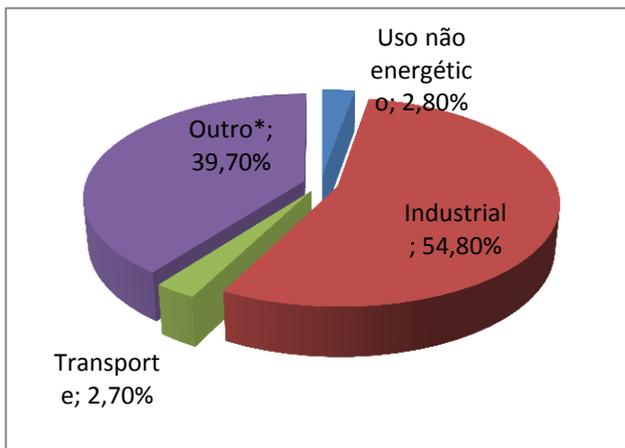
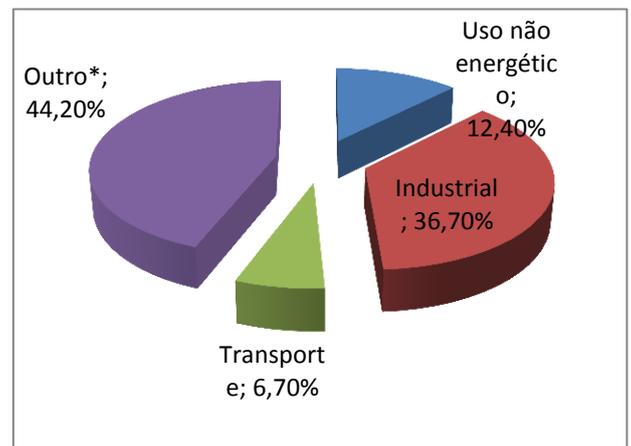


Gráfico 2.7 - Consumo de GN por setor  
2011



\*Inclui o uso do gás na agricultura, serviços públicos (hospitais/escolas), comerciais e residenciais, e outros  
Fonte: Key World Energy STATISTICAL, 2012

Além disso, o uso industrial do gás, antes responsável pela maior parcela de consumo de gás no mundo, sofreu uma redução de cerca de 18.1% (gráficos 2.6 e 2.7); tal redução pode ser atribuída, entre outros aspectos, ao aumento do consumo de outras fontes energéticas e a fatores mercadológicos, como problemas ligados à distribuição do gás até as indústrias, falta de competitividade do gás frente a outros combustíveis, saturação de mercados etc.;

### 2.3 Histórico e cenário atual da exploração e consumo do gás natural no Brasil

A primeira descoberta de gás natural no Brasil foi em 1940, no Estado da Bahia; porém, a exploração de gás na área só foi iniciada em 1954, com uma produção diária de 174 mil m<sup>3</sup>, conforme Fioreze *et. al* (2013). Os primeiros passos para a disseminação do uso do gás natural no Brasil foi em 1987, com o Programa Nacional do Gás Natural. Este programa operava com restrições de oferta de gás, buscando definir usos prioritários do energético no Brasil, compondo os mercados em que o gás agregaria maior valor, bem como pretendia fortalecer a oferta energética.

A oferta e o uso do gás natural no país tornaram-se significativos no final da década de 90, a partir da importação de gás via gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL), com capacidade aproximada de transporte de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia e que tem uma extensão de 3.150 km, sendo 2.583 km em território brasileiro; em suas extremidades estão a cidade de Santa Cruz de La Sierra (Bolívia) e Porto Alegre (RS/Brasil), Ressalta-se, também, o aumento da produção de gás associado na bacia de Campos, no Rio de Janeiro (COSTAMILAN, 2011).

Em 1999, pelo decreto nº 3.371/2000, foi criado o *Plano Prioritário de Termoeletricidade* (PPT) o qual teve como objetivo fomentar o consumo de gás natural no Brasil promovendo uma alternativa à geração de energia elétrica por via hídrica, estimulando a construção de usinas termoeletricas. Porém, o PPT não vingou, naquele momento, por motivos econômicos e de viabilidade, já que o Real passava por uma crise econômica muito forte com desvalorização frente a outras moedas; por conseguinte, o valor do gás importado da Bolívia elevou-se e o custo dos equipamentos para utilização desse tipo de energia também aumentou.

Com o *Programa de Racionamento de Energia Elétrica*, em 2001, houve uma diminuição da disponibilização de energia elétrica; em resposta à crise de oferta de eletricidade, a opção termelétrica a gás passou a ser decisiva. Em 2003, com o insucesso do PPT, a PETROBRAS, com o apoio dos governos federal e estaduais, anunciou o *Programa de Massificação do Uso do Gás Natural*. Este programa tinha como objetivo maximizar a utilização do GASBOL; para tanto, foram oferecidos incentivos fiscais a potenciais clientes bem como a garantia de que o preço do gás manter-se-ia competitivo entre os anos de 2003 a 2005. Este programa mostrou-se eficiente graças ao aumento no consumo de gás industrial e automotivo (PACHECO, 2008).

A oferta externa de gás natural no Brasil sofreu um impacto no ano de 2006, com a ameaça de nacionalização da indústria petroquímica na Bolívia; diante desta ameaça, o governo brasileiro intensificou esforços para a autossuficiência, fazendo o país voltar a investir no gás natural em busca da independência externa. Em 2007, o gás natural ganhou novamente notoriedade com lançamento do *Programa de Aceleração do Crescimento* (PAC). Tendo como objetivo acelerar o ritmo da economia, combinando aumento da geração de emprego com a distribuição de renda, este Programa contemplou o *Projeto de Malhas* e o *Plano de Antecipação da Produção de Gás Natural* (PLANGÁS), da PETROBRAS, com vistas ao acréscimo de dutos e ao aumento do volume da capacidade de escoamento.

Recentemente, em função da iniciativa do PAC, foi implantado e consolidado o GASENE, que conecta o gás do Sudeste à Bahia, com um investimento de R\$ 7,2 bilhões (GLOBO, 2011). Este gasoduto tem 1.387 quilômetros de extensão e sua capacidade de transporte é de 20 milhões m<sup>3</sup>/dia de gás natural; além de ter a função de integrar as malhas de transporte do energético das regiões Sudeste e Nordeste, o GASENE fortalece a malha nacional de gasodutos, universalizando o acesso ao gás natural.

Ainda em 2007, a Petrobras descobriu imensas reservas de petróleo e gás natural na camada pré-sal, na bacia de Santos, sendo que essas descobertas representam a adição de 50% às reservas atuais (PETROBRAS, 2009).

Segundo o Plano de Negócio da Petrobras (2013), para os anos de 2011 a 2015, o investimento no setor de Gás & Energia chega à ordem de R\$ 13,2 bilhões de reais. O plano reporta, ainda, que os investimentos serão direcionados para assegurar a flexibilidade da comercialização do gás para os mercados termoelétricos e não-termoelétricos. Em outubro de 2013, a produção nacional de gás natural é de, aproximadamente, 64 milhões de m<sup>3</sup>/dia. A previsão da Petrobras é de elevar a produção para 98 milhões de m<sup>3</sup>/dia, em 2015, já com significativa participação do pré-sal, e para 178 milhões de m<sup>3</sup>/dia, em 2020.

Recentemente, foi votado e sancionado o marco regulatório do setor, que institui regras para possibilitar maior competitividade, atratividade e transparência ao setor. Este marco é conhecido com a Lei do Gás Natural ou Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009.

✓ Lei do Gás Natural

Apesar de ter sido sancionada no primeiro trimestre de 2009, a lei do gás só foi regulamentada em 03 de dezembro de 2010. Esta legislação discorre sobre uma série de atividades desempenhadas ao longo da cadeia brasileira do gás, a saber: transporte,

estocagem, processamento e comercialização do energético. Conforme MME (2011) e Câmara dos Deputados (2010), os principais desdobramentos alcançados pela nova lei são:

- Concedeu ao Ministério de Minas e Energia (MME) o papel de formulador de políticas para setor do gás natural, cabendo ao ministério estabelecer o regime de concessão, propor a construção ou ampliação dos gasodutos, fixar períodos de exclusividade para exploração, e, finalmente, ordenar o comitê de contingenciamento na ocorrência de possível falta do suprimento de gás natural;
- A Agencia Nacional de Petróleo (ANP) ficou encarregada de conduzir a chamada pública para contratação de capacidade de transporte no caso de construção ou ampliação de gasodutos, conforme diretrizes do MME, além de regulamentar os processos de licitação e minutas de resolução referentes à estocagem de gás natural;
- Instituiu o conceito de autoimportador, que se caracteriza como o agente autorizado para a importação de gás natural e que utiliza parte ou a totalidade do produto importado como matéria-prima ou combustível em suas instalações industriais; e
- Instituiu o conceito de autoprodutor, que se caracteriza como agente explorador e produtor de gás natural e que utiliza parte ou a totalidade de sua produção como matéria-prima ou combustível em suas instalações industriais.

Vale ressaltar, ainda, que a lei do gás deu a liberdade para os consumidores adquirirem o gás natural de qualquer um dos agentes, seja autoprodutor, autoimportador ou comercializador, desde que obedeça aos termos da legislação estadual aplicável. Este tipo de negociação está fora da competência da união e é regulamentado no âmbito de cada unidade da Federação.

A segunda da fase do PAC (2011-2015) expõe diretrizes para ampliar a infraestrutura de transporte de gás natural, assegurar a flexibilidade para o aproveitamento do gás produzido na camada pré-sal, priorizar a oferta de gás nacional para o mercado nacional, e diversificar e flexibilizar as fontes de suprimento (BRASIL, 2011). Como visto, o gás natural ganhou mais evidência e importância com o passar dos anos, dando notoriedade e relevância aos estudos ligados ao energético.

## **2.4 Distribuição secundária de gás natural**

A distribuição secundária de gás natural pode se dar com diferentes tecnologias (GNC, GNL e GNA) em diferentes modais de transporte (que não os gasodutos), compondo um sistema denominado usualmente de gasoduto virtual (GSV). Considerando que o GNA (gás natural adsorvido) ainda não é amplamente utilizado, discorrer-se-á sobre as tecnologias GSV que utilizam o GNC ou o GNL.

### *2.4.1 Gasodutos Virtuais*

O uso do gasoduto virtual (GSV) objetiva levar o gás natural aonde os gasodutos não chegam (BURANI, 2004). Aplicam-se gasodutos virtuais onde inexistem rede dutoviária de distribuição e se almeja garantir a acessibilidade ao gás natural (PRAÇA, 2003).

Empresas de diversos segmentos industriais necessitam localizar-se perto de um gasoduto, pois, muitas vezes, torna-se inviável investir em um longo ramal da rede de gasodutos; o mesmo acontece com localidades que apresentam potencial expressivo de consumo de gás, mas não podem aproveitar o energético, dado que estão demasiadamente longe dos gasodutos existentes.

No intuito de erradicar este problema do mercado do GN, foi desenvolvida a opção tecnológica do gasoduto virtual (GSV), que permite dispor do gás natural nas regiões não atendidas pelos grandes gasodutos (PANAM, 2004).

O GSV pode ser visto como uma ferramenta estratégica para expandir o mercado do gás, agregando clientes potenciais e permitindo que, quando a rede de gasodutos for instalada, os equipamentos que o compõem possam ser deslocados para outras regiões, para continuar o processo de captação de demanda.

O sistema GSV/GNC possibilita o transporte de gás natural por meio de equipamentos como carretas e módulos acoplados a plataformas móveis, onde este gás se apresenta de forma comprimida em cilindros que são transportados por caminhões, por balsas ou por ferrovias (PANAM, 2004).

Podem ser encontradas, no mercado de GSV, empresas com características específicas, com tipo de estrutura e tecnologia singulares, com capacidades de armazenamento e transporte diversas e com formas próprias de carregamento/descarregamento.

Neste ponto, é oportuno discorrer sobre o transporte de gás natural nos gasodutos virtuais em seus dois estados mais comuns: gasoso, de forma comprimida (GNC); e líquido, em processo criogênico (GNL).

#### 2.4.2 Distribuição com GSV/GNC

A distribuição com GNC pode ser viabilizada utilizando carretas, por rodovia, até o local de consumo, buscando antecipar e incrementar o uso do energético no mercado consumidor, com potencial de consumo, mas que não dispõe de rede de abastecimento (VAZ, 2008).

Conforme Vaz (2008), um dos aspectos críticos na alternativa GSV/GNC é a necessidade de compressor no momento da transferência do produto no posto de abastecimento; dependendo da operação, o gás pode permanecer residualmente no cilindro, o que gera ineficiências no processo de abastecimento.

Tratando-se de transporte de GNC, outro aspecto que merece a devida importância é a tecnologia que será usada no empreendimento. As tecnologias no transporte de GNC mais atrativas são a tecnologia FIBA, a tecnologia NEOGAS e a tecnologia GALILEO, esta última utilizando o sistema de armazenamento modular. A síntese das tecnologias está apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Características das tecnologias de GNC.

TECNOLOGIA DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICA				
	ORIGEM	FORMAS DE ARMAZENAMEN	FLEXIBILIDADE	PRESSÃO DE ARMAZENAME	CAPACIDADE ÚTIL DE
FIBA	USA	Cilindros	Ferroviário Rodoviário	e 165 bar	0,8
NEOGAS	USA	Cilindros e Tubolões	Ferroviário Rodoviário	e 250 bar	90 á 95 %
GALILEO	Argentina	MAT (Módulos de Armazenamento de Transporte)	Ferroviário Rodoviário	e 250 bar	90 á 95 %

Fonte: Perrut (2005).

Exemplos de aplicação do transporte de GNC são:

a) Projeto GNC de Campina Grande - o livro “Tecnologia da Indústria do Gás Natural” (Vaz, 2008) reporta uso de alternativa de transporte de GNC no *Projeto GNC na*

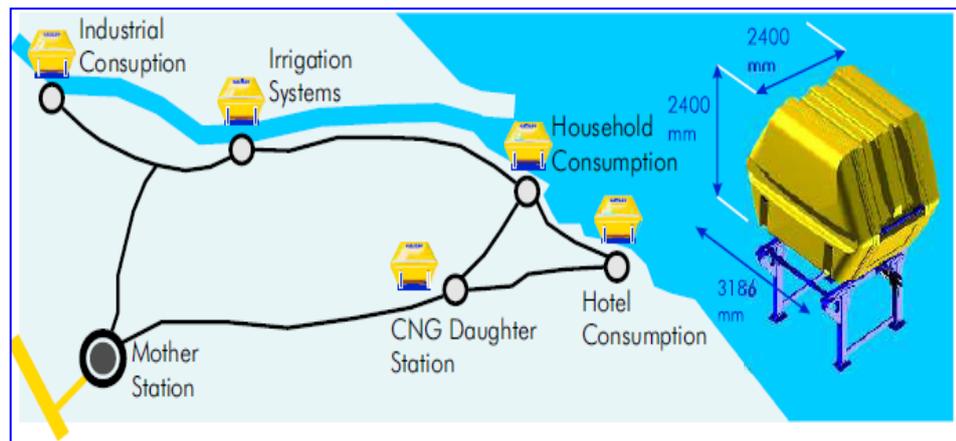
*cidade de Campina Grande (PB)*. Neste caso, o escoamento do GNC dá-se por meio de carretas, com capacidade unitária de 5.000 m<sup>3</sup>, que transportam o gás comprimido em cilindros, no percurso de 112 km entre João Pessoa e Campina Grande.

b) Gasoduto virtual GALILEO: o sistema denominado SIMT® (Sistema Modular de Transporte e Armazenamento), desenvolvido pela GALILEO- *Natural Gas Technologies*,

c) utiliza as mais avançadas tecnologias em compressão e descompressão de gás natural, com o desenvolvimento de um sistema modular de compressão, transporte e descompressão de GN. A alternativa do sistema GALILEO baseia-se em três modernas tecnologias desenvolvidas pela empresa argentina, a saber:

- Postos modulares de compressão de GNV Microbox®/Microskid®/Booster®;
- Estações reductoras de pressão modular; e
- Sistema modular de armazenamento MAT® (FIGURA 2.2) e transporte de gás natural ST®.

FIGURA 2.2 – Módulos de Armazenamento de Transporte (MAT®).



Fonte: GALILEO (2011).

O funcionamento do sistema GALILEO é simplificado: um *Microbox/Microskid* é posto próximo ao gasoduto, onde é conectado, logo estabelecendo uma unidade de compressão de GN que abastecerá os módulos de armazenamento (MAT), os quais tem capacidade de armazenamento de até 1500 m<sup>3</sup>. O transporte dos módulos é realizado por caminhões especialmente desenvolvidos para esse fim. Estes veículos possuem capacidade de transporte de quatro MAT's. Na localidade de destino, dependendo da finalidade (se industrial/domiciliar ou veicular) cada módulo é descarregado sobre plataforma que, por sua

vez, estão conectadas às linhas de distribuição e alimentação do cliente (GALILEO, 2011). A síntese do processo pode ser observada na FIGURA 2.3.

FIGURA 2.3- Funcionamento Sistema Modular de Transporte e Armazenamento



Fonte: TRANSGAS (2011).

#### 2.4.3 Distribuição com GNL

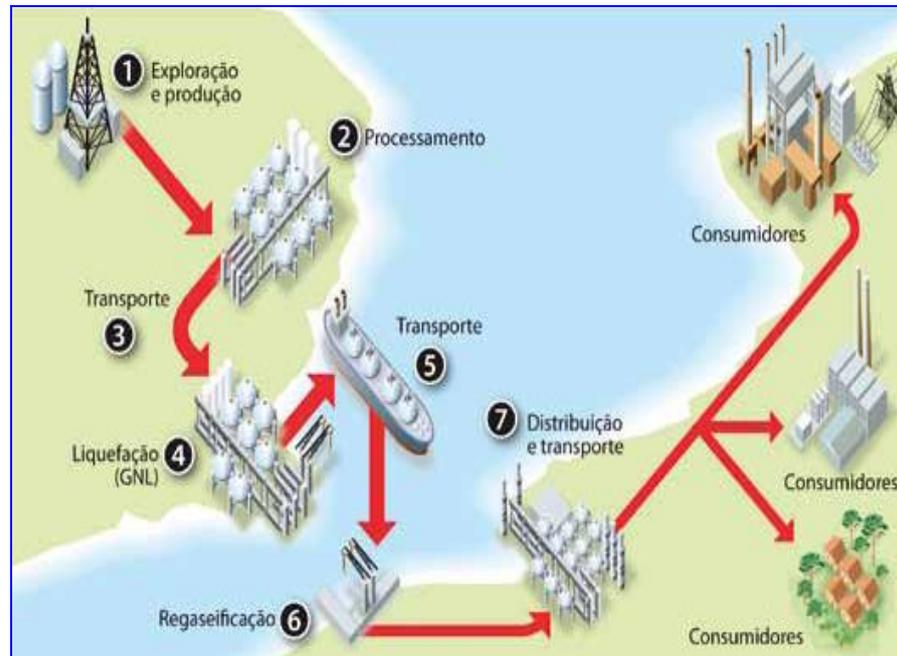
O GSV/GNL é uma alternativa mais eficiente que o GSV/GNC no processo de expansão de mercados do GN. O aumento da demanda mundial de GN, as distâncias entre as áreas de produção e consumo, e o desenvolvimento tecnológico que propicia a redução do custo de liquefação do gás, são alguns dos fatores que tem alavancado o mercado de GNL no mundo (VAZ, 2008).

O gás natural entra em estado liquefeito em torno de  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  à pressão atmosférica, reduzindo seu volume em, aproximadamente, 600 vezes. O metano é a composição química de maior participação do gás natural, apresentando ponto de condensação de  $-161,5^{\circ}\text{C}$  à pressão atmosférica e tendo uma redução volumétrica de 629 vezes, contribuindo para a expressiva redução volumétrica do gás.

A comercialização do GNL se justifica quando as quantidades consumidas ou distâncias a serem transpostas entre os locais de produção e consumo são tais que se torna economicamente inviável o transporte do gás natural via duto (ANP, 2010).

Em um projeto de GNL estão envolvidos diversas atividades, que ocorrem entre o reservatório de gás e o usuário final. Na FIGURA 2.4, apresentam-se os principais elos da cadeia: a produção do gás, o transporte marítimo, a regaseificação no destino e a distribuição (GASNET, 2011)

FIGURA 2.4 Cadeia de Transporte de GNL.



Fonte: ANP (2010)

O transporte de GNL pode ocorrer por meio de navios-tanques de GNL (FIGURA 2.5) ou por caminhões cisternas/tanques. Segundo Vaz (2008), os navios metaneiros transportam grandes volumes de GNL, que são usados no comércio internacional permitindo ganho econômico em escala, já que percorrem grandes distâncias. As embarcações metaneiras apresentam tanques esféricos, construídos em aço-liga (resistentes à temperatura criogênica) a sua capacidade de armazenamento pode chegar a 25.000 m<sup>3</sup> de GNL.

Os caminhões-tanques (FIGURA 2.6) são utilizados para abastecer localidades não atendidas pela malha de gasodutos de transporte, conceituando o GSV/GNL, uma vez que é utilizado com o intuito de criar mercados consumidores. Os caminhões são equipados com tanques criogênicos, com isolamento térmico, que permitem a manutenção do gás natural em estado líquido (ANP, 2010).

De acordo com Vaz (2008), apesar do isolamento térmico, acontece perda por vaporização: nos tanques terrestres, cerca de 0,1 % do volume; e, nos tanques dos navios metaneiros, cerca de 0,2%.

Dependendo da natureza das reservas do gás, os custos dos componentes da cadeia do GNL podem variar muito em função da localização das plantas de liquefação e regaseificação, da tecnologia aplicada, da distância até o mercado e da posição do campo de gás (REAL, 2005).

FIGURA 2.5 – Navio-tanque metaneiro.



FIGURA 2.6– Caminhão-tanque de GNL.



Os mercados de GNL são concentrados tanto nas tecnologias de transporte quanto nas tecnologias de liquefação; nesta última se encontra a maior concentração porque proporciona um maior poder de negociação às empresas atuantes.

São dois os tipos de processo de liquefação do gás natural, cujos fins e características técnicas são diferentes: o tipo *base-load* e o tipo *peak-shaving*. No *base-load*, o objetivo é a liquefação de gás natural em grandes volumes, exigindo o transporte por navios metaneiros e promovendo a comercialização do gás no âmbito mundial. No *peak-shaving*, a capacidade máxima de produção é bem menor que no *base-load*, pois se destina a pequenos mercados consumidores, como postos e algumas fábricas (ALMEIDA, 2005).

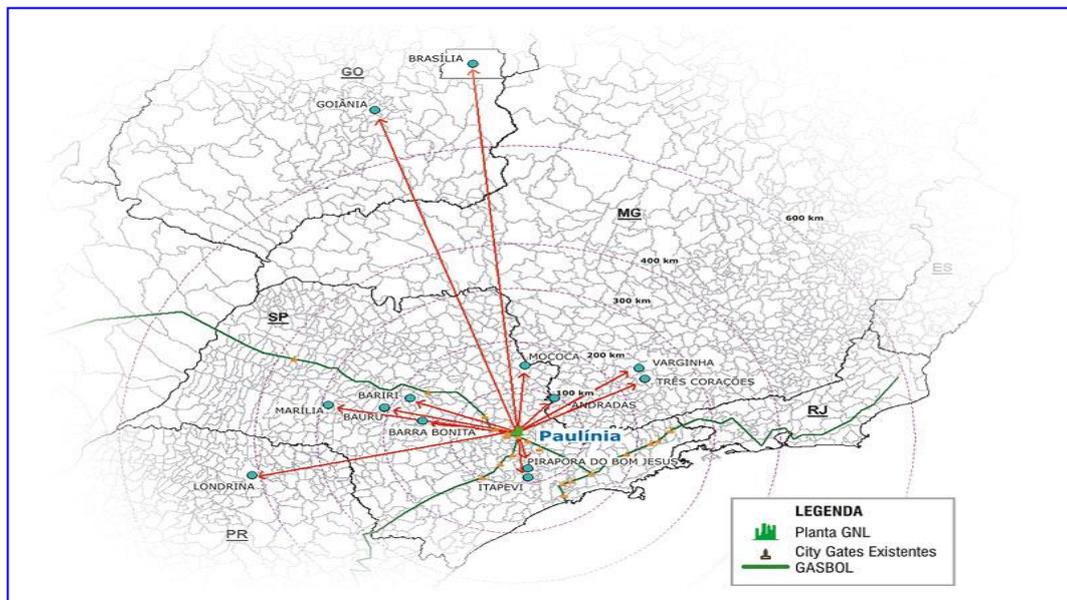
Segundo Barreira (2004), as tecnologias de liquefação *base-load*, de larga escala, apresentam uma necessidade de grandes reservas e elevados custos de investimento. Outro fator preponderante no seu uso concerne às distâncias dos mercados consumidores. Por conta disso, a tecnologia é direcionada aos transportes internacionais, para abastecer países como o Japão, pois a construção de uma infraestrutura de gasoduto se tornaria inviável.

Independentemente da forma como o GNL é transportado ou liquefeito, ao atingir o seu destino ele terá que ser submetido a um processo de regaseificação, que pode ser

realizado em planta própria ou unidade móvel (navios e caminhões) para então ser utilizado (ANP, 2010).

Vaz (2008) apresenta uso da alternativa de transporte de GNL. Em 2000, foi criado o consórcio GEMINI, com a participação da Petrobras e da White Martins. Deste Consórcio surgiu a empresa Gás-Local, com a finalidade de transportar e comercializar o gás natural liquefeito produzido na planta de liquefação em Paulínia no Estado de São Paulo. A planta apresenta capacidade de 380.000 m<sup>3</sup>/dia e um processo liquefação do tipo *peak-shaving*, da White Martins. Em síntese, o projeto considera uma frota de caminhões com tanques criogênicos e unidades autônomas de regaseificação do GNL. O transporte de GNL previsto considera que os caminhões-tanques podem suprir a demanda de cidades situadas em um raio de até 600 km no entorno de São Paulo (conforme mostrado na FIGURA 2.7).

FIGURA 2.7 – Alcance de transporte da empresa Gás-Local.



Fonte: Gás-Local (2011).

A localização da primeira unidade de liquefação em Paulínia é estratégica, pois está próxima ao gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL) e a importantes rodovias, como a Anhanguera e a Bandeirantes, bem como a ferrovias, como a Centro-Atlântica, e à refinaria Replan/Petrobrás.

Diante do exposto, fica patente a prática mundial de se usar GSV/GNL para operações troncais e GSV/GNC para operações alimentadoras locais no processo de distribuição do gás natural quando não se dispõe de rede gasodutoviária.

### 3. ESTIMAÇÃO DA DEMANDA, PLFC E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

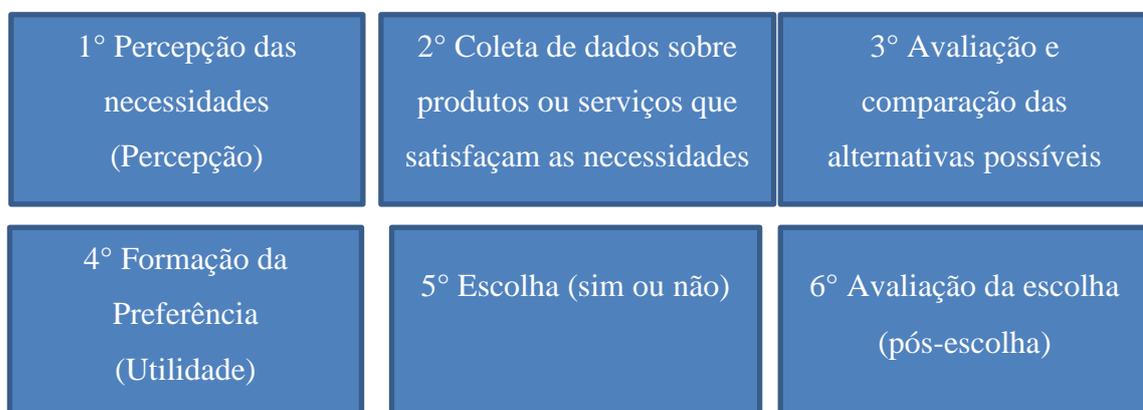
Este capítulo apresenta a fundamentação teórica das técnicas usadas na abordagem metodológica proposta nesta dissertação, a qual está apresentada no Capítulo 4. A estrutura deste capítulo é dividida em três seções, explicitadas a seguir. Na primeira seção, são apresentadas as técnicas de preferência declarada e preferência revelada, e como estas são imprescindíveis para estimação da demanda pelo energético focado neste trabalho. Na segunda seção, é realizada uma abordagem sobre problemas de localização, com foco no *Problema Localização de Facilidades Capacitado* (PLFC). Por fim, na terceira seção, apresenta-se o conceito de avaliação econômica de projetos e os indicadores convencionais utilizados na avaliação.

#### 3.1 O processo de escolha do consumidor e as técnicas de preferência.

Uma das contribuições mais relevantes dos estudos econômicos são as pesquisas de estimação da demanda. A teoria econômica embasa diferentes métodos com o intuito de modelar o comportamento do consumidor e as suas preferências. Neste sentido, a estimação de modelos econométricos tem como um de seus objetivos explicar a escolha, pelo consumidor, de uma alternativa dentre várias (INTRILIGATOR *et al.*, 1996 *apud* BRANDLI e HEINECK, 2005).

Diante disso, *Louviere et al.* (2000) estruturou o processo de decisão do indivíduo ao escolher um bem ou serviço em seis etapas, conforme FIGURA 3.1

FIGURA 3.1 – Estruturação do Processo de escolha do consumidor.



Fonte: Adaptado de *Louviere et al.* (2000)

É relevante considerar que são inúmeros os fatores que interferem na decisão do consumidor, mas é possível fazer a distinção de duas linhas de raciocínio que caracterizam sua escolha: a primeira está restrita às características físicas e conjunturais do bem ou serviço (preço, cor, tamanho, necessidade urgente etc.); e a segunda está associada à cognição emocional do indivíduo (dever social, ambição pessoal, consciência ambiental, intuição, status etc.). Logo, os dados que representam a primeira linha de raciocínio servem para diagnosticar o comportamento do mercado. Assim sendo, é possível identificar o grau de aceitação de um produto e realizar decisões de estratégias mercadológicas de expansão ou contenção deste. Os subsídios que compõe a segunda linha de raciocínio expõem o grau de compreensão do consumidor sobre as opções que lhe são apresentadas e a influência da opção satisfatória na sua estratégia particular.

As vantagens e desvantagens, físicas e conjunturais, de bens e serviços são amplamente estudadas e avaliadas pelos pesquisadores; já estudos que apresentem representatividade de variáveis comportamentais e emocionais que são mais difíceis de identificar, são mais restritos. A existência e compreensão desses dados podem ser expostas por meio da aplicação de técnicas de pesquisa quantitativa, como as técnicas de preferência declarada e revelada.

No caso da preferência revelada, observam-se informações relativas ao produto efetivamente escolhido, diante de um conjunto de escolha a ele ofertado em determinado tempo e lugar. Já no caso da preferência declarada, conseguem-se informações de preferência (ligados a cada opção) e intenções comportamentais (o que o indivíduo pretenderia fazer) (BRANDLI e HEINECK, 2005).

De igual forma, Goodwin e Hensher (1978) expuseram a relevância no uso destas técnicas quantitativas, ao revelarem a importância de introduzir informações basilares relacionadas ao bem-estar dos indivíduos e identificar arranjos causais entre as suas preferências, as escolhas disponíveis e seu comportamento resultante. Essas relações de causa e efeito podem ser mensuradas através das técnicas de Preferência Revelada e Declarada, que, quando combinadas, apresentam informações valiosíssimas sobre o comportamento dos consumidores.

### 3.2 A Técnica de Preferência Revelada

A técnica de Preferência Revelada (PR) é usada quando se deseja obter o comportamento real do consumidor. A coleta de informações ocorre de maneira direta, feita por meio da aplicação de questionários e as respostas dos entrevistados apresentam a situação fidedigna do objeto da pesquisa.

A defesa do uso da técnica de preferência revelada em pesquisas, por parte de muitos economistas, está associada ao poder da técnica em refletir as escolhas que ocorrem e que ocorreram em determinado mercado (BRANDLI e HEINECK, 2005).

Os modelos de preferência revelada são elaborados através de informações retiradas de escolhas feitas por diversos entrevistados em um ponto no tempo, que conduzem a situações reais observadas. A partir de cada uma destas escolhas, onde os entrevistados revelam suas preferências, pode-se estimar-se a conduta dos indivíduos ao longo do tempo com relação à oferta do produto.

Conforme NUCLETRANS (2012), a característica fundamental desta técnica é a de fornecer somente uma observação (dado amostral) por indivíduo.

Para Brito (2008), as vantagens das informações obtidas pelo uso da preferência revelada são:

- Maior confiabilidade, ou seja, repetidas medições de uma escolha se transformará em padrão de escolha com o tempo; e
- Maior validação, ou seja, a relação entre o que foi declarado como escolhido e o que foi realmente escolhido.

No entanto, a técnica de preferência revelada apresenta algumas limitações quanto ao seu uso (Kores e Sheldon, 1988), a saber:

- A técnica de preferência revelada não pode ser usada para estimar demanda sobre cenários que não estão disponíveis, atualmente, para o entrevistado;
- Para que a técnica tenha eficiência, as variáveis devem ser expressas de forma quantitativa e isto dificulta a possibilidade de ponderar atributos mais pessoais;
- O emprego da técnica é caro, permite somente uma observação por entrevistado e, se este não estiver preparado ou for inapto para opinar sobre o assunto abordado, pode ocorrer perda de uma quantidade expressiva de informações.

Na aplicação técnica de preferência revelada somente um dado por variável e entrevistado é utilizado como informação. Já na técnica de preferência declarada vários dados (decisões) por variável e indivíduo são utilizados como informação, onde as opções são escolhidas por ordem de preferência. Em vista disto, uma amostra maior é necessária com dados PR do que com dados PD.

### **3.3 A Técnica de Preferência Declarada**

A técnica de preferência declarada foi desenvolvida entre a segunda metade da década de 60 e início da década de 70, utilizada inicialmente pelos especialistas em *marketing*, com o intuito de expor e diagnosticar a preferência do consumidor. A técnica é inspirada na teoria microeconômica do consumidor, desdobrada em teoria de escolha aleatória, a qual envolve os conceitos de probabilidade, transformando as hipóteses dos desejos do consumidor em uma função de demanda que estabelece a provável decisão do indivíduo frente às opções de um conjunto de escolha (BRANDLI e HEINECK, 2005).

Uma das especificidades mais relevantes das pesquisas que utilizam a técnica de preferência declarada é o fato de considerar a expectativa de comportamento do consumidor e não seu comportamento real.

Isso ocorre porque, nas pesquisas que utilizam preferência declarada, os entrevistados são desafiados a revelar suas preferências diante de cenários pré-fixados pelo entrevistador. Os cenários são estabelecidos permitindo que os entrevistados fiquem expostos a informações relevantes às opções sugeridas no sentido de estabelecer ambientes realistas e explorar ao máximo os *trade-offs* associados às opções no conjunto de escolha.

A aplicação da preferência declarada tem por resultado a resposta com maior probabilidade de ocorrer, dada uma situação que contenha uma determinada combinação de níveis de atributos em cada alternativa, ou cenário hipotético, conforme definido no projeto do experimento (SENNA e MICHEL, 2000). Logo, é uma abordagem que identifica a previsão do comportamento e faz as análises das alternativas propostas, expondo as suas preferências.

Segundo Kroes e Sheldon (1988), a técnica de preferência declarada facilita a estimação da função utilidade de cada uma das alternativas em um conjunto de escolha e tem vantagens tais como:

- O indivíduo pode fazer diferentes escolhas de alternativas e não somente uma, permitindo a possibilidade de identificar como os usuários irão comportar-se frente a variadas situações de escolha;
- De uma única entrevista são obtidos várias observações pessoais que serão utilizados como insumo na modelagem matemática;
- A técnica é eficiente mesmo quando os atributos não se mostram de forma quantitativa, isto é, quando os valores das variáveis (atributos) são subjetivos.

O processo de aplicação da técnica PD exige seis etapas, a saber:

### *3.3.1 Definição do ambiente de escolha*

A fase inicial de pesquisa utilizando a técnica PD é a definição do ambiente de escolha, que é a caracterização do mercado de interesse. Por exemplo, no setor de energia pode-se apresentar o grau de interesse do consumidor por um energético disponível ou não, quando se questiona os entrevistados sobre os custos do suprimento do energético, a facilidade de acesso à fonte energética e o risco na interrupção do fornecimento da energia.

No setor de transporte, pode-se identificar o interesse do uso ou não de um trecho rodoviário em horário de congestionamento ao solicitar aos entrevistados a escolha ligada ao horário de saída, tempo de deslocamento, e descontos na tarifa (JOAQUIM e ALBANO, 2011). Ainda no setor de transporte, pode-se verificar a demanda pelo modal ferroviário, quando os consumidores se deparam com opções que identificam a pontualidade, frequência, conforto, preço do modal de rodoviário existente etc; (NUCLETRANS, 2012).

### *3.3.2 Definição dos Atributos*

Depois de compreender o ambiente de escolha e a necessidade do mercado consumidor, é necessário escolher os atributos ou variáveis. A definição dos atributos é determinante no processo de avaliação das alternativas, pois estas variáveis serão valoradas de acordo com a experiência do usuário.

### 3.3.3 Definição dos Níveis de Atributos

Conforme Brandão Filho (2005), os níveis de atributos devem contemplar a realidade socioeconômica dos entrevistados e o nível de interesse do respondente. Em alguns segmentos de mercado, determinados níveis dos atributos escolhidos não fazem parte do conjunto de escolha dos tomadores de decisão. Por exemplo, o aumento do preço da passagem aérea quando o estudo focaliza trabalhadores que utilizam transporte público urbano.

A vantagem da assertividade na definição dos níveis de atributos está diretamente associada ao enriquecimento estatístico que eles podem dar ao estudo. Os níveis de atributos oferecerão maior variabilidade dos valores dos atributos observáveis; portanto, a variabilidade dos atributos é capaz de identificar a variação na preferência dos entrevistados. Por exemplo, um estudo para escolher entre as modalidades ônibus, trem e metrô, utilizando somente dados PR, possivelmente o poder de explicação da variável “tarifa” na escolha dos indivíduos será limitada, dado a sua pouca variação observada nas três modalidades de transportes, conforme (BRITO, 2008).

Observe-se, então, que os dados PR fornecem informações que apresentam a situação atual do mercado, enquanto os dados PD são ricos em informação de *trade offs* entre atributos.

Uma das fases mais importantes do experimento PD é a forma como serão apresentadas as alternativas de escolha aos entrevistados. O formato de resposta é pré-definido pelo pesquisador de uma maneira mais realista e compreensível para o entrevistado. Na literatura encontram-se três alternativas de apresentação de respostas no cartão PD (LOUVIERE, 2000; BRANDÃO FILHO, 2005):

- Ordenação ou *ranking* das alternativas - a atribuição vai da mais atrativa à menos atrativa: todas as opções são colocadas em ordem de preferência pelo entrevistado. A vantagem é que todas as opções são contempladas. As desvantagens são: i) embora todas as opções sejam contempladas, o grau de satisfação sobre as alternativas não é apresentado, somente a classificação; ii) a confiabilidade diminui com o aumento da quantidade de alternativas; e iii) há pouca informação sobre a alternativa que nunca seria escolhida. Louviere *et al* (2000), sugerem que não se deve usar esse método;

- Atribuição de notas ou *rating* - o entrevistado atribui nota a cada alternativa. Ao empregar este procedimento considera-se que o entrevistado está seguro quanto ao grau de preferência das alternativas. Sua vantagem é que há informações mais completas em

relação ao conjunto de escolha. Sua desvantagem é que exige habilidade cognitiva do entrevistado. Louviere *et al* (2000) defendem a escolha do formato *rating*. Já Ortúzar (2000) mostra-se apreensivo com este formato, por não existir evidência de que a satisfação possa ser expressa em escala numérica; e

- Escolha discreta ou *choice* - escolha de uma alternativa dentre um conjunto de opções apresentadas. Tem a vantagem de ser a forma mais simples para o entrevistado. Já sua desvantagem é não fornecer informações sobre alternativa não escolhida e que se precisa obter um número elevado de entrevistados para conseguir maior variação nos atributos da amostra.

### 3.3.4 Montagem dos Cartões no Experimento PD

Um dos princípios basilares num projeto experimental de PD para montagem de cartões é assegurar que a variação de um atributo é estatisticamente independente do outro, ou seja, é manter a ortogonalidade das alternativas.

Para estabelecer a ortogonalidade das alternativas, os pesquisadores utilizam os planos fatoriais (ou *master plans*). O *master plan* mais geral é o Plano Fatorial Completo (PFC) ou *full factorial plan*. O PFC obtém todas as combinações possíveis, dada a quantidade de alternativas, atributos e níveis de atributos considerados.

Segundo Hensher e Louviere (1997 *apud* Brito, 2008) a combinação completa do PFC é dada pela combinação de cada nível de cada atributo com os níveis de todos os demais atributos. Por exemplo, em um experimento com cinco variáveis, cada uma com quatro níveis, ter-se-iam  $4^5$  (ou 1024), combinações.

Porém, existem sérios problemas relacionados ao grande número de combinações de níveis de atributos para a formação de alternativas, visto que o número de níveis, elevado ao número de atributos, é igual ao número de alternativas. No entanto, existem algumas estratégias que podem ser adotadas para reduzir o número de combinações e de alternativas de escolha geradas. Essas estratégias, conforme Pearmain *et al* (1991 *apud* Brandão Filho, 2005), são: i) uso de projetos fatoriais fracionados; ii) remoção de alternativas dominantes e dominadas do conjunto total de escolha; iii) separação das alternativas do PFC em “blocos” de alternativas; iv) fixação de um atributo comum em experimentos separados; e v) definição dos atributos em termos de diferenças de alternativas.

O uso de projetos fatoriais fracionados é a estratégia mais utilizada. Segundo Louviere *et al* (2000), se o PFC contempla todos os efeitos de interação possíveis, comumente uma quantidade bem menor do que todos esses efeitos é suficiente para explicitar a escolha feita. Logo, os projetos fracionados permitem que os resultados relevantes, que geralmente representam os efeitos principais, possam ser estimados da forma mais eficaz e eficiente possíveis.

Hahn e Shapiro (1966 *apud* Rocha, 2010) classificam os projetos fatoriais fracionados (PFF) em “Planos de Resolução”, descritos a seguir: a) Plano de Resolução V - este tipo de PFF assume que as interações de terceira ordem são descartáveis, mas aceita a estimação dos efeitos principais e de segunda ordem; b) Plano de Resolução IV - este tipo de PFF permite a estimação dos efeitos principais independentemente dos efeitos de interação de segunda ordem, assumindo que todos os outros efeitos de interação são descartáveis; e c) Plano de Resolução III - este tipo de PFF permite a estimação apenas dos efeitos principais, assumindo que os demais efeitos são descartáveis.

A estratégia de remoção das alternativas dominantes e dominadas do conjunto de total de alternativas obedece ao princípio da dominância entre alternativas; a eliminação ocorre quando os valores da alternativa considerada dominante são superiores em relação aos valores das demais alternativas; analogamente, o mesmo acontece com as alternativas consideradas dominadas. A vantagem desta estratégia está na identificação do grau de consciência e comprometimento do entrevistado com a pesquisa.

O método de separar as alternativas do PFC em “blocos” de alternativas permite a formação de cartões contendo conjuntos de escolha. Por exemplo, um desenho de 27 combinações pode ser dividido em 3 partes identificadas e cada entrevistado responderia a apenas uma delas, ou seja, 9 combinações ou questões. Dessa forma, a composição de um conjunto de 3 entrevistas (de um mesmo grupo) formará um conjunto fatorial completo.

O mecanismo de fixação de um atributo comum em experimentos separados é usado para dividir os atributos em subconjuntos e incluir em todos eles pelo menos um atributo comum.

### 3.3.5 Aplicação de pesquisa piloto

Para treinar os aplicadores, testar a complexidade do questionário e conhecer seu tempo de aplicação no grupo amostral, faz-se uma pesquisa-piloto. Com as informações resultantes, ajusta-se o questionário e planeja-se a aplicação final na área de estudo.

### 3.3.6 Planejamento e aplicação da pesquisa PD na área de estudo.

Nesta fase, é realizado treinamentos de abordagem ao entrevistado, mapeamento prévio dos locais onde serão aplicados os questionários, planejamento de viagens, averiguação de despesas com os pesquisadores (hospedagem, alimentação, transporte, entre outras).

## 3.4 Estimação da Demanda

Os métodos mais usados para modelar o comportamento de um consumidor diante de um conjunto de alternativas tem se baseado nos modelos de escolha discreta, os quais se sustentam na Teoria da Utilidade.

Conforme Lancaster (1966), a satisfação de um consumidor por um bem econômico pode ser representada por utilidades referentes às características do bem.

Para *Louviere* (1994), a estrutura segmentada do processo de formação da utilidade do consumidor foi amplamente aceita porque permitiu uma aproximação mais realista do comportamento do mercado consumidor, embora haja ainda contestação sobre o processo envolvido na segmentação.

A escolha do consumidor em função da utilidade de um bem parte do princípio que este mesmo consumidor, em um processo de tomada de decisão, faz a apreciação de todas as variáveis pertinentes à escolha com o objetivo de buscar máxima satisfação proveniente de um conjunto de atributos.

Para *Ortuzar* (2000), o grau de importância da utilidade de um bem decorre de uma adequada combinação de atributos, os quais são ponderados pela importância relativa de cada atributo derivada da sua contribuição específica na utilidade total do bem.

Assim, a utilidade de um produto é apresentada como o valor que o indivíduo atribui a este produto. Neste sentido, a função de utilidade reflete a escolha da combinação de atributos que maximiza a importância do produto para o consumidor. Assim, a utilidade de cada produto pode ser obtida a partir de uma função que relacione os valores dos atributos e sua importância relativa com a utilidade do produto.

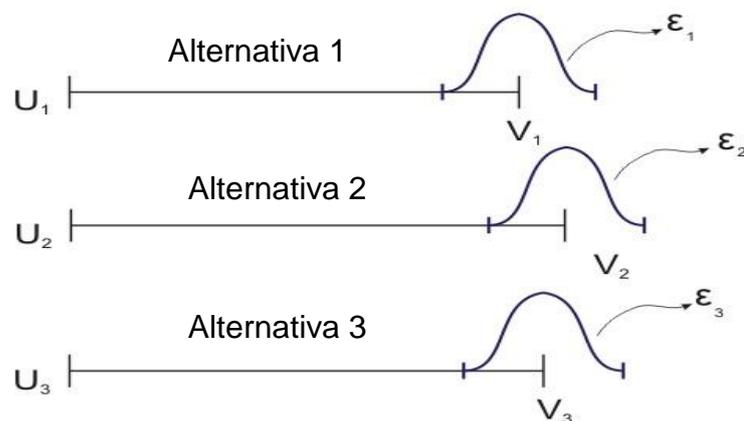
### 3.5 Concepção da Modelagem com uso de Preferência Declarada<sup>1</sup>

A FIGURA 3.2 ilustra graficamente o conceito de utilidade aleatória, apresentando as componentes sistemáticas  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ , e suas respectivas parcelas aleatórias  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  e  $\varepsilon_3$  de um conjunto formado pelas alternativas 1, 2 e 3.

Observe-se que os seus valores globais das utilidades são variáveis aleatórias, representados por  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$ , e oscilam em torno de  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ , segundo a distribuição de probabilidades que reflete o comportamento do termo aleatório. Dessa forma, é fácil notar a impossibilidade de transitividade no processo de escolha.

Neste sentido, a partir da década de 1970, pesquisadores têm buscado formas mais apropriadas para distribuição dos termos aleatórios, além de hipóteses que simplifiquem e aperfeiçoem a modelagem da complexa decisão de escolha. O modelo *Multinomial Logit* (MNL) é o mais simples dentre uma série de modelos da família *Logit*, descritos por Train (2003) e *Ben-Akiva e Lerman* (1985); porém, sua aplicação tem sido de larga escala em vários estudos técnicos e científicos nas áreas de *marketing*, energia, transportes etc., proporcionando resultados satisfatórios.

FIGURA 3.2: Representação Gráfica das Utilidades das Alternativas<sup>2</sup>.



Fonte: Brandão Filho (2005).

O modelo MNL parte da hipótese simplificadora de que os erros aleatórios das alternativas são independentes e identicamente distribuídos (IID). Isto quer dizer que o erro de uma alternativa  $i$  não fornece nenhuma informação ao analista sobre os erros de uma alternativa  $j$  (LOUVIERE *et al.*, 2000).

<sup>1</sup> Este texto se baseia na referência GLEN/UFC, 2013.

<sup>2</sup> As curvas da FIGURA 3.2 não representam distribuições de probabilidade específicas, são meras ilustrações.

A partir deste e de outros conceitos, *Ben-akiva e Lerman (1985)* e *Train (2003)*, dentre outros, demonstraram matematicamente a expressão do cálculo de probabilidade de escolha do modelo MNL, como segue:

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in A(h)} e^{V_{jn}}} \quad 3.1$$

em que:

$P_n(i)$ : Probabilidade de escolha de uma alternativa  $i$  por um indivíduo  $n$ ;

$A(h)$ : Conjunto de alternativas  $j$  disponíveis para o indivíduo  $n$ ;

$V_{in}$ : Utilidade sistemática de uma alternativa  $i$  para um indivíduo  $n$ ;

$V_{jn}$ : Utilidade sistemática de uma alternativa  $j$  para um indivíduo  $n$ .

Além do modelo MNL, existem outros modelos de escolha mais complexos, que refletem de modo mais consistente as expectativas de escolha dos consumidores e, conseqüentemente, os níveis de demanda das alternativas de consumo disponíveis. Dentre esses modelos, é possível citar os modelos *NestedLogit*, *MixedLogit* e *Probit*.

#### a) Dados de Escolha Discreta

Qualquer que seja a modelagem de escolha, a sua concepção é fundamentada principalmente no planejamento da coleta de dados de preferência revelada (PR) e preferência declarada (PD), fontes de dados mais importantes utilizadas na estimação dos modelos. Os dados PR representam as escolhas já realizadas por usuários de produtos (bens ou serviços), e refletem o comportamento real de escolha. Por outro lado, os dados PD fornecem informações a respeito da escolha de um indivíduo diante de um conjunto de alternativas previamente definidas, hipotéticas ou não.

Cada uma destas duas fontes de dados possui suas vantagens e limitações. Com relação aos dados PR, a principal característica reside no fato deles refletirem a participação efetiva de cada alternativa existente no mercado atual, não contidas nos dados de preferência declarada, porém fundamentais na estimação de modelos para previsão de demanda. No entanto, os dados PR possuem sérios aspectos limitantes, podendo-se destacar (ORTÚZAR E WILLUMSEM, 1994):

- A existência de altas correlações entre os atributos, o que impede a estimação isolada dos efeitos dos atributos;
- A dificuldade de estimar variáveis qualitativas; e
- A não possibilidade de avaliar alternativas que ainda não existem no mercado atual.

Dessa forma, as lacunas formadas pelas limitações dos dados PR podem ser preenchidas pelas vantagens advindas do uso de dados PD, dentre as quais é possível destacar:

- Permitem o controle dos valores dos atributos através de projetos ortogonais, que permitem a estimação dos efeitos de cada atributo isoladamente;
- Permitem a análise de variáveis qualitativas, com o alcance de resultados satisfatórios;
- Permitem a análise de alternativas que ainda não existem no mercado atual.

Por outro lado, a principal limitação dos dados PD consiste no fato de não refletirem o comportamento atual do mercado, característica peculiar dos dados PR, como já mencionado. Por isso a literatura recomenda, sempre que viável, a modelagem com dados conjuntos PR e PD, pois assim é possível, ao mesmo tempo, unir as vantagens e diminuir as limitações de cada fonte de dados. Em casos de estudos de previsão de demanda, especificamente, a modelagem conjunta de dados PD e PR é condição *sine qua non* para a obtenção de cenários consistentes e constitui a única maneira de incluir alternativas ainda não existentes no mercado. Em estudos de análise *trade-off*, que permitem a determinação da importância relativa dos atributos, deve-se usar somente dados PD.

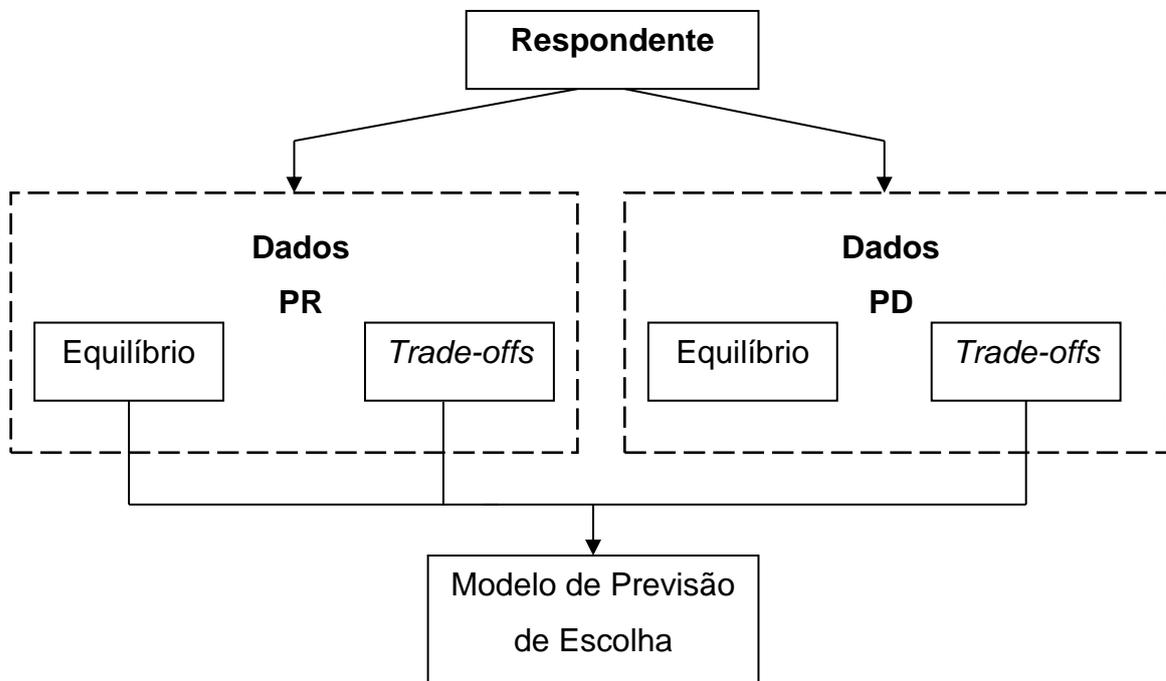
Existem algumas formas de junção de coleta de dados, cujas citações são encontradas em *Swait, Louviere & Williams* (1994). De qualquer maneira, os métodos de estimação com dados conjuntos partem do princípio de explorar, por um lado, as estimações dos efeitos isolados de cada atributo da função de utilidade, obtidas com os dados PD, e, por outro, informações acerca da divisão atual de mercado, obtidas com os dados PR. Esses métodos também são chamados de “métodos de enriquecimento de dados”.

Dentre os métodos de enriquecimento de dados, o método mais comum é aquele apresentado na FIGURA 3.3. Esse método consiste basicamente em explorar as características marcantes de cada uma das fontes de dados: de um lado, os *trade-offs* entre os atributos, fornecidos tanto pelos dados PD quanto pelos dados PR, que refletem os efeitos isolados de

cada um; do outro, as informações sobre o comportamento atual de mercado, fornecida apenas pelos dados PR.

No Brasil, ainda são recentes os estudos que abordam esta temática. No entanto, no Exterior, foram desenvolvidos diversos estudos que analisam o comportamento de consumidores de diversas commodities e serviços. Portanto, trata-se de uma metodologia relativamente recente (últimos vinte anos) e de grande utilidade no trato de problemas em áreas como Marketing, Planejamento de Transportes, Desenvolvimento Estratégico etc. Com respeito a estudos de demanda de combustíveis, como o Gás Natural, podem-se destacar os trabalhos promovidos pelo *California Energy Commission*, nos EUA, que abordam, principalmente, a demanda por combustíveis veiculares (*BROWNSTONE et al, 2000*). Estas metodologias, no entanto, podem ser aplicadas em vários mercados energéticos que utilizam o gás natural. A junção dos cenários de demanda de cada um dos setores forma, conseqüentemente, a demanda por gás natural nos setores industrial, comercial, veicular e residencial.

FIGURA 3.3 Método de Enriquecimento de Dados



Fonte: Louviere *et al* (2000).

### 3.5.1 Os Modelos e as Formas Funcionais no Caso de Estudo

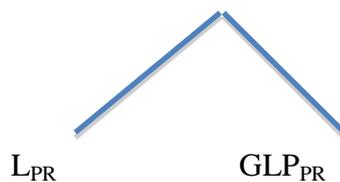
O caso de estudo envolveu dois dos quatro segmentos que compõem o mercado do gás natural na área de estudo: as grandes e médias indústrias com potencial para uso do energético (exceto cogeração, por haver um consenso sobre a não viabilidade do gás natural nesta categoria, nos corredores enfocados) e os empreendimentos que utilizam cozinha industrial (restaurantes, bares, hospitais, escolas, shoppings centers e hotéis) nos mesmos corredores. A pesquisa de campo constatou que os energéticos empregados no segmentos grandes consumidores eram a lenha (predominante) e o GLP, os quais comporão o conjunto de escolha dos consumidores juntamente com o gás natural, no caso da disponibilidade deste último.

Já no caso do segmento cozinhas industriais, o conjunto de escolha seria o mesmo, com a predominância atual observada do GLP. Os segmentos residencial e automotivo não foram estudados nesta pesquisa, cabendo desenvolver estudos específicos para cada um deles.

#### a) Os Modelos PR

Em vista do exposto, a estrutura para os modelos de preferência revelada é a de um binário logit, como mostrado na FIGURA 3.4 abaixo:

FIGURA 3.4 – Estrutura binária dos modelos de preferência revelada.



As variáveis chaves pesquisadas para compor a forma funcional das funções de utilidade de cada energético foram inicialmente oito<sup>3</sup>, tendo sido escolhidas, em pesquisa de campo piloto, apenas três: para o segmento grandes consumidores – custo direto do energético, custo de adaptação da empresa para utilizar o energético e custo ambiental; para o segmento cozinhas

<sup>3</sup>Na pesquisa de escolha de atributos, o tamanho da amostra necessária é dada pela fórmula:  $N=(t/e)^2 \cdot s_n^2$ , sendo t a estatística assintótica (para um nível de confiança de 95%,  $t=1,96$ ); e - erro amostral (assumido de 10%);  $s_n$  - variância assintótica que, para o caso de uma distribuição binomial, é igual a  $p(1-p)$ , sendo  $p=0,5$ . Assim, seriam necessárias cerca de 97 entrevistas. No entanto, no presente estudo foram feitas 157 entrevistas para este fim, o que equivale a um erro amostral de 7,8%.

industriais - custo direto do energético, custo de adaptação da empresa para utilizar o energético e risco de fornecimento. Assim, a forma funcional do experimento de preferência revelada foi, conforme *Ben-akiva e Lerman* (1985):

$$V_i^{PR} = ASC_i^{PR} + \beta X_i^{PR} \quad (3.2)$$

onde :  $V_i$  - componente sistemático da utilidade do energético i;

$ASC_i^{PR}$  - constante específica do energético i;

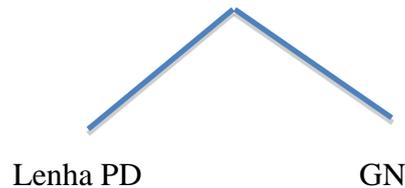
$X_i^{PR}$  - custo direto do energético i.

$\beta$  - coeficiente do custo direto do energético j

#### b) Os Modelos PD

A estrutura para o modelo de preferência declarada é também a de um binário logit, como mostrado na FIGURA 3.5:

FIGURA 3.5 – Estrutura binária dos modelos de preferência declara .



A forma funcional da função de utilidade do segmento grandes consumidores no experimento PD é, conforme *Ben-akiva e Lerman* (1985):

$$V_i^{PD} = ASC_i^{PD} + \beta_1 X_{custe\ i}^{PD} + \beta_2 X_{cadap\ i}^{PD} + \beta_3 X_{riscom}^{PD} \quad (3.3)$$

onde  $V_i^{PD}$  - componente sistemático da utilidade do energético i;

$ASC_i^{PD}$  - constante específica do energético i;

$X_{custe\ i}^{PD}$  - custo direto do energético i;

$X_{cadap\ i}^{PD}$  - custo de adaptação da empresa para utilizar o energético i;

$X_{riscam\ i}^{PD}$  - variável dummy representando o custo ambiental associado ao energético

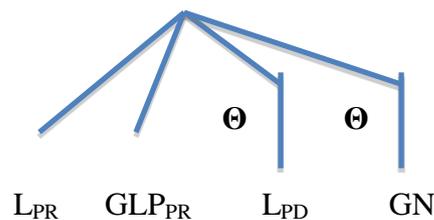
i;

$\beta_j$  - coeficiente relacionado ao custo j na expressão (3.3).

### c) Os Modelos Conjuntos

A estrutura para o modelo conjunto PR e PD inclui o energético gás natural, ainda não existente no mercado, e é mostrada na FIGURA 3.6 abaixo.

FIGURA 3.6 – Estrutura do modelo conjunto PR e PD.



As funções de utilidade dos energéticos para o segmento grandes consumidores são apresentadas como segue, conforme *Ben-akiva e Lerman* (1985):

$$V_i = ASC_i^{corr} + \beta_1^b X_{custe\ i} + \beta_{(2)}^b X_{cadap\ i} + \beta_{(3)}^b X_{riscam\ i} \quad (3.4)$$

onde :

$V_i$  - componente sistemático da utilidade do energético i;

$ASC_i^{corr}$  - constante específica do energético i, corrigida segundo procedimento sugerido por McFadden (1974)<sup>4</sup>;

<sup>4</sup> A correção das ASC's é necessária porque os estimadores de máxima verossimilhança não são eficientes quando se trata de constantes específicas. McFadden (1974) propõe uma fórmula de correção representada pela expressão:

$$ASC_{corrigida} = ASC_{estimada} - \ln \frac{H_g}{W_g}$$

$X_{custe\ i}$  - custo direto do energético i;

$X_{cadap\ i}$  - custo de adaptação da empresa para utilizar o energético i;

$X_{riscam\ i}$  - variável dummy representando o custo ambiental associado ao energético i;

$\beta_j$  - coeficiente relacionado ao custo j relativo ao melhor modelo obtido no processo de estimação.

No caso do segmento cozinhas industriais as funções dos energéticos são semelhantes àquelas do segmento grandes consumidores, com a diferença que a variável *dummy* `custo ambiental` ( $X_{riscam\ i}$ ) é substituída pela variável *dummy* `risco de fornecimento` ( $X_{ristor\ i}$ ).

### 3.6 O Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC)

Conforme Drezner (1995), os problemas de localização concernem a decisões sobre onde instalar unidades de serviço ou, simplesmente, facilidades, supondo que os clientes devem ser atendidos de forma a otimizar algum critério. Os significados de “facilidades” são diversos - como postos de saúde, escolas, fábricas etc.; quanto ao termo “clientes”, estes se referem a gestantes, estudantes, compradores etc.

Conceitualmente, o problema de localização é mais abrangente do que determinar a localização de facilidades pois, do ponto de vista da logística, outros aspectos costumam ser considerados como, por exemplo, a quantidade, a capacidade, a funcionalidade, as fontes de abastecimento, as regiões de atendimento etc.

A localização de instalações é um item do planejamento estratégico de empreendimentos/projetos de investimento de longo prazo, com relevantes custos relacionados ao posicionamento espacial do empreendimento. A disposição de recursos, a análise de fatores socioeconômicos e ambientais bem como o emprego de tecnologias são alguns dos fatores considerados, de modo que os melhores locais sejam definidos e a capacidade das instalações esteja bem dimensionada (OWEN; DASKIN, 1998).

---

em que  $H_g$  é a probabilidade de escolha da alternativa, calculada com a função de utilidade não calibrada; e  $W_g$  é o percentual da alternativa na população.

Segundo Ballou (2006), decisões sobre localização envolvem a determinação do número, local e proporções das instalações a serem usadas; essas instalações incluem pontos nodais da rede, como fábricas, portos, vendedores, armazéns, pontos de varejo e pontos centrais de serviços na rede da cadeia de suprimentos em que os produtos param temporariamente a caminho dos consumidores finais.

Segundo Hale e Moberg (2003 *apud* Rocha 2008), a razão de se resolver problemas de localização é determinar onde se deve instalar um conjunto de facilidades a fim de atingir determinados objetivos, tais como *minimizar custos do transporte*, *maximizar a área de cobertura* e *minimizar o tempo de entrega* ou coleta do produto, através da posterior otimização das rotas. Nota-se que, no âmbito do transporte, os objetivos dos modelos tendem a ser a minimização dos custos, reduzindo ao máximo possível as distâncias percorridas por veículos e necessárias para cobrir todos os pontos de passagem.

Para Gaither e Frazier (2002) os problemas de localizações e aplicam a opções de diversos locais possíveis, cada um com suas potencialidades e fragilidades. A decisão quanto à localização efetiva envolve a análise de *trade-offs*: pode-se ganhar um tipo de benefício somente abrindo mão de outro. Esses *trade-offs* relativos à escolha de pontos estratégicos podem complicados e, normalmente, são resolvidos somente depois de uma longa e cuidadosa ponderação dos prós e contras de cada localização.

Mapa e Lima (2012) reforçam que as aplicações do problema de localização de instalações ocorrem nos setores privado e público, com o objetivo de estar o mais próximo possível da demanda, com o intuito de reduzir custos em transportes, maximizar a área de cobertura, aumentar o nível de acessibilidade da demanda ou reduzir ao máximo os custos com instalações, seja pela escolha de uma localização devido ao custo financeiro ou pela quantidade de instalações a serem estabelecidas.

O *problema de localização de facilidades* (PLF) pode ser classificado como *capacitado* (PLFC) ou como *não-capacitado* (PLFNC). No primeiro caso, cada cliente possui uma demanda a ser suprida e cada facilidade possui uma capacidade limitada de atendimento (DUCATI, 2003). No PLFNC não existem restrições de atendimento de demandas.

Os problemas de localização de facilidades são considerados de difícil solução, pertencendo à ordem *NP-difícil* devido a sua complexidade e um extenso número de variáveis de decisão.

### 3.6.1 Características do Problema de Localização de Facilidades

Sabe-se que os métodos para determinar a localização das facilidades podem considerar aspectos qualitativos e quantitativos, mas o *Problema de Localização de Facilidades* é de caráter prioritariamente quantitativo.

Ballou (2006) salienta que o uso dos métodos matemáticos quantitativos aliados à robustez dos computadores fizeram que a avaliação de localização de instalações se tornasse mais matemática que conceitual.

Morgado (2005) apresenta os métodos quantitativos, segmentando em métodos de centro de gravidade exato ou método centroide, modelos exatos, de simulação e heurísticos, especificando que o uso de cada método depende das características do modelo e dos tipos de instalações que se deseja localizar.

O método do *centroide* ou *centro gravidade* (CG) é utilizado para instalação de uma única facilidade; para isto, consideram-se as instalações existentes, as distâncias entre essas instalações e os volumes de mercadorias sendo despachadas (CHASE *et al*,2006).

Os modelos exatos buscam a solução ótima do problema e podem ser utilizados de acordo com a abordagem de múltiplo centro de gravidade e com a programação linear inteira combinada. Shapiro (2001) ressalta que os modelos de localização de centros de distribuição são aplicações de programação linear inteira combinada. Nestes modelos, a função objetivo normalmente consiste em minimizar a soma dos custos de armazenagem e transporte. Por exemplo, Praça (2003) e Rocha (2010) utilizaram o software LINGO para resolver seus modelos de localização através da programação linear inteira.

Rocha (2010) aplicou o modelo PLFC para análise e fomento da cadeia reversa de óleos e gorduras residuais de cozinha (OGR) junto a associações de catadores de lixo no município de Fortaleza. Um outro autor ROCHA (2008) aplicou o modelo no problema de ecopontos no Estado do Ceará com o objetivo de otimizar o fluxo reverso dos pneus inservíveis. Praça (2003) utilizou a modelagem com o intuito de minimizar os custos de implantação de infraestruturas na distribuição de gás natural.

Morgado (2005) afirma que a técnica de simulação permite uma maneira mais detalhada de se descrever os problemas reais com um tempo de processamento e uma entrada

de dados não tão exigente como a dos modelos exatos, apresentando, no entanto, soluções menos ótimas. Alves *et al.* (2004) utilizam simulação para avaliar e propor modificações que reduzam os custos do sistema de transporte de produção da Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER), analisando vários fatores logísticos, inclusive a localização.

Para Ballou (2006), qualquer método que contribua para acelerar a solução de um problema é considerada uma heurística.

Conforme Costa (2010), igualmente aos modelos de simulação, os modelos heurísticos não garantem a solução ótima; no entanto, encurtam o tempo de processamento do problema sendo métodos adequados para a resolução de problemas de grande complexidade, como nos casos de problemas de localização. Como exemplo, foi utilizado a heurística *Lagrangeana* combinada com o método exato de transporte para definição do local para instalar as UFG's (Unidades de Fornecimento de Gás) na rede primária de gasodutos da região Ibérica (NOGUEIRA e VALE, 2009). Arakaki e Lorena (2006) propuseram uma nova heurística de localização como ferramenta de suporte a decisões espaciais, com a integração de um SIG auxiliando nas funções de visualização e análise espacial.

Além desta abordagem quantitativa, os problemas de localização podem ocorrer em dois ambientes de referência: o plano e a rede, enquanto que a solução de todo problema requer a especificação de distâncias entre cada par de pontos.

No caso do plano, podem valer as distâncias euclidianas - em que se aplica o princípio de que a distância mais curta entre dois pontos é dada pelo segmento de reta que os une, as distâncias metropolitanas ou outras possíveis métricas. No segundo caso, localização em redes, há que se levar em conta os caminhos possíveis entre cada par de pontos, eventualmente afetados por elementos topográficos, barreiras de todo tipo e, especialmente, pelas vias com fluxo orientado direcionalmente que o cliente do serviço deve percorrer.

Neste trabalho, foi usado e será apresentado somente o *Problema de Localização de Facilidades Capacitado* (PLFC).

### 3.6.2 *Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC)*

Oriundo da Pesquisa Operacional, que apresenta técnicas de auxílio à tomada de decisão para problemas de otimização, o PLFC assume, na decisão de localização de uma facilidade, a restrição em termos da capacidade de atendimento daquela facilidade. O problema consiste em alocar facilidades aos centros de demanda, visto que cada facilidade

terá uma ressalva em relação à quantidade de clientes/fornecedores que poderão ser atendida pela mesma. Portanto, a soma de todas as demandas atendidas por uma facilidade não pode superar a capacidade ofertada de atendimento da mesma.

O objetivo do PFLC é definir os locais de oferta de modo que sejam atendidos todos os clientes e que sejam minimizados os custos fixos de operação e de transporte.

O PLFC apresenta-se como um método bastante eficaz quando se faz necessário instalar algumas facilidades em diversos locais candidatos para o atendimento de demandas. A importância do uso de técnicas de otimização como o PLFC se reflete no fato de que, segundo o relatório *Panorama de Custos Logísticos no Brasil* (ILOS, 2012), os custos com transporte podem atingir até 54% dos custos logísticos no país; para Fundação Dom Cabral (2012) este custo chega ao percentual de 56,2 %.

Comumente, o problema de localização de facilidades pode ser definido, segundo Mateus e Carvalho (1992), como aquele no qual aquelas devem ser alocadas entre  $n$  possíveis locais com a intenção de minimizar o custo total em satisfazer a demanda distribuída em  $m$  locais. O custo total envolve duas parcelas: os custos fixos de instalação das facilidades e os custos variáveis de atendimento da demanda, também chamados custos de distribuição.

Para Melkote e Daskin (2001), o PLFC é definido como um grafo com custos relacionado às arestas, isto é, um grupo de possíveis locais de facilidades e seus custos de instalação e um conjunto de clientes com suas demandas a serem atendidas.

O modelo PLFC considera um conjunto de facilidades  $I = \{1, \dots, m\}$  e um conjunto de clientes ou consumidores  $J = \{1, \dots, n\}$ . Sendo  $a_i$  a oferta associada à facilidade  $i \in I$ ,  $b_j$  a demanda total associada ao consumidor  $j \in J$  e  $f_i$  representando o custo fixo da instalação da facilidade  $i \in I$ . Por último, sendo  $c_{ij}$  o custo linear de transporte unitário da facilidade  $i \in I$  ao consumidor  $j \in J$ , tem-se:

$$\min \sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (3.5)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq a_i y_i, \forall i \in I \quad (3.6)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = b_j, \forall j \in J \quad (3.7)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.8)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (3.9)$$

Logo,  $x_{ij}$  é a quantidade de unidades do produto enviada da facilidade  $i \in I$  para o consumidor  $j \in J$ , e  $y_i$  representa uma variável binária que indica a instalação ou não da facilidade  $i \in I$  ( $y_i = 1$  ou  $y_i = 0$ , respectivamente). A função objetiva (3.5) a minimizar representa o custo total de instalação da facilidade e de transporte. A restrição (3.6) assegura que nenhum consumidor é atendido por uma facilidade que não foi instalada e que sua oferta não ultrapasse a quantidade disponível na mesma ( $a_i$ ). A restrição (3.7) indica a exigência de que a demanda de cada consumidor ( $b_j$ ) seja satisfeita. A restrição (3.8) representa a não negatividade das variáveis  $x_{ij}$ , para qualquer facilidade  $i \in I$  e qualquer consumidor  $j \in J$ . Finalmente, a restrição (3.9) exige a integralidade (binária) das variáveis  $y_i$  para toda facilidade  $i \in I$ .

### **3.7 Avaliação econômica de projetos: Conceitos.**

Assaf e Silva (2012) ponderam que, diante da complexidade e dinamismo da economia global, distinguida por constantes alterações nas taxas de juros, desajustes de mercado, competição global, ausência de poupança a longo prazo e intervenções frequentes em suas regras, torna-se oportuno que as empresas possuam uma maior visão analítica e crítica no momento das avaliações e das decisões econômicas de investimento.

A análise de investimentos busca verificar se os benefícios gerados com investimentos compensam os gastos realizados. Assim, ela pode ser considerada como o conjunto de técnicas que permitem a comparação, de forma científica, entre os resultados de tomadas de decisões referentes a diferentes alternativas.

De Francisco (1988) relata que um estudo de análise de investimentos exige: i) caracterização do investimento a ser realizado; ii) enumeração de alternativas viáveis; iii) análise de cada alternativa; iv) comparação das alternativas; e v) escolha da melhor alternativa. Dentre os vários métodos utilizados para análise de viabilidade de projetos, os utilizados no presente estudo foram o *Método do Valor Presente Líquido* e o *Método da Taxa Interna de Retorno*.

Casarotto Filho e Kopittke (1994) expõem que a decisão da implementação de um projeto deve considerar: a) critérios econômicos (rentabilidade do investimento); b) critérios financeiros (disponibilidade de recursos); e c) critérios intangíveis, que são fatores não

conversíveis em dinheiro, mas que representam benefícios expressivos, como a melhoria na estética ambiental.

O tópico análise econômica, abordado nesta seção, está segmentado em duas etapas: prospecção de fluxo de caixa e apresentação de técnicas de avaliação de projetos (VPL, TIR, *Payback*).

### *3.7.1 Fluxo de Caixa*

Para Sant'anna e Leonel (2009) os projetos de viabilidade analisam custos e rendimentos, sendo representados por um fluxo de caixa no qual a entrada e a saída de recursos são apresentadas em cada período.

Brigham e Ehrhardt (2012) ressaltam que a utilização do fluxo de caixa (FC) é uma característica central de qualquer análise de investimentos e leva em consideração o valor temporal do dinheiro. É considerado o método mais adequado porque está voltado para apuração da riqueza absoluta do investimento, o valor presente de um fluxo de benefícios econômicos líquidos esperados.

Conforme Damodaran (2010), o cálculo do valor dos fluxos é fundamentado na estimação de fluxos infinitos, considerando que as organizações não possuem prazo de vida determinado, ou finito, no caso de investimentos com duração pré-determinada.

Diante disso, pode-se estabelecer que o fluxo de caixa é uma ferramenta de controle de receitas financeiras, estreitamente relacionada com os fluxos de desembolsos e recebimentos, cuja finalidade é auxiliar no processo decisório de uma organização. Logo, para estabelecer a estimativa de caixa, basta analisar as entradas e saídas de recursos.

Os componentes do fluxo de caixa são apresentados na demonstração do resultado do exercício (DRE), assim como o cálculo do fluxo de caixa (ver Quadro 3.1). A demonstração do resultado do exercício é a soma das operações em determinado período de tempo.

Quadro 3.1 – Componente do Fluxo de Caixa

Componente do Fluxo de Caixa	Ano					
	0	1	2	3	i	n
(+) Receita Operacional bruta						
(-) PIS/Cofins						
(-) ICMS						
(=) Receita Operacional Líquida						
(-) Custos dos Produtos Vendidos						
(=) Lucro Operacional Bruto						
(-) Despesas Administrativas						
(-) Despesas Comerciais						
(-) Despesas Gerais						
(=) Lucro operacional (EBITDA)						
(-) Depreciação						
(=) Lucro antes de juros e IR (LAJIR)						
(-) Despesas financeiras						
(=) Lucro antes do IR (LAIR)						
(-) IR						
(=) Lucro Líquido						
(+) Depreciação						
(=) Fluxo de caixa operacional						
(+/-) Investimento ou desmobilização de equipamentos						
(-) IR sobre a venda dos ativos						
(+/-) Mudanças no Capital de giro						
<b>(=) Fluxo de caixa livre</b>						

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.7.2 Técnicas de avaliação econômica de projetos

Métodos econômicos para a seleção de projetos avaliam, em último caso, a contribuição dos projetos ao lucro da empresa. Dentre as técnicas econômicas que serão utilizadas na análise de viabilidade de projetos estão: o Método do Valor Presente Líquido (VPL) a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Método do Tempo de Recuperação do Capital (*Pay-Back*).

#### a) Valor Presente Líquido (VPL)

Conforme Brigham e Ehrhardt (2012), o Valor Presente Líquido é uma ferramenta de análise na qual é abatido o investimento inicial de um projeto do valor presente de seus fluxos de entrada de caixa, sendo descontada a uma taxa equiparada ao custo de capital da

empresa ou à taxa mínima de atratividade. Em outras palavras, é o cálculo de quanto as receitas futuras, menos os desembolsos acrescidos de um custo inicial, representariam monetariamente no momento da análise.

Nesta técnica, é estimado o valor do dinheiro no tempo considerando que, utilizando uma taxa de desconto, o mesmo incorpora o custo de oportunidade de se realizar outro investimento, como aplicações financeiras onde se espera obter retorno através dos juros sobre o capital aplicado.

Damodaran (2010) mostra que, para se obter o valor presente das entradas e saídas de caixa, pode-se utilizar como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos a partir da aplicação de seus recursos.

Segundo Lima Junior e Aldatz (2013), as componentes da TMA são: i) custo de oportunidade, o valor do ganho de capital em alternativas equivalentes às analisadas; ii) risco do negócio, considera que o ganho deverá ser superior ao risco do projeto; e iii) liquidez, velocidade na conversão de um ativo em moeda.

O VPL é o valor presente do fluxo de caixa, descontado ao custo de capital, menos o esforço do investimento inicial (OLAWALE *et al*, 2010). Logo, o cálculo do VPL é apresentado a seguir:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (3.10)$$

Na equação 3.10, o parâmetro  $t$  é a quantidade de tempo (comumente em anos) que o dinheiro  $I_0$  foi investido no projeto;  $n$  é a duração total do projeto;  $k$  o custo do capital; e  $FC_t$  é o fluxo de caixa líquido em cada momento  $t$ , extraído conforme o descrito no Quadro 3.1, em que  $t$  segue de 1 até  $n$ .

Logo, um VPL positivo significa que o projeto remunerou à TMA e ainda agregou riqueza, na medida do VPL, em termos atuais. VPL igual a zero significa que o projeto remunerou exatamente a TMA, sem gerar ou destruir riqueza. Portanto, a taxa que zera o VPL representa exatamente o retorno do projeto.

As principais vantagens da utilização do VPL são que os resultados são de fácil interpretação e que considera o aspecto risco e, ao mesmo tempo, o fator de liquidez.

Entretanto, não avalia a rentabilidade do investimento em forma percentual e possui a necessidade de conhecimento prévio do custo da oportunidade.

b) Taxa interna de retorno (TIR)

Para Brigham e Ehrhardt (2012), a Taxa Interna de Retorno (TIR) de um investimento é a mais importante após o VPL. Quando a TIR é utilizada como taxa de desconto, resulta em um VPL igual a zero. A TIR difere da técnica do VPL porque determina o rendimento potencial do investimento.

A taxa interna de retorno é a taxa que deixará o valor presente do desembolso de capital proposto igual ao valor presente das entradas de caixa (GITMAN, 1997; JACKSON e SAWYERS, 2001).

A TIR representa, através de um único valor percentual, os benefícios de um projeto de investimento. Portanto, mede a rentabilidade do projeto de investimento sobre a parte não amortizada do investimento, ou seja, a rentabilidade dos fundos que permanecem internamente investidos.

Para encontrar a taxa interna de retorno de um projeto de investimento é necessário calcular a taxa de desconto que faz com que o valor presente das entradas de caixa se iguale ao valor presente dos investimentos, o que significa achar as raízes da Equação 3.11:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_o \quad (3.11)$$

Apesar da técnica TIR não incorporar a taxa mínima de atratividade (TMA) no seu cálculo, o critério de decisão depende da TMA. Conforme Brigham e Ehrhardt (2012), é recomendado aceitar todos os projetos com TIR superior à TMA e rejeitar todos os projetos em que a TIR for inferior. Assim, quando a TIR for igual à taxa mínima de atratividade, a aceitação do projeto torna-se indiferente.

c) *Payback* simples e descontado

O *Payback* é uma técnica que mensura o tempo necessário para que sejam recuperados os recursos investidos em um projeto (DAMODARAN, 2010). Representa o prazo necessário para a recuperação do capital investido, podendo ser simples (sem considerar

o custo de oportunidade) ou descontado (considerando o custo de oportunidade). Um projeto é considerado aceitável quando o seu período de retorno do investimento é inferior ao seu tempo estimado de vida útil.

O cálculo do *Payback* simples é demonstrado na Equação 3.12. Para calcular o *Payback* descontado basta trazer os fluxos de caixa para o valor presente, utilizando o custo de oportunidade (BRUNI *et al*, 1998).

$$\textit{Payback simples} = \textit{Período antes da recuperação total} + \frac{\textit{Custo não recuperado no início do período}}{\textit{Fluxo de Caixa durante o período}} \quad (3.12)$$

As vantagens da utilização do *Payback* são: facilidade de cálculo; fácil interpretação; e representa, ao mesmo tempo, uma medida de risco e de liquidez. As desvantagens residem no fato de não expressar uma medida de rentabilidade e não reconhecer os fluxos após o período do *payback*.

## 4. ABORDAGEM METODOLÓGICA

O desenvolvimento de conhecimentos científicos ocorre em decorrência dos resultados obtidos em um processo que exige uma metodologia de amparo ao pesquisador na criação, produção e conclusão da pesquisa (YIN, 2005).

Neste capítulo apresenta-se a metodologia empregada no trabalho de pesquisa que consubstancia esta dissertação. A metodologia utiliza diferentes técnicas – como as técnicas de preferência revelada e declarada, e o modelo *multinomial logit* - para a formulação da modelagem de previsão de demanda para o gás natural e determinação das variáveis-chaves para escolha de energético pelo setor industrial do CRAJUBAR. Buscou-se estabelecer o sistema de abastecimento de gás na região a partir da fonte supridora (navio tanque) que está localizada no terminal de GNL no Porto do Pecém (São Gonçalo do Amarante).

Outro método de auxílio à decisão que compõe a metodologia procede da Pesquisa Operacional: é o Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC), utilizado para obter a localização otimizada das usinas de regaseificação (USIREG's) visando minimizar o custo de distribuição de gás natural na região de estudo. Uma vez definidas as USIREG's, foram criados cenários de distribuição secundária de gás na área de estudo para submissão ao processo de avaliação econômica com as técnicas mostradas no capítulo anterior.

O capítulo está dividido em duas seções: procedimento metodológico e descrição das etapas da estrutura metodológica.

### 4.1 Procedimento Metodológico

#### 4.1.1 A natureza e o tipo da pesquisa

Quanto à natureza da pesquisa, este estudo se classifica como pesquisa aplicada, baseada na abordagem do caso de determinação da viabilidade da distribuição do gás natural a partir do reservatório (navio-tanque) de GNL do Porto do Pecém, incluindo modelagem de previsão de demanda pelo energético, para o corredor sul do Estado do Ceará, referindo-se ao ano de 2012.

A pesquisa aplicada tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos, além de envolver verdades e interesses locais

(Kauark *et al*, 2010). Para Appolinário (2004), as pesquisas aplicadas têm o objetivo de “resolver problemas ou necessidades palpáveis e imediatas”.

A pesquisa aplicada pode ser motivada por diferentes objetivos, como por exemplo: i) Buscar respostas (APPOLINÁRIO, 2004); ii) Testar teorias (GIL, 2002); iii) Caracterizar um contexto ou uma população (GIL, 2002); iv) Identificar probabilidades (MARKONI e LAKATOS, 2000); v) Explorar um aspecto pouco conhecido (GIL, 2002); vi) Determinar condições de fenômenos (GIL, 2002).

A pesquisa que embasou o presente Dissertação utiliza uma abordagem quali-quantitativa, dado que trabalha com a aplicação de um modelo quantitativo para definir o sistema de distribuição e os custos ligados à distribuição local, além da avaliação econômica de cenários. Ela também se propõem a descrever a região do CRAJUBAR em uma conjuntura socioeconômica, física e demográfica incorporada à determinação da demanda potencial por gás natural na região, caracterizando, assim, a parcela qualitativa do trabalho.

Esta abordagem, quali-quantitativa, é recomendada por Thiollent (1997), ao expor que as estruturas do conhecimento acadêmico não excluem o quantitativo e o qualitativo, enquanto o qualitativo remete a uma questão de semântica da linguagem com a qual são descritas as situações observadas; já o quantitativo é voltado para a medição; mas a medição sem conceito ou sem apuração qualitativa dos fenômenos não faz sentido.

O projeto pode ser considerado como “descritivo”, porque busca descrever as características de uma determinada população ou fenômeno; examinar opiniões, atitudes e histerese cultural de uma região; descobrir ou verificar a existência de associações/ relações entre variáveis (GIL, 2002).

Quanto aos meios ou ao escopo, a pesquisa enquadra-se em um “*estudo de caso*”, pois tem como fim avaliar alternativas para a distribuição de gás para os cenários considerados. Para Kauark *et al* (2000), o estudo de caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Yin (2005) salienta que a técnica do estudo de caso contribui, de forma inigualável, para a compreensão de fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos; e permite uma investigação que preserva as características holísticas e significativas dos eventos da vida real.

Além do mais, ainda conforme Yin (2005) existe três situações nas quais o estudo de caso é indicado. A primeira é quando o caso em estudo é crítico para se testar uma hipótese

ou teoria explicitada. A segunda situação para se optar por um estudo de caso é o fato dele ser extremo ou único. A terceira situação se dá quando o caso é revelador, que ocorre quando o pesquisador tem acesso a um evento ou fenômeno até então inacessível à pesquisa científica.

Quanto aos procedimentos técnicos, na pesquisa foram usadas a observação, a entrevista, e o questionário. Além disso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica que deu suporte para a construção do estudo, uma vez que possibilitou uma investigação sobre os assuntos mais relevantes em relação ao gás natural.

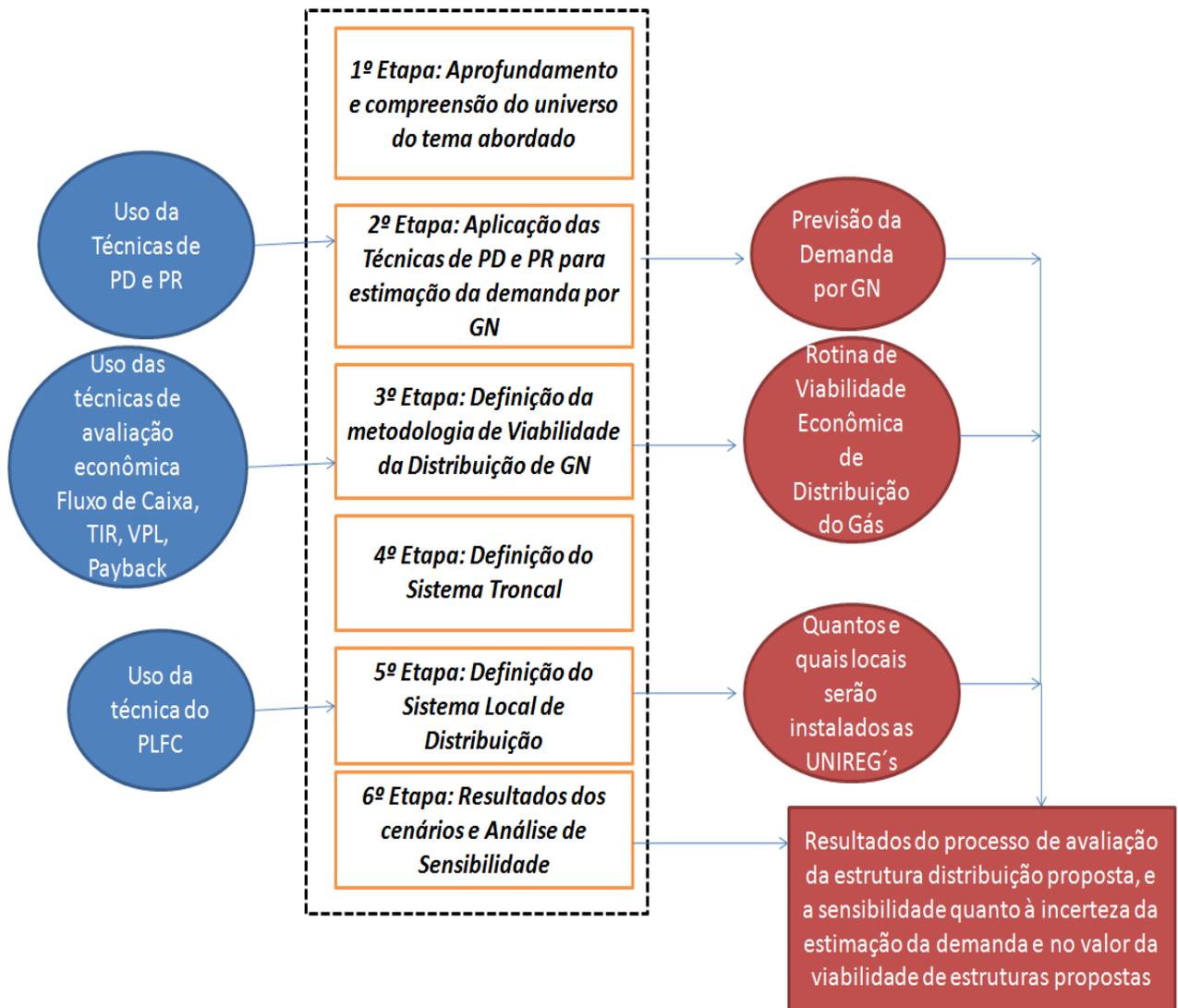
#### *4.1.2 Descrição das etapas da estrutura metodológica*

Como colocado anteriormente, o objetivo geral deste trabalho é ``elaborar uma metodologia de determinação da viabilidade da distribuição secundária do gás natural para regiões não atendidas por gasodutos, operacionalizada por uma rotina computacional, para suporte à tomada de decisão na alternativa de distribuição local na região do CRAJUBAR, com base em aspectos técnicos e econômicos, considerando a formação de custos e a previsão de demanda``.

O estudo de caso desta Dissertação foca as grandes e médias indústrias com potencial para uso energético de gás na região do Cariri (exceto cogeração, por haver um consenso sobre a não viabilidade do gás natural nesta categoria, nas regiões enfocadas). A pesquisa de campo constatou que os energéticos empregados nos segmentos industriais eram a lenha (predominante) e o GLP, os quais comporão o conjunto de escolha dos consumidores juntamente com o gás natural, no caso da disponibilidade deste último.

A FIGURA 4.1 mostra a estrutura metodológica empregada na Dissertação, cujas etapas são descritas a seguir.

FIGURA 4.1 – Etapas Metodológicas



### ***1ª Etapa: Compreensão e aprofundamento do tema abordado***

Nesta etapa, realizou-se um levantamento do Estado da Arte, envolvendo pesquisa bibliográfica de artigos acadêmicos, dissertações/teses, periódicos sobre o gás natural, com foco na distribuição de gás, na lei do gás, em preferência declarada, preferência revelada, PFCLC, roteirização, viabilidade econômica e busca de base de dados do governo e em *sites* especializados. Além disso, foram realizadas entrevistas com profissionais pesquisadores do setor do gás natural. Nesta etapa, também foi feita uma descrição da região de estudo e caracterização dos segmentos industriais potenciais consumidores de gás natural.

Após estudados e reportados a conjuntura do gás e o embasamento teórico de todas as técnicas utilizadas, partiu-se para a estimacão da demanda por gás natural na região de estudo.

***2º Etapa: Aplicação das Técnicas de PD e PR para estimação da demanda de gás natural.***

Na segunda, etapa determinou-se a demanda potencial de gás da região de estudo. Foram verificados os principais benefícios vinculados ao ingresso desta nova fonte energética no CRAJUBAR, tendo-se apresentado, também, os principais entraves para substituição energética na região. Além disso, fez-se uma análise dos dados oriundo do *Projeto GNPREV*, elaborado pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia (GLEN/UFC), em 2012. A etapa de estimação de demanda é composta por duas sub-etapas, a saber: a) seleção dos atributos; e b) determinação da forma funcional dos modelos de previsão de demanda por gás natural.

*a) Seleção dos atributos* - após uma extensa pesquisa bibliográfica, reuniões e entrevistas com especialistas em gás natural, foi possível então identificar os atributos (variáveis) que, de forma direta, influenciariam a escolha da fonte energética para gás natural nos processos produtivos industriais na área de estudo;

*b) Determinação da forma funcional dos modelos de previsão da demanda por gás natural:* a partir da análise da literatura no setor do gás bem como de pesquisa de campo na área do estudo, foi possível propor uma forma funcional para a função de utilidade de cada insumo energético disponível na área de estudo, para os casos das categorias de consumidores consideradas. Os modelos estão descritos a seguir:

➤ Os Modelos Preferência Revelada (PR) - a estrutura para os modelos de preferência revelada é a de um binário *logit*, sendo que a forma funcional do experimento de preferência revelada foi:

$$V_i^{PR} = ASC_i^{PR} + \beta_i X_i^{PR} \quad (4.1)$$

Onde:

$V_i^{PR}$ - componente sistemático da utilidade do energético i;

$ASC_i^{PR}$ - constante específica do energético i;

$X_i^{PR}$ - custo direto do energético i;

$\beta_i$ - coeficiente do custo direto do energético i.

➤ Os Modelos de Preferência Declarada (PD): A estrutura para o modelo de preferência declarada é também a de um binário logit, a forma funcional da função de utilidade do segmento grandes consumidores no experimento PD é:

$$V_i^{PD} = ASC_i^{PD} + \beta_1 X_{custe\ i}^{PD} + \beta_2 X_{cadap\ i}^{PD} + \beta_3 X_{riscam\ i}^{PD} \quad (4.2)$$

Onde:

$V_i^{PD}$ : componente sistemático da utilidade do energético  $i$ ;

$ASC_i^{PD}$ : constante específica do energético  $i$ ;

$X_{custe\ i}^{PD}$  - custo direto do energético  $i$ ;

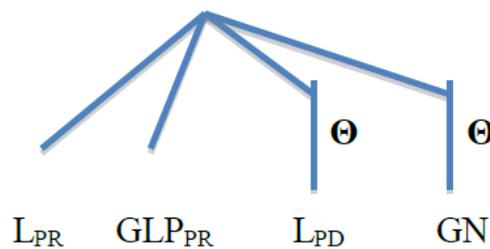
$X_{cadap\ i}^{PD}$  - custo de adaptação da empresa para utilizar o energético  $i$ ;

$X_{riscam\ i}^{PD}$  - variável dummy representando o custo ambiental associado ao energético  $i$ ; e

$\beta_j$  - coeficiente relacionado ao custo  $j$  na expressão (4.2).

➤ Os Modelos Conjuntos: a estrutura para o modelo conjunto PR e PD inclui o energético gás natural, ainda não existente no mercado (ver Figura 4.2)

FIGURA 4.2– Estrutura do Modelo Conjunto PR E PD.



Fonte: GLEN (2013)

A função de utilidade dos energéticos para o segmento grandes consumidores está apresentada como segue:

$$V_i = ASC_i^{corr} + \beta_1^b X_{custei} + \beta_2^b X_{cadapi} + \beta_3^b X_{riscami} \quad (4.3)$$

Onde:

$V_i$ : componente sistemático da utilidade do energético  $i$ ;

$ASC_i^{corr}$ : constante específica do energético  $i$ , corrigida segundo procedimento sugerido por McFadden (1974 *apud* Arruda, 1995);

$X_{custei}$ : custo direto do energético  $i$ ;

$X_{cadapi}$  - custo de adaptação da empresa para utilizar o energético  $i$ ;

$X_{riscami}$  - *variável dummy* representando o custo ambiental associado ao uso do energético  $i$ ;

$\beta_j^b$  - coeficiente relacionado ao custo  $j$  relativo ao melhor modelo obtido no processo de estimação.

A correção das ASC's é necessária porque os estimadores de máxima verossimilhança não são eficientes quando se trata de constantes específicas. McFadden (1974, *apud* Arruda, 1995) propõe uma fórmula de correção representada pela expressão:

$$ASC_{corrigida} = ASC_{estimada} - \ln \frac{H_g}{W_g} \quad (4.4)$$

onde  $H_g$  é a probabilidade de escolha da alternativa, calculada com a função de utilidade não calibrada e  $W_g$  é o percentual da alternativa na população.

*c) Pesquisa de campo (dados PR)* - nesta etapa foi elaborado o questionário PR, feita a programação de campo e o levantamento das informações primárias desejadas (ver Apêndice I). A partir das respostas do questionário de PR foi possível estabelecer uma ordem crescente de importância das variáveis que são chaves para o processo de escolha de insumo energético;

*d) Montagem do experimento PD* - utilizando-se as quatro variáveis mais importantes no processo de escolha do insumo energético, obtidas na etapa anterior: custo direto do energético, risco de fornecimento, custo de adaptação da empresa para utilizar o energético e risco ambiental (GLEN 2013), foi elaborado um questionário de PD (ver Apêndice II) o qual foi aplicado aos mesmos respondentes do questionário PR. A escolha do conjunto de alternativas do questionário PD pode ser estimada por um Plano Fatorial Fracionado que é uma estratégia para diminuir o número de combinações e de escolhas do cartão de resposta.

Neste caso, foi escolhido, no catálogo do *Manual de Projetos de Experimentos*, o Plano 44b, *Master Plan IV*, conforme *Hahn e Shapiro* (1966). As variáveis e respectivos níveis obtidos estão mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Variáveis e níveis utilizados para o experimento PD.

Níveis considerados	Variável			
	Custo Energético (R\$/m <sup>3</sup> )	Custo de Adaptação	Risco de Fornecimento	Custo Ambiental
0	2,6	0	Alto	Alto
1	1,45	100.000,00	Médio	Baixo
2	0,13	600.000,00	-	-

Fonte: GLEN (2013).

Vale ressaltar, de acordo com GLEN (2013), que uma análise dos dados levou à retirada da variável risco de fornecimento do conjunto de escolha, dado ter-se detectado que esta variável não era considerada significativa para os respondentes do segmento pesquisado.

*f) Estimação dos modelos de previsão de demanda:* com a obtenção dos dados PR e PD foi possível fazer a estimacão dos modelos de escolha cujas formas funcionais foram definidas na etapa b). Assim, os questionários de PD respondidos no trabalho foram compilados e utilizou-se o software BIOGEME, Versão 2.2, para calibrar os modelos.

Observe-se que, na modelagem de escolha discreta, os modelos somente com dados PR apresentam constantes específicas das alternativas (ASC) mais consistentes e os modelos somente com dados PD apresentam a possibilidade de se experimentar novos cenários, introduzindo alternativas ainda não existentes no ambiente de estudo, como é o caso do gás natural no sul do território cearense. O arquivo de saída do software apresenta resultados do desempenho estatístico dos modelos, a saber: i) matriz de correlação de Pearson; ii) coeficientes da função utilidade; iii) Verossimilhança; e iv) índice de ajuste estatístico global do modelo ( $\rho$ ).

*e) Previsão de Demanda* - com os modelos calibrados, foi possível estimar a demanda por gás natural na categoria industrial para a área de estudo.

### ***3º Etapa: Definição da Metodologia VEGAN***

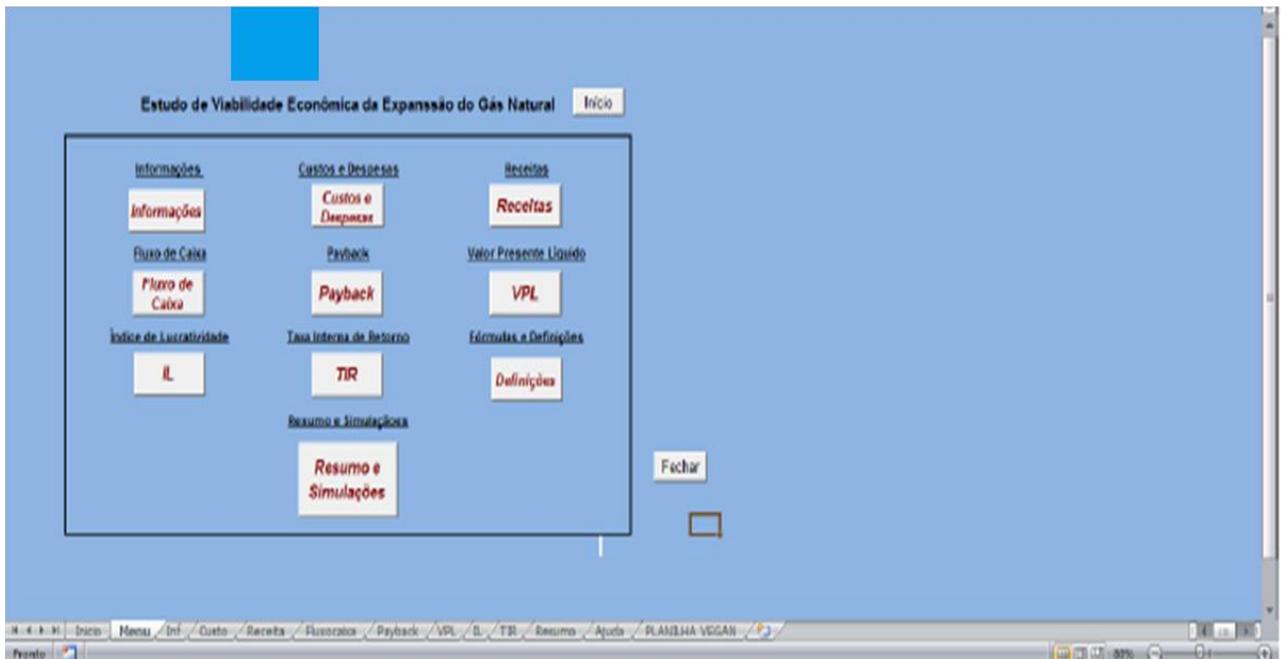
A etapa de definição da viabilidade de distribuição de gás natural, apresentada neste trabalho, envolve três sub-etapas: a) elaboração do sistema de custos; b) desenvolvimento de metodologia de viabilidade; e c) compilação dos dados em planilha eletrônicas.

a) *Elaboração do sistema de custos*: neste ponto, são levantadas informações gerais sobre a formação de custos no setor de gás natural, com o intuito de constituir uma base de dados que comporá a metodologia e a rotina de viabilidade econômica da distribuição do gás em um dado cenário. São utilizadas técnicas de levantamento de dados como entrevistas, observação pessoal, análise documental, técnicas de modelagem de processos, e elaboração e análise de fluxogramas para os processos padronizados. Toda a apuração de informações visa construir um sistema de custos coerente. A relevância neste ponto está na definição dos dados de entrada e saída do sistema de custos, na coerência entre a definição do sistema de custos e a realidade na qual sistema está inserido.

b) *Desenvolvimento da metodologia de viabilidade*: ocorre após as apurações das informações sobre os processos de custeio e a definição de quais custos comporão o sistema de custos. Em seguida, faz-se necessário a avaliação dos investimentos no projeto em pauta. Para tanto, são elaborados os fluxos de caixa através do levantamento histórico de demonstrações de resultado do exercício e a avaliação dos fluxos de caixa por meio do levantamento de indicadores financeiros, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*. Tanto a elaboração do demonstrativo do resultado dos fluxos como a apresentação da base teórica dos indicadores financeiros foram apresentados anteriormente ( ver Capítulo 3).

c) *Compilação dos dados em planilha eletrônica*: a metodologia de avaliação da viabilidade desenvolvida foi implementada em planilha eletrônica. A rotina da Viabilidade Econômica do Gás Natural (VEGAN), foi desenvolvida por Glen (2013), com intuito de facilitar a obtenção do Demonstrativo do Resultado dos fluxos financeiros e dos indicadores de avaliação de investimentos, logo esta planilha foi adaptada e instrumentalizada para uso nesta dissertação; buscou-se, assim, verificar a viabilidade da estrutura de oferta proposta nos cenários de demanda pelo energético.

FIGURA 4.3 - Planilha VEGAN



Fonte: GLEN/UFC, 2013.

A planilha VEGAN possibilita a exploração de vários cenários de distribuição de gás natural permitindo a simulação da viabilidade dos projetos de investimento. Os custos operacionais envolvidos com a estrutura ilustrativa que alimentaram a Planilha VEGAN foram dimensionados a partir de algumas hipóteses de custos unitários obtidos de forma direta, na sub-etapa b) , e indiretamente em sites e material bibliográfico.

#### ***4ª Etapa: Definição do Sistema Troncal.***

Entende-se como sistema troncal a linha principal de maior capacidade (ou caminho de traslado mais viável) que interliga regiões. O sistema troncal define o modal de transporte, a rota utilizada, a quantidade máxima transportada e a infraestrutura de transporte troncal.

Nesta etapa, são apresentadas as características da infraestrutura logística de transporte necessária para o deslocamento do gás natural da fonte supridora (no caso em estudo, localizada no terminal de GNL do Porto Pecém, em São Gonçalo do Amarante/CE) à fonte receptora (no caso em estudo, localizada na região do Crajubar, sul do território cearense). No caso em estudo, a distância que separa a fonte supridora da região de consumo

potencial de gás natural é superior a 600 km. Portanto, conforme Vaz *et al* (2008), para esta distância o mais viável é o transporte de gás no estado líquido. Logo, considera-se que o sistema troncal opera com GNL.

### ***5ª Etapa: Definição do Sistema Local de Distribuição.***

Após a definição do sistema troncal de distribuição, é preciso definir o sistema de distribuição secundária (local) de gás na região de consumo, a infraestrutura de regaseificação e os custos necessários para o transporte de gás. Diante das diversas possibilidades para distribuição secundária, faz-se necessário a análise de alguns cenários envolvendo as facilidades de regaseificação (UNIREG) e a rede de gasodutos ou de gasodutos virtuais para levar o gás (GNC) aos consumidores na região de estudo.

A técnica do PLFC mostra-se satisfatória para decisão de localização das UNIREG's, minimizando os custos globais do sistema - o somatório dos custos de instalação das facilidades e os custos de distribuição.

A localização das UNIREG's por meio da técnica do PLFC pode privilegiar localidades que contenham empresas com elevada demanda por gás natural dentro da região em estudo, como visto na etapa 2. Inicialmente, fez-se o georeferenciamento das empresas que apresentam processos industriais passíveis de substituição energética por gás natural na região (o que pode ser feito utilizando, por exemplo, o *Google Earth*). Em seguida, deve-se estabelecer as distâncias entre as empresas deste grupo amostra (no caso do *Google Maps*, pode-se utilizar a função "Como Chegar").

O objetivo desta etapa é determinar quantos e em quais locais serão instaladas as UNIREG's. Diante disso, conforme Rocha (2008, 2010) e Praça (2003), é necessário definir as variáveis de entrada e saída, as relações matemáticas entre essas variáveis e a função objetivo.

➤ *Variáveis de entrada*:  $N$  (número de empresas contempladas no modelo),  $R$  (capacidade de regaseificação das UNIREG's),  $D_j$  (demanda de gás natural por cliente),  $C_{ij}$  (custo unitário do transporte de gás natural da UNIREG  $i$  para o cliente  $j$ ),  $C_{oi}$  (custo de transporte de gás natural do terminal de GNL no ponto  $o$  para a UNIREG  $i$  na empresa  $j$ ) e  $F_i$  (custo fixo para implantar uma UNIREG na empresa  $j$ ).

➤ *Variáveis de saída:* são as variáveis de resposta do modelo que auxiliam na tomada de decisão, ou seja, quantos são e onde devem estar localizadas na rede logística as UNIREG's. Assim, tem-se:

$X_{ij}$  – a variável inteira  $X_{ij}$ , representa a quantidade de gás natural fornecida pela UNIREG  $i$  para a empresa  $j$ ;

$Y_i$  – variáveis binárias, definem se uma facilidade (UNIREG) é implantada na empresa  $j$  ( $Y_i = 1$ ) ou não ( $Y_i = 0$ ).

➤ *Concepção da função objetivo e relação entre as variáveis:* a abordagem clássica do Problema de Localização de Facilidades Capacitado propõe solucionar o *trade-off* existente entre o custo de transporte e o custo de implantação de facilidades. Neste contexto, o uso do PLFC ajuda bastante no desafio de explorar um sistema de distribuição local de gás natural, como é o caso em estudo. O custo total é composto pela soma do custo fixo ( $F_i$ ) para implantar uma UNIREG na empresa  $j$ , do custo variável ( $C_{ij}$ ) para o transporte da empresa  $j$  até o cliente  $i$ , portanto o PLFC pode ser formulado como um modelo de programação linear inteira e binária, como apresentado a seguir:

$$\text{Min} \sum_{i \in I} F_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} x_{ij} \quad (4.5)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = D_j, \forall j \in J \quad (4.6)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq R_i y_i, \forall i \in I \quad (4.7)$$

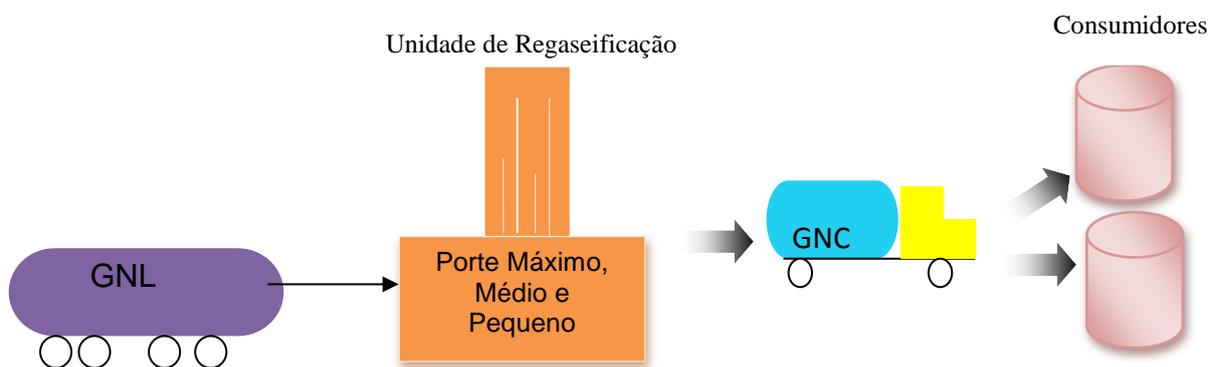
$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I \text{ e } \forall j \in J \quad (4.8)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \forall i \in I \quad (4.9)$$

A Equação 4.6 assegura que a demanda por gás natural de cada empresa seja satisfeita. A Equação 4.7 assegura que nenhum cliente seja atendido por uma facilidade fechada e que o total de demanda atendida pela facilidade não ultrapasse a sua capacidade. As equações 4.8 assegura que as quantidades transportadas não sejam negativas. A Equação 4.9 estabelece um sistema binário que assume valor zero quando a instalação não é alocada em  $i$ , e valor um, caso contrário.

Com base na modelagem e nos resultados obtidos do uso da técnica PLFC, podem-se explorar cenários que mais se aproximam à realidade do problema proposto. No caso em estudo, os cenários estabelecidos para a distribuição local seguiram os padrões mostrados na FIGURA 4.4.

FIGURA 4.4 – Cenários de distribuição local de gás natural no CRAJUBAR.



A variação no porte das unidades de regaseificação, mas precisamente da capacidade de oferta de gás, permite a exploração da infraestrutura logística e econômica necessária na região supracitada, utilizando análises de sensibilidade. Observa-se que se começa com a escolha da mais adequada estrutura de distribuição secundária local, dada a estrutura troncal de distribuição. Em seguida, por meio da modelagem de escolha discreta com dados conjuntos de preferência revelada e declarada, estima-se a demanda potencial de gás na região; terceiro, cria-se uma matriz de oferta plena e demanda por cliente de gás na área de estudo; estabelecida esta matriz, desenvolve-se um modelo matemático, com base no PLFC, para indicar o número e o porte das UNIREG's necessárias; a partir de então, com base nos resultados da função-objetivo do PLFC, pode-se avaliar a viabilidade logística e financeira dos cenários considerados (através da Planilha VEGAN).

### ***6º Etapa: Resultados dos cenários e Análise de Sensibilidade***

Nesta etapa, utilizando a Planilha VEGAN, pode-se desenvolver uma análise de sensibilidade, ou seja do comportamento do VPL para vários cenários, com vistas a identificar as consequências das incertezas tanto na estimação da demanda quanto no valor dos parâmetros utilizados na estrutura proposta de avaliação da viabilidade vinculados ao desempenho de cada cenário considerado.

#### **4.2 Período da Pesquisa**

A pesquisa bibliográfica foi realizada no período de junho de 2012 a agosto de 2013. O estudo de caso, envolvendo pesquisa de campo, construção e aplicação da metodologia, no período de janeiro a outubro de 2013. A fase de elaboração escrita desta Dissertação foi realizada ao longo de todo o trabalho, concomitantemente às atividades explicitadas.

#### **4.3 Base de Dados**

O caso de estudo desta Dissertação utilizou a base de dados do projeto de pesquisa intitulado Previsão de Demanda e Análise de Oferta do Gás Natural: Estudo do Caso do Corredor Nordeste-Sul do Estado do Ceará- Projeto GNPREV, desenvolvido, no âmbito da Rede Cooperativa de Pesquisa Norte-Nordeste de Gás Natural (RECOGAS), pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia (GLEN), da Universidade Federal do Ceará (UFC), com término em abril de 2013, e tendo como patrocinadores a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o CENPES/Petrobras.

A base de dados compõe-se de informações coletadas a partir de pesquisas de campo e secundárias efetivadas no referido Estudo, que teve a efetiva participação do autor desta Dissertação, a qual buscou expandir os resultados da pesquisa original, aprofundando e abordando outras perspectivas na temática enfocada.

## 5. CASO DE APLICAÇÃO

O presente Capítulo 5 descreve a área de estudo, detalha a pesquisa de campo e explicita a análise dos resultados obtidos na pesquisa.

### 5.1 Descrição da área de estudo

A região do Cariri é uma região que apresenta características plurais, seja do ponto de vista ecológico climático, seja do ponto de vista socioeconômico. A região do Cariri está localizado ao sul do Estado do Ceará e contem áreas úmidas e produtivas (férteis) em vales de pé de serra e da Chapada do Araripe.

Conforme Araújo (2011), ainda que a região esteja inclusa no sertão semiárido e no “Polígono das Secas”, ela possui boas condições climáticas, não sofrendo dos efeitos das estiagens com maior intensidade, principalmente a região central do triângulo urbano que, em virtude das encostas da Chapada, recebe uma quantidade de chuvas acima das médias do sertão.

Esta singularidade ecológica e climática no sertão faz com que abordagens que reflitam a importância da preservação ambiental sejam debatidas e ações para corroborar com o zelo ambiental sejam tomadas. Uma dessas ações para a conservação da flora e fauna regionais foi a criação da Floresta Nacional de Araripe –Apodi (FLONA), em 02.05.1946, em cumprimento do Decreto-Lei nº 9.226 (IBAMA, 2006). A FLONA foi a primeira do Brasil, permitindo à Região do Cariri a preservação da sua vegetação característica e de várias fontes hídricas, o que a diferencia das demais regiões do Nordeste brasileiro.

A posição geográfica central somada à presença de água aflorante (fontes perenes) e à qualidade dos solos foram fatores preponderantes para a evolução do núcleo urbano que hoje conforma a Região Metropolitana do Cariri (RMC).

A região do Cariri possui 33 municípios e contém uma Região Metropolitana formada por 9 cidades (RMC), como pode ser visto na Figura 5.1.

As cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha formam hoje uma conurbação denominada CRAJUBAR, constituindo um dos polos de desenvolvimento do Estado do Ceará com a maior concentração populacional e o principal eixo econômico da região sul do Estado. A importância desta região pode ser observada na Tabela 5.1, onde as cidades do

CRAJUBAR se diferenciam das demais cidades componentes da RMC com relação à população, ao PIB a preços correntes e consequente PIB *per capita*.

Figura 5.1 – Mapa da Região Metropolitana do Cariri



Tabela 5.1 – População, PIB a preços correntes e PIB *per capita* das cidades da RMC.

Cidade	PIB a preços correntes	População	PIB per capita
Juazeiro do Norte	1.959.969.000	249.939	7.841,79
Crato	846.429.000	121.428	6.970,62
Barbalha	454.410.000	55.323	8.213,76
Missão Velha	151.710.000	34.274	4.426,39
Jardim	102.759.000	26.688	3.850,38
Cariri	95.077.000	26.393	3.602,36
Farias Brito	74.022.000	19.007	3.894,46
Santana do Cariri	73.575.000	17.170	4.285,09
Nova Olinda	65.168.000	14.256	4.571,27

Fonte: IBGE (2010)

A Tabela 5.1 mostra que a região do CRAJUBAR detém cerca de 85% do PIB e concentra, aproximadamente, três quartos da população total da RMC, além de apresentar PIB *per capita* médio 44% superior aos dos outros municípios. Estes indicadores equiparam as cidades do CRAJUBAR a algumas cidades da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

A RMC tem como área de influência toda a região Sul do Estado do Ceará, assim como as zonas limitantes deste com os estados do Piauí, Pernambuco e Paraíba. Juazeiro do Norte é a principal cidade da região e é considerada um dos maiores polos de religiosidade popular do país, atraindo milhões de visitantes todos os anos.

Como exposto por Araújo (2011), Juazeiro do Norte, o município mais populoso do interior do Ceará, destaca-se por ser um centro comercial e religioso, além de deter o maior número de micro e pequenas empresas, sendo comum a expressão regional: “em todo canto que você andar em Juazeiro do Norte, vai achar uma fábrica de calçado”.

Para conhecimento adicional de informações sobre a conurbação CRAJUBAR, pode-se ter acesso ao perfil municipal destas cidades. O Perfil Municipal é disponibilizado no site do IPECE e apresenta as principais características geográficas e socioeconômicas.

A região do Cariri, dado sua riqueza de recursos hídricos, minerais e edafoclimáticos, apresenta uma atividade agropecuária diversificada, além da presença de empresas dos setores de metalurgia, ourivesaria e derivados do couro.

Diversos tipos de atividades econômicas operam no CRAJUBAR - como indústria, comércio, escolas e faculdades, hospitais e clínicas, bares, restaurantes e hotéis, entre outras. Com relação às indústrias, o CRAJUBAR comporta diversas unidades de produção de calçados, de confecções, empresas que produzem artefatos cerâmicos, cimenteira, unidades de produção de joias e folheados etc. Na região encontra-se 520 indústrias que compõem o distrito industrial do CRAJUBAR (ARAÚJO, 2011).

Em relação à infraestrutura da RMC, dentre os principais acessos terrestres pode-se destacar a BR 122 e as CE's 060, 293, 080, 386, 492 e 055. A região conta, também, com um aeroporto de porte regional, administrado pela Infraero, localizado no Município de Juazeiro do Norte. Segundo a INFRAERO (2012), o Aeroporto de Juazeiro, devido a sua localização estratégica, atende as regiões Centro e Sul do Ceará, Noroeste de Pernambuco, Alto Sertão da Paraíba e Sudoeste do Piauí.

É importante ressaltar, ainda, que a Região do Cariri é cortada pelo traçado da Ferrovia Nova Transnordestina e que esta, quando pronta, constituir-se-á em uma importante ferramenta para o desenvolvimento econômico da região. Também, um trecho ferroviário

urbano (Metrô do Cariri) foi inaugurado em 2009, com cerca de 13 km de extensão, ligando as cidades de Crato e Juazeiro (GLEN, 2012).

Ainda no que tange à questão de infraestrutura, a RMC apresenta uma significativa presença de instituições financeiras, rede de telefonia móvel, fixa e de *internet* em franca expansão, emissoras de rádio e televisão, ampla rede de hospitais e de instituições de ensino superior, além da maior rede hoteleira da região Sul do Estado.

Conforme GLEN (2013), é importante destacar que a realização de investimentos em infraestrutura e nos serviços públicos oferecidos à população da RMC, a exemplo da ampliação e diversificação da matriz energética da região, contribuirá bastante para a consolidação dos APL's e o fortalecimento da economia na região como um todo, incrementando, dessa maneira, as oportunidades de emprego e a geração de renda, principalmente para os segmentos mais desfavorecidos e vulneráveis da população local.

Em relação ao consumo energético, conforme estudo realizada por GLEN (2013), o consumo total diário de energéticos na RMC para o segmento industrial é de cerca de 177.000 m<sup>3</sup>/dia de GN equivalente. Os municípios de Barbalha e Crato respondem por 82% do consumo de energéticos na região, pois nos mesmos encontram-se industriais do setor de cimento e cerâmicas que apresentam maior demanda por GN.

Portanto, parece haver um mercado potencial significativo para o gás natural no CRAJUBAR, o que motivou a presente Dissertação.

## **5.2 Pesquisa de Campo**

Após o levantamento do universo de empresas potenciais consumidoras de gás natural na RMC, foram determinadas as amostras para aplicação de questionários de Preferência Revelada e de Preferência Declarada no segmento industrial na região do Cariri.

A escolha das empresas com potencial de consumo de gás natural na região considerada baseou-se em pesquisa junto às empresas que utilizam energéticos no seu processo produtivo passíveis de serem substituídos pelo gás natural. Prioritariamente, estas foram as empresas que utilizam lenha e GLP. Outros energéticos utilizados, embora em escala insignificante, na região estudada, e passíveis de substituição pelo gás natural são o coco babaçu e resíduos industriais. Há também o coque, que é utilizado, em larga escala, pelas indústrias do ramo cimenteiro. Por sua atual insignificância de escala, o coco babaçu e os

resíduos industriais não foram considerados no conjunto de escolha dos respondentes no presente Estudo.

A coleta das informações sobre as unidades empresariais foi realizada utilizando como base o Guia Industrial do Ceará (FIEC, 2012) e listas complementares fornecidas pela FIEC e por sindicatos empresariais locais - como o Sindicato das Indústrias de Calçados e Vestuários de Juazeiro do Norte e Região (SINDINDUSTRIA).

### **5.2.1 Primeira fase da pesquisa de campo – pesquisa piloto.**

Primeiramente, foi feita uma pesquisa piloto, onde foram aplicados questionários de preferência revelada (PR) junto a algumas empresas da área de estudo para identificar aquelas, por segmento empresarial, que seriam potenciais consumidoras de GN, os tipos de energéticos utilizados, seus preços de aquisição, os principais atributos levados em consideração na aquisição dos energéticos utilizados no processo produtivo e outras informações pertinentes (como endereço, tomador de decisão, contato, segmento etc.).

Na aplicação dos questionários PR, na primeira fase da pesquisa de campo, foram realizadas duas expedições da equipe do GLEN/UFC à Região Metropolitana do Cariri (RMC). O planejamento e execução da primeira fase da pesquisa de campo consistiu de três etapas, a saber:

- i) Seleção das empresas a serem entrevistadas;
- ii) Determinação do período de aplicação, dimensionamento dos recursos empregados, programação de visitas e cronograma de execução; e
- iii) Tabulação dos dados e análise dos resultados.

A seleção das empresas a serem entrevistadas foi realizada com base na pesquisa secundária supracitada e o contato inicial com cada empresa feito através de telefone. Foram contatadas empresas do setor cerâmico, fruticultura, mineração e empresas do ramo de serviços - como clubes, hotéis, bares, restaurantes e hospitais. Havia a perspectiva, no início do estudo, de levantar quais empresas teriam interesse em fazer cogeração de energia a partir do gás natural.

O período de aplicação da pesquisa piloto foi baseado na quantidade de recursos financeiros disponíveis em caixa na FCPC e na FUNAPE, na época, para as atividades do Estudo. Devido à distância entre a base do Estudo (Fortaleza) e a RMC, bem como ao tempo necessário para aplicação dos questionários, foram utilizados recursos humanos locais daquela região.

Foram utilizados 12 pesquisadores e 20 dias para aplicação dos questionários, sendo que 10 se deslocando a pé pelas zonas urbanas das cidades e dois em carros pelas zonas rurais da área de estudo. Nesta etapa da pesquisa foram aplicados 104 questionários. Foram entrevistadas responsáveis por empresas de diversos segmentos incluindo o calçadista, cerâmico, fruticultura, metalúrgico, químico, distribuição, hospitalar, serviços (bares, restaurantes e hotéis) entre outros.

### **5.2.2 Segunda fase - pesquisa de campo.**

Com base nos resultados da pesquisa piloto foram dimensionadas as amostras e programada a pesquisa de campo na RMC. Considerou-se a hipótese de que esta região tem grande chance de propiciar a viabilidade da interiorização do uso do gás natural no Estado do Ceará, devido ao seu dinamismo econômico e por possuir empresas que consomem energéticos passíveis de substituição pelo gás natural.

De posse dos dados coletados na primeira fase da pesquisa de campo, foram elaborados três questionários, sendo um de preferência revelada, para aplicação em ambas as categorias de potenciais consumidores de gás natural, e dois questionários específicos de preferência declarada para as categorias *industrial* (grandes consumidores) e *cozinha industrial* (pequenos consumidores).

Porém, esta Dissertação se restringiu aos dados dos grandes consumidores, sendo importante esclarecer que a visão de grandes consumidores está restrita à realidade local, pois (como foi evidenciado nos capítulos 1 e 2) a distribuição de gás natural por gasoduto virtual é viável para pequenos e médios consumidores; logo, as empresas “grandes consumidores” do CRAJUBAR estão dentro desta faixa de atendimento e podem ser supridas por gasodutos virtuais, apresentando volumes de demanda de GN mais robustos comparados com aqueles das cozinhas industriais (restaurantes, bares etc.). Os questionários de preferência revelada e declarada estão expostos nos Apêndices I e II, respectivamente.

Nesta fase da pesquisa de campo foi realizada uma segunda expedição à RMC. As empresas amostradas foram selecionadas dentre o conjunto daquelas com uso atual de energéticos passíveis de serem substituídos por gás natural, indicadas através dos dados obtidos nos questionários PR, aplicados na pesquisa piloto. A Tabela 5.2 mostra a distribuição das empresas amostradas por região pesquisada.

Tabela 5.2- Número de empresas amostradas na RMC por categoria.

Região	Grandes Consumidores	Cozinha Industrial
RMC	24	62

Para a aplicação dos questionários PR e PD na Região Metropolitana do Cariri, dimensionou-se equipe de três pesquisadores e um veículo; um pesquisador atuando junto às empresas localizadas nos perímetros urbanos e dois pesquisadores atuando em empresas localizadas na zona rural ou em bairros distantes dos centros urbanos. Estipulou-se um período de 15 dias para aplicação dos questionários nesta região. Foram entrevistados 24 tomadores de decisão das empresas pertencentes à categoria *grandes consumidores* e 62 da categoria cozinha industrial.

### 5.3 Análise dos Resultados

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados das etapas da pesquisa que concernem às aplicações das técnicas de estimação (conjunta com dados PD e PR) de demanda de gás natural, da análise de viabilidade dos cenários considerados no estudo e a análise de sensibilidade em relação a alguns parâmetros-chaves.

#### 5.3.1 Resultados: Aplicação da técnica de estimação conjunta (com dados PD e PR) da demanda de gás natural.

No processo de modelagem foram utilizadas as estruturas e formas funcionais apresentadas no Capítulo 4, tendo sido calibrados inicialmente os modelos somente com dados de preferência revelada (PR) e somente com os dados de preferência declarada (PD). Após isto, foram calibrados os modelos com dados conjuntos PD e PR.

Como já estabelecido na literatura da modelagem de escolha discreta, os modelos somente com dados PR apresentam constantes específicas das alternativas (ASC) mais consistentes e os modelos somente com dados PD apresentam a possibilidade de se experimentar novos cenários, introduzindo alternativas ainda não existentes no ambiente de estudo, como é o caso do gás natural nos corredores estudados.

Na busca dos melhores modelos, vários modelos foram testados através da análise da suas consistências estatísticas. A calibração se deu pelo método de ajuste de máxima verossimilhança tendo sido feitas as correções das ASC`s para tornar eficientes seus estimadores, conforme procedimentos explicitados no Capítulo 4.

O melhor modelo obtido na categoria *industrial* foi utilizado para determinar as probabilidades de escolha dos energéticos, as elasticidades-preços da demanda e os consequentes valores de demanda potencial da categoria.

O Quadro 5.1 apresenta os indicadores estatísticos dos melhores modelos para a categoria *industrial*. O resultado obtido do melhor modelo (CONJUGRAN5) revelam que:

- i) Os coeficientes passaram no teste t-assintótico, sendo significativamente diferentes de zero, e apresentaram os sinais esperados;
- ii) As correlações entre atributos e ASC`s se mostraram relativamente baixas;
- iii) Os valores de  $\rho^2(0)$  e  $\rho^2(C)$  medem o ajustamento do modelo, mas seus valores absolutos só servem para comparar duas especificações desenvolvidas sob o mesmo conjunto de dados;
- iv) A hipótese nula de que todos os coeficientes dos atributos são zero foi rejeitada pelo cálculo da estatística  $2[\zeta(C) - \zeta(\beta)]$ ; e
- v) Os valores dos coeficientes árvore ( $\Theta$ ) mostraram-se insignificantes, o que não contradiz o fato de ter sido apropriado o artifício usado para introduzir o gás natural em árvore virtual no modelo de escolha.

A partir das funções de utilidade (estimadas com o melhor modelo) de cada energético considerado (lenha, GLP e gás natural), foram determinadas as probabilidades de escolha de cada energético e, conseqüentemente, o consumo potencial dos energéticos no caso da introdução do gás natural no conjunto de escolha dos consumidores.

Quadro 5.1 - Resultados dos melhores modelos (segmento grandes consumidores)

MODELO	Nº OBS	$\rho^2(\theta)$	$\rho^2(\xi)$	$\zeta(\theta)$	$\zeta(\xi)$	$\zeta(\theta)$	$\zeta(\xi)$	ASC1	ASC2	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha$	$\theta$
										CUSTE	CADAP	RUSCAM	GASTE	
GRANDPR1	99	0,7534	0,1455	68,6216	-19,8	-16,9188	5,76	3,511					0,7924	
								5,9					1,7	
								LENHA						
GRANDPD4	1020	0,07	0,0684	-707,0101	-705,7841	-657,494	96,58	-0,2946		-0,1878	-0,000002285	-0,3552		
								-1,9		-1,8	8,7	-6		
								GLP						
CONIGRAN2	1119	0,1254	0,0651	-775,6317	-725,5841	-678,3524	94,46	-0,3883	2,884	-0,1098	-0,000002188	-0,3416		0,5469
								-2,5	6,3	-1,1	-8,5	-5,8		0
								LENHA PD	LENHAPR					
CONIUGRAN	1119	0,1251	0,0647	-775,6317	-725,5841	-678,6385	93,89	-0,2946	2,851	-0,1878	-0,000002239	-0,3552		NÃO APRESENTADO
								-3	6,2	FIXO	-9,5	-6,3		
								LENHA PD	LENHAPR					
CONIUGRAN	1119	0,124	0,0635	-775,6317	-725,5841	-678,638	93,89	-0,2946	2,851	-0,1878	-0,000002285	-0,3552		1
								-3	FIXO	FIXO	-9,5	-6,3		TEST VALUE NA ITERAÇÃO
								LENHAPD	LENHAPR					

Fonte: GLEN (2013).

A Tabela 5.3 mostra a demanda (em equivalentes m<sup>3</sup> por dia) de gás natural e a probabilidade de escolha para cada energético, na categoria *industrial*, na região do RMC.

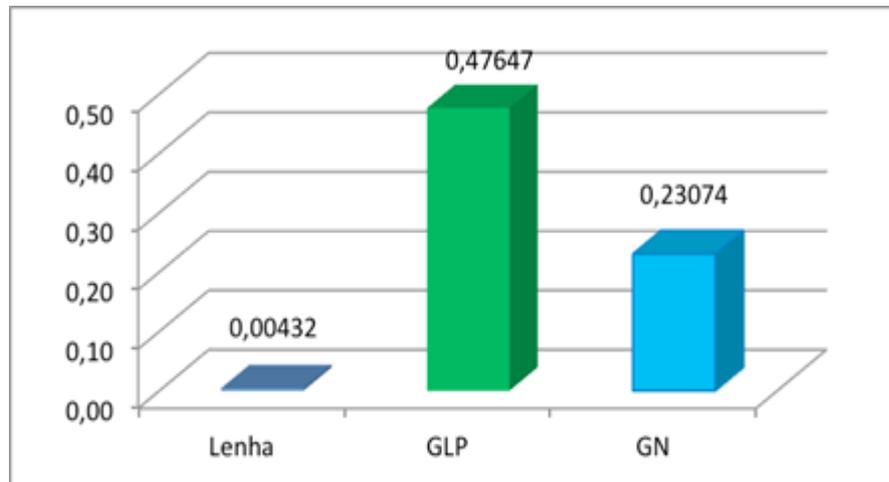
Tabela 5.3 – Demanda global estimada de gás natural na RMC

	Energético	Probabilidade de Escolha pelo Energético	Demanda Estimada (em m <sup>3</sup> /dia de GN equivalente)
Grandes consumidores	Prob_lenha	0,823	145.21
	PROB_GLP	0,024	4.236
	PROB_GN	0,153	27.007
	Total	1	176.54

Além da demanda equivalente, foi realizada uma análise da elasticidade para cada segmento. A elasticidade direta da demanda de cada energético define o quanto a demanda por este energético diminuirá quando ocorrer um aumento unitário no seu custo. A Figura 5.2

apresenta os valores calculados das elasticidades diretas para os energéticos na categoria de consumidores considerada.

Figura 5.2 - Elasticidade direta dos energéticos para o segmento grandes consumidores (categoria *industrial*).



Fonte: GLEN (2013).

A Figura 5.2 mostra que uma variação de 10% no preço da lenha, do GLP ou do gás natural na região em estudo implicaria em uma diminuição da demanda de 0,04% para a lenha, 4,7% para o GLP ou 2,3 % para o gás natural, para a categoria *industrial*.

Observe-se que o GLP apresenta a maior resposta à variação no preço unitário do energético, certamente por ser muito mais caro que a lenha e não obstante estar consolidado com menor risco de fornecimento e menor impedância na legislação ambiental quanto ao seu uso. Já a demanda pelo gás natural se mostra bem menos sensível à variação no seu preço que o GLP, o que indica uma maior competitividade potencial do gás natural nesta categoria.

Por outro lado, a Tabela 5.4 mostra que a lenha apresenta cerca de duas vezes a elasticidade cruzada do GLP, ou seja, um aumento no preço unitário da lenha implicará em cerca do dobro de perda da sua demanda, em relação ao GLP. Isto está coerente com as restrições legais e ambientais associadas ao uso da lenha, ainda predominante na categoria.

**Tabela 5.4** - Elasticidade cruzada dos energéticos predominantemente utilizados na RMC.

<b>Elasticidade-custo cruzada do energético</b>		
[ $=(-\text{prob}_{\text{energ}}) \times \text{Custo}_{\text{energ}} \times \text{Coef\_Custo}$ ]		
<b>Categoria</b>	Lenha	GLP
Grandes Consumidores	0,020097	0,011805

Fonte: GLEN (2013).

A demanda estimada de gás natural, na região da RMC, na categoria *industrial*, é de 27.007 m<sup>3</sup>/dia. Note-se que esta região apresenta um potencial de consumo que equivalia a 7% da demanda atendida no âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza pela CEGÁS (no mês de julho de 2012), excetuando-se o atendimento das termelétricas.

#### 5.3.1.1 As demandas estimadas para o setor industrial da RMC

A Tabela 5.5 apresenta as demandas estimadas de gás natural na categoria *industrial*, na Região Metropolitana do Cariri, nos dois corredores estudados. Observa-se que Barbalha e Crato lideram a demanda potencial pelo energético. Vale ressaltar que o alto valor da demanda de Barbalha se deve à demanda da indústria cimenteira lá existente a qual, por si só, responde por 41 % da demanda global de energéticos da região.

Tabela 5.5.- Demanda diária potencial de GN, por cidade, na categoria *industrial*.

<b>Cidade</b>	<b>Demanda diária potencial de GN (m<sup>3</sup>)</b>
Barbalha	13.066
Crato	9.102
Juazeiro do Norte	4.287
Missão Velha	488
<b>Total</b>	<b>27.007</b>

Fonte: GLEN (2013).

A Tabela 5.6 mostra a demanda estimada, desagregada por segmento de mercado consumidor. Deve-se atentar para o fato de que os segmentos “cimento” e “cerâmicas” representam mais de 80% da demanda total estimada do gás natural nos corredores estudados. Da mesma forma, os segmentos “calçadista” e “gesso” se destacam em termos de demanda pelo energético na região em estudo.

Tabela 5.6 - Demanda potencial diária de GN da Categoria *Industrial* na área de estudo

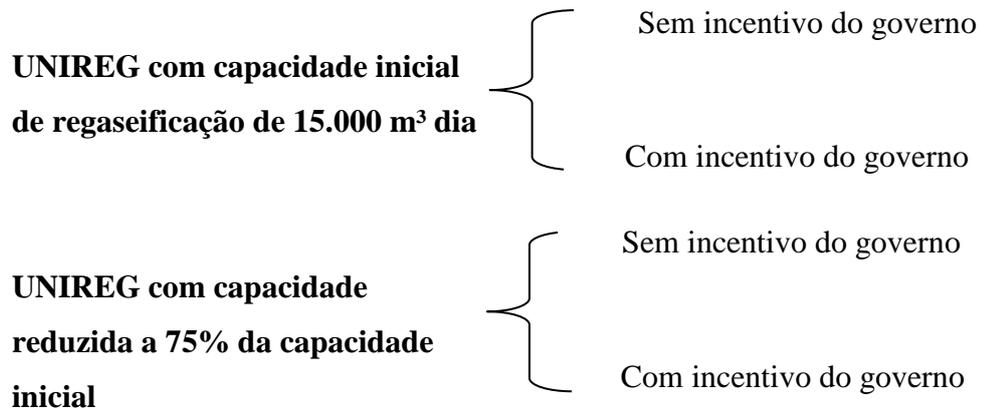
Segmento	Demanda diária potencial de GN (m <sup>3</sup> )	Demanda Anual de GN (m <sup>3</sup> )	Representação (%)
Metal-mecânica	65	23.400,00	0,2%
Alumínio	5	1.800,00	0,0%
Papel	74	26.640,00	0,3%
Química	79	28.440,00	0,3%
Cerâmica	11126	4.005.360,00	41,2%
Gesso	1939	698.040,00	7,2%
Calçadista	1862	670.320,00	6,9%
Velas	10	3.600,00	0,0%
Bebida	107	38.520,00	0,4%
Farmacêutica	611	219.960,00	2,3%
Cimento	11067	3.984.120,00	41,0%
<b>Total</b>	<b>27.007</b>	<b>9.700.200,00</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Adaptado de GLEN (2013).

Neste trabalho, as demandas do grupo de clientes no triângulo do CRAJUBAR equivalem a: 10 indústrias calçadistas, 2 indústrias de alumínio, 2 fábricas de refrigerante, 2 indústrias de cera, 15 indústrias de cerâmicas, 1 indústria farmacêutica, 1 indústria de gesso, 1 fábrica de cimento, 1 indústria metal-mecânica, 1 indústria de papel, 2 indústrias químicas; eram, ao todo, 39 grandes indústrias na região, na data da pesquisa.

Após a apresentação do resultado da demanda estimada por GN na região do CRAJUBAR, pôde-se desenvolver e expor os resultados de custos e de viabilidade da distribuição de GN para os cenários de distribuição secundária considerados. Para tanto, com o intuito de simplificar a explanação dos resultados, as terceira, quarta e quinta etapas da metodologia proposta foram apresentadas em uma única seção, havendo um seção específica para a sexta etapa (análise sensibilidade).

Os cenários da viabilidade da distribuição de GN no Cariri considerados são:



5.3.2 Definição dos sistemas troncal e local de distribuição e resultados de viabilidade,

5.3.2.1 *Cenários de Distribuição Local inicial de GNC: com e sem incentivo do governo.*

Antes da apresentação dos resultados de viabilidade econômica, é importante conhecer a estrutura logística considerada, que é composta por transporte troncal, através de carretas criogênicas para o transporte de GNL, como ilustrado na Figura 5.3, e a rota troncal por Brs que pode ser observada na figura 5.4 e por distribuição local, através da tecnologia GNC, como exposto no Capítulo 4. Vale ressaltar, ainda, que supõe-se que toda esta estrutura será custeada pela companhia distribuidora de gás na região.

Figura 5.3 – Transporte Troncal.



Figura 5.4 - Rota Troncal: Pecém – CRAJUBAR



Assim, as carretas criogênicas coletam o gás natural na sua forma líquida em uma base terrestre, vinculada por duto criogênico ao navio *Golan Spirit*, ancorado no Porto do Pecém. As carretas seguem para as unidades de regaseificação (UNIREG's) e compressão nas regiões demandantes onde o gás é comprimido (GNC) em cilindros de 35 m<sup>3</sup>. Posteriormente, os cilindros de GNC devem ser colocados em caminhões (bitrens) e enviados para os clientes.

Para o cenário inicial, foi considerado que a fonte supridora irá abastecer *a priori* 10 clientes candidatos a também serem UNIREG's<sup>5</sup>, os quais fornecerão GNC diariamente a seus respectivos clientes. Mas a hipótese levantada neste trabalho considera que as UNIREG's terão capacidade de abastecer tanto sua própria demanda quanto a demanda dos demais clientes da região. A capacidade de regaseificação de cada UNIREG é de 15.000 m<sup>3</sup>/dia, ou seja, com este valor o cliente candidato a ser UNIREG deve suprir sua própria demanda e com

<sup>5</sup> Este valor é considerado satisfatório, pois estes 10 clientes representam cerca de 82% da demanda potencial de GN na área de estudo, conforme se pode ver no Apêndice III.

o excedente suprir os outros clientes; por isto, temos que a oferta de cada unidade compressora é diferente.

Para os cenários de distribuição logística na região do CRAJUBAR, é fundamental estabelecer quais os custos de transporte troncal e de instalação das UNIREG`s. Para tanto, fez-se uso do Problema Localização de Facilidades Capacitado (PLFC). Isto significa que se deve conhecer os parâmetros de custos relacionados ao transporte do modal rodoviário e aos clientes candidatos a receber uma UNIREG`s. Para o cálculo destes parâmetros, foi adotado o seguinte procedimento:

i) Geração da matriz de distâncias rodoviárias (Apêndice IV) entre todos os clientes da região do CRAJUBAR e os locais candidatos a receber as UNIREG`s;

ii) Associação de um valor de R\$ 0,0014/km para o transporte de GNC em cada par de origem/destino dentro da região do CRAJUBAR. Este valor foi calculado a partir dos parâmetros de custo do GNC que é R\$ 0,1541/m<sup>3</sup> - obtido conforme Vaz *et al* (2008) quando transportado por uma distância média de 112 km;

iii) Cálculo dos custos de implantação das UNIREG`s em cada um dos clientes selecionados. Considerou-se que os custos de instalação das UNIREG`s são diferenciados; logo, o custo fixo da instalação (CF) da unidade compressora é dado pela fórmula:

$$\text{CF de Instalação} = \text{Gastos de aquisição do equipamento} / \text{Investimento do projeto} + \text{Custo de Operação}^6$$

Os equipamentos adquiridos para UNIREG`s, são: semi-reboques criogênicos, cavalo mecânico (para transporte troncal), trens de estrada (bitrens), cilindros para GNC (que varia de acordo com a capacidade de oferta da UNIREG, visto que a UNIREG suprirá a necessidade da empresa onde ela instalada), sistema de regaseificação, duto criogênico, e o reservatório de GNL. A quantidade destes equipamentos está subjugada a capacidade de regaseificação da unidade. Os valores dos custos de operação (depreciação, manutenção, mão de obra, energia elétrica), foram obtidos de acordo com Martinez (2009).

Os custos fixos das UNIREG`s podem ser observados na Tabela 5.7 .

---

<sup>6</sup> Depreciação, manutenção, mão de obra e energia elétrica.

Tabela 5.7 – Custos Fixos de Instalação das UNIREG`s.

Empresa	Cidade	Segmento	Custos Fixos de Instalação			
			Aquisição de Equipamentos	Operações (Depreciação, Energia Elétrica, Manutenção, Mão de Obra)	Total	
Itapui Barbalhense Ind de Cimentos S/A	Barbalha	CIMENTO	R\$ 10.417.551,25	R\$ 3.278.564,13	R\$ 13.696.115,38	
Trevo Drywall	Juazeiro do Norte	GESSO1	R\$ 12.524.627,27	R\$ 3.649.271,73	R\$ 16.173.899,00	
CECRATO	Crato	CERAMICA3	R\$ 12.553.227,27	R\$ 3.652.141,73	R\$ 16.205.369,00	
Cerâmica Gomes de Mattos	Crato	CERAMICA4	R\$ 12.566.427,27	R\$ 3.653.471,73	R\$ 16.219.899,00	
Cerâmica Batateira Ltda.	Crato	CERAMICA5	R\$ 12.577.427,27	R\$ 3.654.581,73	R\$ 16.232.009,00	
Cerâmica Barbalhense	Barbalha	CERAMICA1	R\$ 12.586.227,27	R\$ 3.655.471,73	R\$ 16.241.699,00	
Cerâmica Brito Trezzi Ltda.	Crato	CERAMICA6	R\$ 12.588.427,27	R\$ 3.655.701,73	R\$ 16.244.129,00	
CEMONTE	Crato	CERAMICA7	R\$ 12.614.827,27	R\$ 3.658.351,73	R\$ 16.273.179,00	
Farmace Indústria Químico-farmacêutica Ltda	Barbalha	FARMACEUTICA	R\$ 12.623.627,27	R\$ 3.659.241,73	R\$ 16.282.869,00	
Cristal Cerâmica	Crato	CERAMICA14	R\$ 12.030.827,27	R\$ 5.233.385,45	R\$ 17.264.212,73	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

iv) Geração da matriz de custos entre os clientes e os locais candidatos a serem unidades regaseificadoras (mostradas no Apêndice V).

É importante ressaltar que todo este procedimento está fundamentado em algumas hipóteses que objetivam a simplificação de todo processo de estruturação da distribuição secundária de gás no CRAJUBAR, a saber:

a) O custo de distribuição em GNC ( $CD_{GNC}$ ) é função direta apenas da distância ( $dist$ ) entre pontos de oferta e consumidores. Ou seja, admite-se que:

Custo associado à distribuição de GNC =  $0,0014 \times km \times 2$  ( em referência à ida e à volta)

No entanto, conforme Praça (2003) sabe-se que, na prática, é necessário congregiar no escopo dos custos de distribuição algumas variáveis como o horário de entrega, tempo e ocorrência de entregas, legislação, além de características físicas e operacionais dos veículos de entrega.

b) Os custos de distribuição permanecerão constantes ao longo de cada ano;

c) As distâncias entre os clientes e as UNIREG`s são euclidianas.

Aplicando o modelo matemático (apresentado na seção 4.1.2 desta Dissertação) para o Problema de Localização de Facilidades Capacitado, tem-se a função objetivo de custo total a ser minimizada composta por 400 variáveis. Sendo que, deste total, 10 são variáveis de instalação e as 390 restantes estão relacionadas à distribuição secundária de GNC em cada par UNIREG/cliente. Já as restrições do modelo matemático, dividem-se em 39 relacionadas à demanda de GN de cada cliente e 10 referentes às capacidades de atendimento das UNIREG`s. Foi usado na modelagem o software livre *Lpsolver*, versão 5.5.2.0.

A resolução do modelo apresentou um valor de R\$ 32.583.850,00 para a função objetivo, representando o custo minimizado do cenário inicial de distribuição de GNC na região do CRAJUBAR; o número de interações foi de 3.572. O Apêndice VI apresenta o resultado final completo para o modelo proposto, expondo as variáveis do problema e seus respectivos valores.

Contudo, é importante salientar que o horizonte de planejamento considerado no cenário é de um ano, ou seja, os custos fixos (depreciação, mão de obra e energia elétrica) devem se manter aproximadamente os mesmos nos anos seguintes, o que não acontece com o custo de aquisição de equipamento, já que este é desembolsado para edificação da UNIREG apenas no primeiro ano de operação.

As principais informações da resolução são destacadas na Tabela 5.8, onde se percebe um custo de aquisição de equipamentos igual a R\$ 25.139.454,55 proveniente da instalação de duas UNIREG`s nas cidades de Crato e Barbalha.

Tabela 5.8 - Síntese dos Resultados do Modelo Inicial – Cenários Iniciais.

Aquisição de Equipamento	Operações		Custo variável: distribuição	Gasto total
	Depreciação	E.Elétrica_Manut_Mão de Obra		
<b>R\$ 25.139.454,55</b>	R\$ 3.256.045,45	R\$ 4.051.568,00	R\$ 138.332,00	<b>R\$ 32.585.400,00</b>
Localização ótima – UNIREGs e Clientes				
Cerâmica 3 : CECRATO			Cerâmica 1: Cerâmica Barbalhense	
Alumínio Luzie Imp. e Exp. Ltda, Cajuína São Geraldo, Indústria de Borrachas e Calçados Kaiana (IBK), INBOP- Indústria de Borracha e Polímeros, Injetal Ind E Com De Calc Injetados, INDUVALE - Indústria de Calçados Ltda, BOFIL - Borracha e Plástico Industrial LTDA., GRENDENE CALÇADOS S.A., IBC - Industrial BOFIL de Calçados LTDA, EvaBrasil, IDUARTE - Indústria de Borracha Irmãos Duarte LTDA, Evaplast Industria e Comercio de Artefatos de Borrachas e Plásticos Ltda., IBOVALE - Indústria de Borracha do Vale LTDA., Velas Juazeiro, Indústria de Velas São Francisco, HG Indústria de Cerâmica LTDA, Ideval de Sousa Lima (Pé Seco), Cerâmica Nossa Senhora das Graças, João Gomes de Borba ME, Cristal Cerâmica, CECRATO, Cerâmica Gomes de Mattos, Cerâmica Batateira Ltda., Cerâmica Brito Trezzi Ltda., CEMONTE, Cerâmica Ponta da Serra, Cerâmica NR Ltda., Trevo Drywall, INCOPA-Indústria e Comércio de Papéis LTDA., Sabão Juá	2 Indústrias de Alumínio, 2 Indústrias do ramo de Bebidas, 11 Indústrias Calçadista, 2 Industrias de Ceras, 12 Indústria de Cerâmica, 1 Indústria de Gesso, 1 Indústria de Celulose (papel) e 2 Indústrias Químicas.	Bom Sinal, Cerâmica Barbalhense, Cerâmica Pinheiro, Farmace Indústria Químico-farmacêutica Ltda., Indústria de Borrachas e Calçados Kaiana (IBK), Itapuí Barbalhense Ind. de Cimentos S/A, Cerâmica Líder.	1 Indústria Metal Mecânica, 3 Indústrias de Cerâmica, 1 Indústria Calçadista, 1 Indústria de Cimento, 1 Indústria Farmacêutica	
	14 Indústrias de Crato, 15 Indústrias de Juazeiro do Norte e 1 Indústria de Barbalha		1 Indústria de Juazeiro do Norte e 6 Indústrias de Barbalha	

A análise dos resultados mostrados na Tabela 5.8 denota que esta solução está mais influenciada pelos custos fixos de instalação do que pelos custos variáveis. Quanto à espacialidade geográfica deste cenário, o modelo apresentou solução coerente. Vê-se que a UNIREG *Cerâmica Barbalhense* atende prioritariamente o município de Barbalha, embora a *Cerâmica Líder*, de Juazeiro do Norte, também seja atendida pela UNIREG de Barbalha. Isto ocorre porque (conforme pode ser observado no Apêndice IV) a distância da *Cerâmica Líder* à CECRATO é, aproximadamente, 1,8 vezes maior do que sua distância à *Cerâmica Barbalhense* e isto influencia diretamente no custo variável unitário de distribuição.

Observa-se, também neste cenário inicial, que não há folga das UNIREG's: a capacidade de regaseificação é plenamente utilizada.

Após a apresentação dos resultados dos custos fixos (de instalação) e do custo variável (de distribuição), faz-se análise de viabilidade com uso adaptado da planilha VEGAN.

### 5.3.2.2 Viabilidade econômica dos cenários de distribuição local de GNC.

Para a análise de viabilidade econômica do sistema de distribuição secundária de GN, proposta na metodologia da Dissertação, foi preciso obter algumas informações financeiras. Logo, para os cálculos deste estudo, as receitas, os salários dos funcionários, os custos variáveis e fixos, as depreciações e os impostos foram feitas com base em várias técnicas como: entrevista, observação pessoal, análise documental, técnicas de modelagem de processos. Estas informações foram configuradas ao molde do fluxo de caixa estabelecido na Planilha VEGAN.

As receitas anuais decorrentes da distribuição de GNC são apresentadas na Tabela 5.9 e envolvem:

a) Clientes: O tipo de cliente foi verificado na pesquisa de campo; são organizações, localizadas na região do CRAJUBAR, que apresentam em seus processos produtivos um potencial uso de gás natural como fonte energética usada na transformação da matéria-prima;

b) Demanda: em  $m^3/dia$ , foi estimada a partir dos resultados das pesquisas de Preferência Revelada e Declarada, com já exposto neste Capítulo;

c) Demanda anual com elasticidade: O valor da demanda anual foi considerado com a elasticidade direta, o valor da elasticidade direta é de 0,23074%, conforme mostrado na Figura 5.2;

d) Preço de Venda do GN: O valor de venda do GNC para a oportunidade da distribuição secundária previsto pela CEGAS é de R\$ 1,52/ $m^3$ ; este preço foi coletado em uma entrevista realizada com a distribuidora;

e) Para este cenário, enquanto uma estrutura troncal está abastecendo as UNIREG's no CRAJUBAR a outra está sendo abastecida no Porto do Pecém. O funcionamento da estrutura de distribuição é de 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Tabela 5.9 - Receitas Anuais (dos Cenários Iniciais).

	Diária (m <sup>3</sup> /dia)	Mensal	Anual	Anual com elasticidade direta	(R\$/m <sup>3</sup> )	R\$
Barbalha	13.554,79	406643,602	4879723,23	4890982,702	1,52	7417179,308
Crato	9.667,05	290011,388	3480136,65	3488166,719	1,52	5289807,71
Juazeiro do Norte	3.721,65	111649,639	1339795,67	1342887,114	1,52	2036489,417
Total						14.743.476,43

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação aos custos, excetuando-se os já apresentados na seção 5.3.2.1, temos:

f) Custos Variáveis: o Custo de Aquisição de GNL, conforme GLEN (2013), foi estabelecido no valor é R\$ 1,18/m<sup>3</sup>; o Custo de Distribuição otimizado, obtido conforme o resultado apresentado na modelagem dos cenários de distribuição; e o Custo de Regaseificação foi considerado R\$ 0,04/m<sup>3</sup> (obtido em VAZ *et al*, 2008).

Outras informações financeiras usadas foram:

g) Conforme Assaf Neto (2007), no Brasil, grande parte das empresas apresentam um alíquota de atividade de 20%, que compõem-se de: 13% de uma alíquota de Imposto de Renda da Pessoa Jurídica - IRPJ e 7% referente à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido – CSSL;

h) A parcela referente aos tributos federais e estaduais para 1,0 m<sup>3</sup> de gás natural para uso industrial no Estado do Ceará é de 26,25 %, conforme CEGAS (2013);

i) As despesas administrativas consideradas são os salários de mão-de-obra indireta das unidades compressoras (gerente de frota, auxiliar de frota, secretária, técnicos de gás, gerente da manutenção e auxiliares da manutenção) no valor de R\$ 1.814.411,64 anual, conforme GLEN (2013).

O demonstrativo do resultado do exercício, ao molde VEGAN, pode ser visto na Figura 5.5.

Figura 5.5 - Demonstrativo do resultados da análise de viabilidade financeira dos esquemas de distribuição do gás natural.

(+) <b>Receitas</b>
(-) <b>PIS/COFINS</b>
(-) <b>ICMS</b>
(-) <b>CV (Custos Variáveis) e DV (Despesas Variáveis)</b>
(-) <b>CF (Custos Fixos) e DF (Despesas Fixas)</b>
(-) <b>Depreciação</b>
(=) <b>LLAIR (Lucro Líquido antes do Imposto de Renda)</b>
(-) <b>IR (Imposto de Renda)</b>
(=) <b>LLOpDIR (Lucro Líquido Operacional depois do Imposto de Renda)</b>
(+) <b>Depreciação</b>
(=) <b>FCOp (Fluxo de Caixa Operacional)</b>
(+/-) <b>Investimento/desinvestimento líquido em equipamentos</b>
(+/-) <b>Investimento/desinvestimento em capital de giro</b>
(=) <b>FCLivre (Fluxo de Caixa Livre)</b>

Fonte: GLEN (2013).

Para a análise de viabilidade do Cenário Inicial de distribuição de GNC na região do CRAJUBAR, são considerados os indicadores VPL, TIR, Fluxo de Caixa e *Pay-back*.

Atribuiu-se um valor para a taxa mínima de atratividade (TMA) de 8% a.a. Foram considerados 10 períodos para a análise de viabilidade e também um fator de crescimento de demanda de gás de 1,042 por ano, conforme histórico da CEGAS. Ao final do quinto período foi considerada a substituição dos equipamentos semi-reboque criogênico, cavalo mecânico (para transporte troncal), e trens de estrada (bitrens).

a) Cenário Inicial sem incentivo do governo.

Os resultados obtidos da aplicação da metodologia proposta nesta Dissertação, referente ao cenário inicial - sem incentivo do governo, são apresentados a seguir:

- Fluxo de Caixa negativo em todos os períodos;
- $VPL < 0$ ;
- $TIR < TMA$ ; e
- *Pay-back* simples e descontado  $> 10$  anos.

Para este cenário não há viabilidade econômica.

b) Cenário Inicial com incentivo do governo.

É fato comum a todos os cenários desenvolvidos com incentivo do governo que este incentivo ocorre na esfera estadual e corresponde à renúncia de 17% do ICMS. Os resultados foram:

- Fluxo de Caixa negativo até o sétimo período e positivo a partir do oitavo período;
- $VPL < 0$ ;
- $TIR < TMA$  e;
- *Pay-back* simples e descontado  $> 10$  anos.

Os Apêndices VII e VIII apresentam o fluxo de caixa dos respectivos cenários.

### 5.3.2.3 Cenários de distribuição de GNC com redução de 25% da capacidade inicial das UNIREG`s.

Nesta situação, a capacidade de regaseificação das UNIREG`s é reduzida a 75% da capacidade considerada nos cenários anteriores. Tal alteração é justificada em prol da maior agilidade no transporte do suprimento de GNC, tendo em vista que os efeitos desta redução implicam na possível instalação de mais UNIREG`s, e por conta de que, no modelo inicial, foi adotado um fator de abastecimento caracterizando que o cenário não suprirá a demanda total por GNC na região. Assim, a capacidade de regaseificação fica limitada a 11.250 m<sup>3</sup>/ dia de GN. Considera-se, para tanto, que os custos de instalação das unidades compressoras diminuíssem proporcionalmente com a capacidade da mesma.

Pretende-se, então, analisar como se comporta a solução do modelo diante das alterações operacionais e dos custos fixos das unidades compressoras. Há de se destacar que este novo problema não necessita de alterações na modelagem matemática do modelo inicial, apenas são realizadas atualizações da nova capacidade e dos novos custos fixos de instalação. Para este cenário, a resolução do modelo apresentou um valor de R\$ 43.650.590,00 para a função objetivo, representando o custo minimizado do cenário considerado para distribuição de GNC na região do CRAJUBAR; o número de interações do modelo foi de 19.587.

O Apêndice IX apresenta o resultado final completo para o modelo proposto, expondo as variáveis do problema e seus respectivos valores. As principais informações da resolução são destacadas na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Síntese dos resultados do modelo com redução de 25% da capacidade de regaseificação.

Aquisição de Equipamento	Operações		Custo variável: distribuição		Gasto total
	Depreciação	E.Elétrica_Manut_Mão de Obra			
R\$ 34.632.681,82	R\$ 4.336.418,18	R\$ 4.557.957,75	R\$ 123.532,25	R\$	43.650.590,00
Localização ótima - UNIREGs e Clientes					
Gesso1 : Trevo Drywall		Cerâmica 3 : CECRATO		Cerâmica 1: Cerâmica Barbalhense	
Alumínio Luzie Imp. e Exp. Ltda, BOPIL - Borracha e Plástico Industrial LTDA., Cajúna São Geraldo, Cerâmica Líder, Cerâmica Pinheiro, EvaBrasil, Evaplast Industria e Comercio de Artefatos de Borrachas e Plasticos Ltda., Farmace Indústria Quimico-farmacêutica Ltda., IBC - Industrial BOPIL de Calçados LTDA., IBOVALE - Indústria de Borracha do Vale LTDA., IDUARTE - Indústria de Borracha Irmãos Duarte LTDA., INBOP-Indústria de Borracha e Polímeros, Indústria de Borrachas e Calçados Kaiana (IBK), Indústria de Velas São Francisco, INDUVALE - Indústria de Calçados Ltda., Injetal Ind E Com De Calc Injetados, GRENDENE CALÇADOS S.A., Itapui Barbalhense Ind de Cimentos S/A, Sabão Juá, INCOPA-Indústria e Comércio de Papéis LTDA., Trevo Drywall, e Velas Juazeiro	2 Indústrias de Alumínio, 2 Indústrias do ramo de Bebidas, 11 Indústrias Calçadista, 2 Indústrias de Ceras, 2 Indústria de Cerâmica, 1 Indústria de Gesso, 1 Indústria de Cimento, 1 Indústria de celulose(papel), 1 Indústria Farmacêutica e 2 Indústrias Químicas.	CECRATO, CEMONTE, Cerâmica Batateira Ltda., Cerâmica Brito Trezzi Ltda., Cerâmica Gomes de Mattos, Cerâmica Nossa Senhora das Graças, Cerâmica NR Ltda., Cerâmica Ponta da Serra, Cristal Cerâmica, HG Indústria de Cerâmica LTDA., Ideal de Sousa Lima (Pé Seco), GRENDENE CALÇADOS S.A. e João Gomes de Borba ME	12 Indústria de Cerâmicas e 1 Indústria de Calçado.	Bom Sinal, Cerâmica Barbalhense, Itapui Barbalhense Ind de Cimentos S/A	1 Indústrias de Cimento, 1 Indústria de Cerâmica e 1 Indústria Metal Mecânica.
	16 Indústrias de Juazeiro do Norte, 4 Indústria do Crato e 5 Indústria de Barbalha		13 Indústrias de Crato		3 Indústrias de Barbalha

A solução apontou para a instalação de três unidades compressoras, sendo que os dois clientes encolhidos no modelo inicial se mantiveram, e foi acrescida a indústria de gesso Trevo *Drywall*, localizada no município de Juazeiro do Norte.

Quanto à espacialidade geográfica deste cenário, o modelo apresentou solução coerente, como no cenário inicial, visto que a UNIREG *Cecrato* e UNIREG *Cerâmica Barbalhense* atendem respectivamente as indústrias de Crato e Barbalha. Outro fato a considerar é que os clientes GRENDENE S/A e Itapuí Cimentos S/A são atendidos por duas unidades compressoras cada.

Ainda é importante ressaltar que as UNIREG`s Trevo Drywall e *Cerâmica Barbalhense* possuem sua capacidade plenamente utilizada; já a UNIREG *Cecrato* apresenta capacidade de regaseificação ociosa de 646.424 m<sup>3</sup> de GN por ano.

Em relação aos resultados de custos, estes são menos satisfatórios do que os do cenário inicial, visto que, em relação ao custo total da função objetivo, este cenário apresenta um custo superior de 34% em relação ao cenário inicial, o que se deve ao acréscimo de quase R\$ 10.000.000,00 no custo de aquisição dos equipamentos.

A estratégia da redução da capacidade de regaseificação tem como objetivo a diminuição do custo fixo de instalação; porém, embora o custo unitário diminua, ele não compensa, por conta da quantidade de UNIREG`s que devem ser instaladas para suprir a demanda dos clientes. Portanto, a UNIREG de pequeno porte não foi considerada nesta Dissertação, o que reduziria a capacidade regaseificação da unidade compressora em 50%.

Considerando as mesmas informações financeiras da seção anterior, temos que os resultados obtidos na aplicação da metodologia proposta, para estes cenários, são:

a) Cenário com redução da capacidade de regaseificação sem incentivo do governo.

Os resultados deste cenário são:

- Fluxo de Caixa negativo em todos os períodos;
- $VPL < 0$ ;
- $TIR < TMA$ ; e
- *Payback* simples e descontado  $> 10$  anos.

Assim, para este cenário não há viabilidade econômica.

b) Cenário com redução da capacidade regaseificação com incentivo do governo.

Os resultados são:

- Fluxo de Caixa positivo no décimo período, no valor de R\$ 4.976.006,15;
- $VPL < 0$ ;
- $TIR < TMA$ ; e
- *Payback* simples e descontado  $> 10$  anos.

Para este cenário não há viabilidade econômica. Os Apêndices X e XI apresentam o fluxo de caixa dos cenários.

Por conta da não viabilidade econômica dos cenários propostos, faz-se necessário realizar uma análise de sensibilidade, no sentido de colher informações sobre o peso dos parâmetros empregados nos resultados obtidos.

### 5.3.3 Análise de sensibilidade.

A Análise de Sensibilidade é um enfoque prático para tratar o problema das incertezas. O método tradicional consiste em medir o efeito produzido na rentabilidade do investimento ao se variar “um” dado de entrada (optou-se por analisar cada variável individualmente). Com isso, pode-se ter uma ideia de quais incertezas podem afetar significativamente o resultado da análise bem como a intensidade com que a afetam.

Uma forma prática de se analisar o impacto de uma determinada variável de entrada no resultado final é utilizando recursos computacionais, onde se observa a variação no resultado (por exemplo, no VPL) devido a uma dada alteração na variável de entrada (por exemplo, na capacidade das UNIREG`s).

Nesta Dissertação utilizou-se o modelo tradicional, considerando que as variáveis consideradas são independentes, e definindo-se, para cada cenário, o mínimo (-10%) e o máximo (+10%) possível para cada variável de entrada, observando-se a variação no resultado do VPL. As variáveis de entrada consideradas foram: Demanda (m<sup>3</sup>), Custo Variável, Custo Fixo, Depreciação, Alíquota IR, Aquisição de Equipamento, TMA e Preço de Venda.

Feita uma breve observação empírica, observou-se que bastaria usar apenas um cenário, visto que os cenários expostos são para um mesmo energético, que apresentam uma mesma configuração logística, diferenciando-se um do outro apenas pelo custo de aquisição dos equipamentos. Assim, o cenário inicial sem incentivo para o governo foi escolhido para expor o impacto de cada fator no resultado do VPL.

#### a) Sensibilidade do Cenário Inicial sem incentivo do governo.

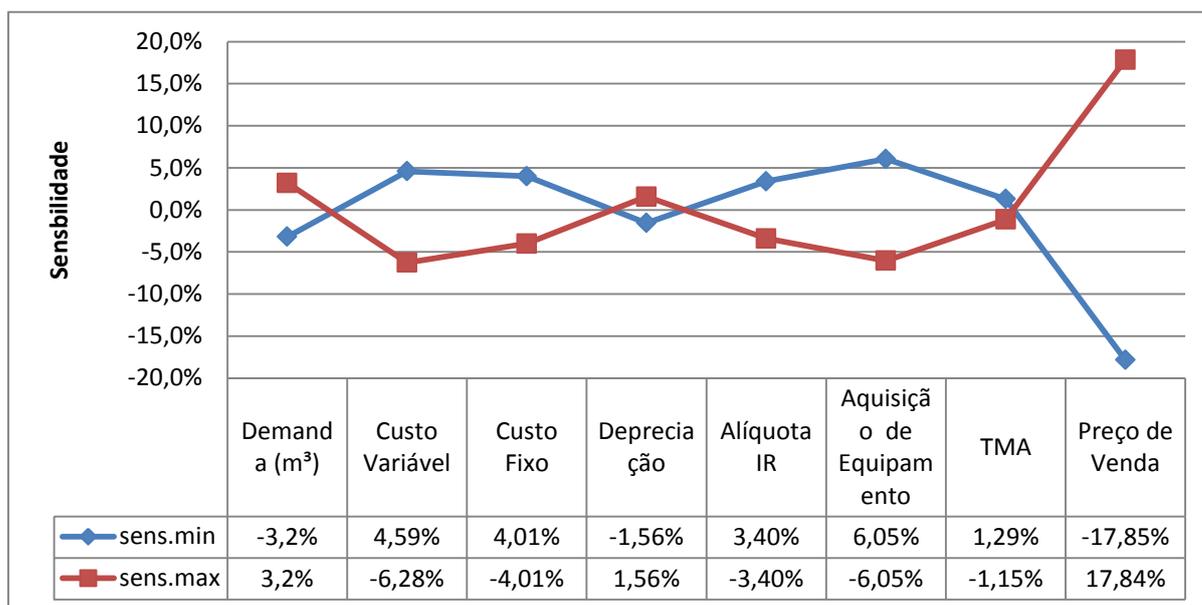
O problema consiste em analisar o impacto da variabilidade de cada variável no cálculo do VPL, bem como investigar, se possível, a influência das interações entre as variáveis. Os dados de custo, bem como as respectivas incertezas, são apresentados no Quadro 5.2

Quadros 5.2 - Dados do Cenário Inicial sem incentivo do governo.

<b>Variação (+-10%)</b>	<b>Valor Mínimo Possível</b>	<b>Valor Esperado</b>	<b>Valor Máximo Possível</b>
Demanda (m <sup>3</sup> )	8.729.690	9.699.656	10.669.621
Custo Variável	10.725.608	11.917.342	13.109.077
Custo Fixo	4.102.162	4.557.958	5.013.754
Depreciação	3.902.776	4.336.418,18	4.770.060
Alíquota do IR	18	20,00	22
Aquisição de Equipamento	22.625.509	25.139.455	27.653.400
Preço de Venda	1,3703	1,5225	1,6748
TMA	7,20	8	8,80

Para a Análise da Sensibilidade pelo método tradicional foi utilizado o Software elaborado em planilha eletrônica (planilha VEGAN) para o cálculo do VPL, onde cada variável é testada em seus limites (incertezas), como mostra o Gráfico 5.1.

Gráfico 5.1 - Resultado da Análise de Sensibilidade.



Por meio dos resultados, apresentados pelo Gráfico 5.1 pode-se fazer uma hierarquização dos fatores analisados.

- Preço de Venda: Sensibilidade Direta = 17,84%;
- Aquisição de Equipamento: Sensibilidade Inversa = 6,05%;
- Custo Variável: Sensibilidade Inversa Assimétrica = (- 6,28% e 4,59%);
- Custo Fixo: Sensibilidade Inversa = 4,01%;
- Alíquota do IR: Sensibilidade Inversa = 3,40%;
- Demanda (m³): Sensibilidade Direta = 3,2%;
- TMA: Sensibilidade Inversa Assimétrica = (-1,15% e 1,29% ); e
- Depreciação: Sensibilidade Direta = 1,56%.

Logo, feito a hierarquização, pode-se simular e encontrar cenários viáveis. A Tabela 5.11 apresenta um resumo dos resultados da análise de viabilidade econômica para o cenário considerado, obtidos com o uso da planilha VEGAN.

Tabela 5.11 – Resumo e simulações das análises de viabilidade econômica.

	Simulação		
	TMA	Preço de Venda	Aquisição de Equipamento
Simulação 1	8	20%	-20%
	VPL	TIR	Payback
	R	R	R
Simulação 2	8	30%	-20%
	R	R	R
Simulação 3	8	40%	-30%

	R	R	R
Simulação 4	8	50%	-40%
	R	R	R
Simulação 5	8	50%	-50%
	Aceita	Aceita	Aceita
	9,2	50%	-50%
Simulação 6	R	R	<i>Payback simples (A), Descontado R</i>

Legenda: R - rejeitar e A - aceitar

Logo, como é observado na Tabela 5.11, os resultados das simulações feitas com a Planilha VEGAN, variando-se os níveis da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o preço de venda e do custo aquisição de equipamentos mostram que:

i) A viabilidade é atraente quando a TMA é de 8%, quando o custo de aquisição de equipamento diminui 50% e o preço de venda aumenta 50%; no caso o *payback* simples a viabilidade ocorre quando o preço de venda aumenta 50% e o custo de aquisição do equipamento diminui 40%;

ii) Logo, se aumento do preço de venda não for igual ou superior a 50%, o cenário considerado não é viável.

Além disso, conforme a hierarquização dos fatores, o Preço Venda é o fator que apresenta maior impacto, tornando-se possível verificar, em cada cenário, de quanto deveria ser esse valor para a viabilidade dos cenários. O Quadro 5.3 apresenta os resultados de variação do preço de vendas sobre a viabilidade dos cenários.

Quadro 5.3 – Viabilidade dos cenários com variação da variável Preço de Venda.

Cenário Inicial sem incentivo do governo		Cenário Inicial com incentivo do governo	
Preço de Venda Inicial	R\$ 1,52	Preço de Venda Inicial	R\$ 1,52
Variação percentual de:	73,20%	Variação percentual de:	20,30%
Preço de Venda viável	R\$ 2,40	Preço de Venda viável	R\$ 1,83
Valores		Valores	
VPL	R\$ 50.824,32	VPL	R\$ 44.770,43
TIR	8,03%	TIR	8,03%
<i>Pay back</i> simples	8,29 anos	<i>Pay back</i> simples	8,29 anos
<i>Pay back</i> descontado	9,99 anos	<i>Pay back</i> descontado	9,99 anos
Cenário com redução da capacidade de regaseificação sem incentivo do governo		Cenário com redução da capacidade de regaseificação com incentivo do governo	

Preço de Venda Inicial	R\$ 1,52	Preço de Venda Inicial	R\$ 1,52
Variação percentual de:	84,40%	Variação percentual de:	28,10%
Preço de Venda viável	R\$ 2,80	Preço de Venda viável	R\$ 1,95
Valores		Valores	
VPL	R\$ 90.371,92	VPL	R\$ 122.457,09
TIR	8,04%	TIR	8,06%
<i>Pay back</i> simples	8,18 anos	<i>Pay back</i> simples	8,17 anos
<i>Pay back</i> descontado	9,99 anos	<i>Pay back</i> descontado	9,98 anos

Conforme o Quadro 5.3, fica evidente que, para cenários sem incentivo do governo, a viabilidade para os cenários fica restrita a variações percentuais muito significativas: as variações foram superiores a 70%. Tal fato corrobora a importância de políticas de fomento governamental para distribuição de gás natural em regiões não atendidas por gasodutos.

Diante disso, outra análise pode ser feita, comparando-se o preço de venda do GNC viável com o preço de outros energéticos, levando em consideração a equivalência energética. Tal análise objetiva medir a competitividade entre os energéticos, visto que quanto mais acessível o preço para o consumidor, maior o ganho de escala para a distribuidora. Para fins comparativos, será realizada uma comparação entre o preço de venda viável de GNC e preço de venda do óleo diesel em Juazeiro do Norte, em R\$/m<sup>3</sup>.

Alguns hipóteses devem ser considerados nesta análise dos preços:

- O valor da equivalência energética funcionará como *mark-up* (um multiplicador) inserido ao preço de venda original do combustível e, assim, será estabelecido o preço de venda equivalente (em R\$/m<sup>3</sup>) do energético escolhido para efeito comparação;
- Dentre os diversos fatores decisórios para a formação do preço, no caso de combustível, alguns - como condições mercadológicas, localização de bases de refino, revendedores e localização dos postos revendedores - não foram considerados no presente estudo.

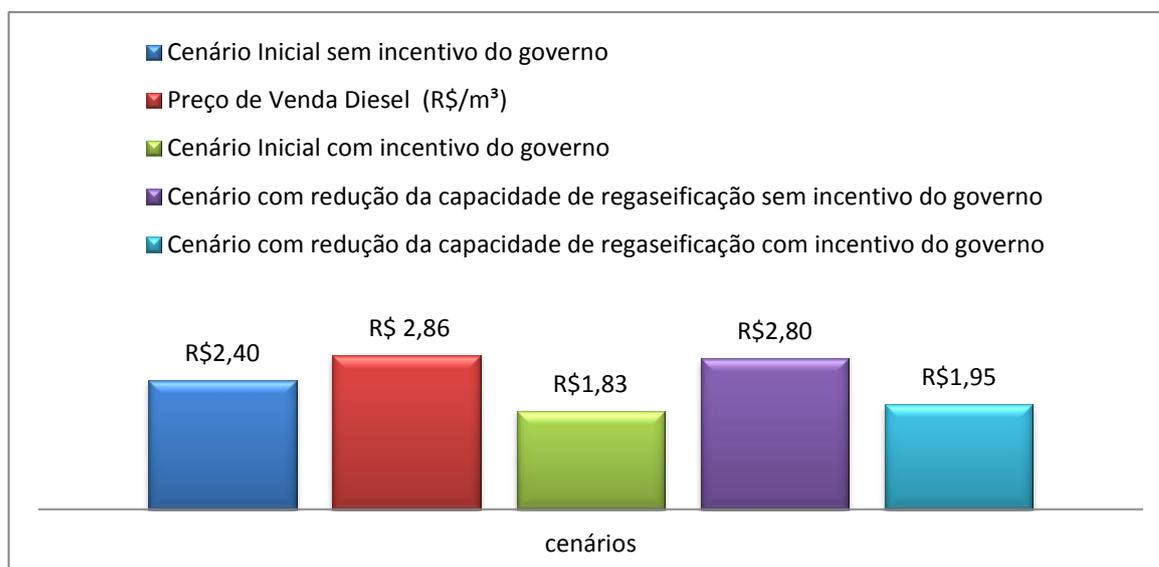
A equivalência energética do óleo diesel é de 1.08, conforme a Cegas (2013).

Conforme ANP (2014), o preço médio do óleo diesel é de R\$ 2,65/litro em Juazeiro do Norte.

Com a equivalência, temos que:  $litros = \frac{m^3}{1,08}$  portanto,  $R\$ \frac{2,65}{\frac{m^3}{1,08}} = \frac{2,65 \times 1,08}{m^3} = R\$ 2,862 /m^3$

O Gráfico 5.2 apresenta o comparativo do valor equivalente de diesel em R\$/m<sup>3</sup> e os valores de preço viáveis conforme a Quadro 5.3.

Gráfico 5.2 - Comparativo entre o Diesel (R\$/m<sup>3</sup>) e os valores de venda viáveis para distribuição de GNC



Como exposto pelo Gráfico 5.2, o preço de venda do gás natural nos cenários viáveis é competitivo em relação à fonte energética diesel. Em todos os cenários, o preço de venda é menor do que o preço equivalente em R\$/m<sup>3</sup> do óleo diesel.

Para a lenha, a equivalência energética é de 0,35; para o GLP é de 1,27; tanto a lenha como o GLP tem como medida energética o kg, conforme Cegás (2013). Os preços de venda equivalente para a lenha e o GLP são R\$ 0,13/m<sup>3</sup> e R\$ 3,85/m<sup>3</sup>, respectivamente. Diante disso, temos que, considerando aspectos estritamente financeiros, o gás não é competitivo em relação a lenha, ocorrendo o oposto em relação ao GLP.

## 6. CONCLUSÃO

Como visto, o presente trabalho propõe uma metodologia da avaliação da distribuição de gás natural às regiões não atendidas por gasodutos e que são polos emergentes de desenvolvimento econômico. Utilizou-se como caso de estudo a região do CRAJUBAR, no sul do Estado Ceará.

Buscou-se mostrar a importância do uso do gás natural não só pela perspectiva de ampla oferta nacional como pelos benefícios que ele pode representar a vários setores industriais nas região acessadas.

### 6.1 Principais conclusões.

A estrutura metodológica parte da previsão de demanda com utilização de dados conjuntos PD e PR, como insumo fundamental da metodologia, usa o PLFC para alocar localmente, de forma otimizada, as unidades de regaseificação do GNL (trazido de um terminal remoto, em operação troncal) e aplica indicadores convencionais de viabilidade econômica para determinar, através da Planilha VEGAN, a viabilidade dos cenários considerados.

Vale ressaltar a importância do uso dos três modelos na construção da metodologia proposta para estabelecer resultados que garantem consistência estatística e adequação da oferta à demanda, pesquisando a viabilidade de abastecimento com minimização dos custos de distribuição e dos investimentos envolvidos.

Em relação à previsão de demanda, a demanda estimada serviu de variável-chave na determinação dos níveis de preço que geram a viabilidade da distribuição secundária do gás natural bem como possibilitou destacar os segmentos de mercado mais tendentes a utilizar aquele energético, uma vez disponibilizado pela companhia distribuidora na região de estudo.

Já o uso do PLFC definiu as localizações ótimas das unidades de regaseificação em termos de custos de distribuição local do gás (construção da unidade, transporte e operação) com base nas demandas pontuais estimadas na região em estudo. Os resultados apontam que o cenário inicial com incentivo do governo é o mais satisfatório, sinalizando para a decisão de instalação de duas UNIREG`s: a CECRATO e Cerâmica Barbalhense.

O entendimento do setor do gás natural foi de fundamental importância tanto para a motivação do presente estudo quanto para a construção dos cenários de distribuição de GNC. Através do conhecimento da oferta, demanda, produção e consumo global de gás

natural, identificou-se um superávit deste energético nacional e mundialmente. Nesse contexto, estudos para garantir o melhor aproveitamento deste energético se justificam, necessitando da análise de diferentes alternativas de transporte e distribuição do gás.

Dentre as novas tecnologias de transporte de gás natural - tanto para o GNC, como para o GNL, a empregada no estudo de caso foi a da Empresa GASLOCAL. Os resultados da avaliação dos cenários propostos e de cada alternativa de distribuição estão, portanto, vinculados a esta tecnologia.

Em relação à análise de viabilidade dos cenários, operacionalizada pela Planilha VEGAN, evidenciou-se a não viabilidade de quatro cenários expostos: os indicadores econômicos VPL, TIR, *Payback* simples e *Payback* descontado rejeitaram os projetos alternativos considerados. O resultado demonstrou o quanto é dispendiosa a distribuição de gás natural, sugerindo que a indústria do gás natural no Brasil carece de ações de fomento ao setor e de investimento em P&D de tecnologias para reduzir o custo de equipamentos e a dependência de tecnologia estrangeira.

A viabilidade dos cenários propostos só foi atingida por meio da análise de sensibilidade, mas precisamente variando-se o preço de venda do GNC aos consumidores, e, neste caso, ficou demonstrado que os preços de vendas viáveis (em R\$/m<sup>3</sup>) podem ser competitivos frente ao diesel.

Deve-se ressaltar que o volume final estimado de gás natural na região em estudo (cerca de 180 mil m<sup>3</sup>) é pequeno e exige um consumidor-âncora que viabilize a dotação de estrutura de distribuição e/ou políticas governamentais de incentivo semelhantes àquelas dado ao GLP, que é importado e tem seu preço final subsidiado para atender o consumidor final. Já a lenha, embora não tenha precificação formal, sua substituição pelo gás natural tem um importante benefício ao meio-ambiente.

## **6.2 Limitações do Estudo.**

O estudo apresentou algumas limitações, sendo as principais relacionadas ao uso de ferramentas computacionais e homogeneidade dos dados.

Em relação às ferramentas computacionais, o uso de ferramenta potenciais mais robustas e georeferenciadas poderia ter sido realizada a construção de mapas temáticos para evidenciar a disposição espacial das indústrias na região do CRAJUBAR, bem como as áreas de influência das UNIREG`s, no âmbito da aplicação da modelagem utilizando o PLFC.

Para a análise de sensibilidade do estudo, optou-se em considerar as variáveis independentes, sem observar possíveis multicolinearidade entre as variáveis. Isto se caracteriza como uma situação limitante, pois não evidencia as relações entre as variáveis frente as nuances dos cenários apresentados. Neste caso, a análise multivariada seria mais recomendada, o que não foi feito por exiguidade de tempo disponível pelo Autor.

Vale ressaltar, que o difícil acesso aos dados, principalmente de custos, pode ter influenciado os resultados de viabilidade econômica dos cenários. Como muitos dados foram oriundos de diferentes fontes bibliográficas, pode ter ocorrido uma pequena diferença entre a realidade e o que foi contemplado nos cenários de distribuição contemplados.

### **6.3 Proposições para o aprofundamento do Estudo.**

Algumas proposições podem ser esboçadas para aprofundamento, em estudos futuros, do tópico pesquisado.

A primeira proposição seria medir o impacto logístico e econômico caso fosse trabalhados dados de outras demandas potenciais, além daquela do setor industrial, considerando os setores automotivo, residencial e os pequenos consumidores (cozinhas comerciais, bares, restaurantes, hotéis, hospitais e motéis). Um estudo mais amplo poderia responder, por exemplo, às seguintes questões: Quais deveriam ser as estruturas de distribuição de GN para cobrir toda essa nova demanda potencial e quanto isso custaria para a distribuidora de gás? Qual seria o impacto econômico e social nesta região caso houvesse essa substituição energética?

A segunda proposição seria de concepção de modelagem do sistema de custeio para a distribuição de gás natural na região, envolvendo a elaboração de uma metodologia que levasse em consideração as peculiaridades legais (jurídicas) e logísticas da região. A contribuição desta proposição seria conhecer o ganho financeiro tanto para distribuidora quanto para os clientes no uso do gás.

A terceira proposição seria de realizar um estudo comparativo de aproveitamento de gás natural na região evidenciando qual forma é mais viável. Nesta dissertação foram apresentadas duas formas de aproveitamento de gás: GNC e GNL. Além dessas tecnologias, existem outras que podem ser estudadas para aproveitamento, como; *GTW (Gas to Wire)* - utilização do GN como fonte de combustível para geração de energia elétrica; *HGN (Hidrato de Gás Natural)* - transporte de GN no estado sólido, na qual as moléculas de água encapsulam moléculas de gás, ou seja, o GN é aprisionado formando um composto cristalino sólido; e

*GTL (Gas to Liquid)* - conversão de GN em hidrocarbonetos líquidos estáveis como gasolina, lubrificante, diesel, metanol e dimetil éter (DME), a partir de processos químicos.

No presente estudo não foi considerado a cogeração de energia, visto que a região do CRAJUBAR não possuía atrativos térmicos e elétricos para o aproveitamento da energia do resfriamento dissipada no processo de regaseificação de GNL. Se o estudo tivesse abrangido outras regiões do Estado Ceará, como a região Norte, a qual apresenta polos hortifrutigranjeiros, que necessitam de energia térmica para resfriamento dos produtos, a cogeração poderia ser considerada no estudo. Neste caso, esta proposição contribuiria para o fomento do polo hortifrutigranjeiro, bem como de outros segmentos produtivos (exemplo: sucos, flores,...).

Nos anos vindouros, de acordo com os mais recentes estudos da IEA (*International Energy Agency*), o futuro deste energético é promissor e, em breve, o gás natural entrará na sua era de ouro. Os países que não apresentarem evolução neste setor podem sofrer impactos econômicos significativos. A revolução da exploração do gás xisto (*shalegas*) nos EUA já é uma realidade, como já observado na Capítulo 2 desta Dissertação, e esta nova forma de exploração, embora questionada ambientalmente, impulsionará a demanda pelo gás natural.

#### **6.4 Considerações Finais**

A utilização do gás natural na região em estudo é uma alternativa ao uso da lenha, hoje ainda bastante usada em função de seu baixo preço e apesar das restrições legais por seu impacto negativo no meio ambiente.

Dentro deste contexto ambiental, o gás natural apresenta-se como uma alternativa sustentável, como energia limpa, contribuindo com a redução da poluição atmosférica e viabilizando, como fonte de energia alternativa, empreendimentos que contribuam para a conservação dos ecossistemas terrestres.

Finalmente, vale destacar que a realização de investimentos em infraestrutura e nos serviços públicos oferecidos à população da RMC, a exemplo da ampliação e diversificação da matriz energética da região, é fundamental para a consolidação dos Arranjos Produtivos Locais (APL's) e o fortalecimento da economia na região como um todo, incrementando, dessa maneira, as oportunidades de emprego e a geração de renda, principalmente para os segmentos mais desfavorecidos e vulneráveis da população local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEGÁS. Gasodutos em 2012.** Disponível em: <[http://www.abegas.org.br/Site/?page\\_id=842](http://www.abegas.org.br/Site/?page_id=842)>. Acesso em agosto de 2013.
- ALMEIDA, E. Obstáculos e Possibilidades para o Desenvolvimento do Mercado Secundário de Gás Natural: Panorama Internacional e Brasileiro.** Instituto de Economia UFRJ, Rio de Janeiro – 2005.
- ALVES, J. M.; OJIMA, R. K.; FILHO, M. R. Logística de produção: estudo de caso na Embraer.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2004.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bio combustíveis. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2012 - pg.42.** Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=62402&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1365011977020>> . Acesso em: 15 de março de 2013
- ANP (2011). A Lei Federal Nº 11.909,** de 4 de março 2009. Disponível em <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2011/setembro/ranp%2052%20-%202011.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2011/setembro/ranp%2052%20-%202011.xml)> , acesso em 20 de agosto de 2013.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. O gás natural liquefeito no Brasil. Experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL.** Rio de Janeiro, séries temáticas ANP – nº 4, 2010.
- ANP (2013). Preços do petróleo gás natural e combustíveis.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=59757>>. Acesso em: 23 de agosto de 2013
- ANUÁRIO DE LOGÍSTICA NO BRASIL 2012/13. Infraestrutura em perspectiva.** São Paulo: OTM Editora. no 8, 2012.
- APPOLINÁRIO, F. Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico.** São Paulo: Atlas, 2004.
- ARAÚJO, I. Os novos espaços produtivos – relações sociais e vida econômica no Cariri Cearense –** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2011.
- ARAKAKI, R. G.; LORENA, L. N. Uma heurística de localização-alocação (HLA) para problemas de localização de facilidades.** Revista Produção [online]. 2006, vol.16, n.2, pp. 319-328. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v16n2/10.pdf>. Acesso: em agosto de 2013.
- ARRUDA, J.B.F. Evaluation of Urban Transport Projects in Developing Countries. PhD Thesis. Institute for Transport Studies. University of Leeds. United Kingdom. 1995.**

ASSAF,N., A. ; SILVA, C. A. T. . **Administração do capital de giro**.4. ed. São Paulo: Atlas, 2012

ASSAF N., Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5. ed.São Paulo: Bookman, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M. Bixby; CLOSS, David J. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**.Bookman, 2006.

BARREIRA, E. “*Small Scale LNG Production Technologies. Use in Heavy Transport*”. 9<sup>th</sup> *International Conference and Exhibition on Natural Gas Vehicles, Buenos Aires*. 2004.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. *Discrete Choice Analysis – Theory and Application to Travel Demand*.MIT Press, Cambridge, 1985.

*BP Statistical Review of World Energy (2012) Statistical Review of World Energy 2012 – BP*. Disponível em:<[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globbalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globbalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf)>. Acesso em: 20 de março de 2013

BRANDÃO FILHO, J. E. **Previsão de demanda por gás natural veicular: uma modelagem baseada em dados de preferência declarada e revelada**. Fortaleza: UFC, 2005. Dissertação de Mestrado, 274 fl. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2005.

BRANDLI, I. L.; HEINECK, L. F. M. **As abordagens dos modelos de preferência declarada e revelada no processo de escolha habitacional**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 61-75, abr./jun. 2005.

BRASIL (2011). **Balanco indica que PAC 2 repete bom desempenho de 2010**. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/10/pac-2-ja-investiu-r-665-bi-em-infraestrutura> >. Acesso em: 20 de março de 2012.

BRIGHAM, E.F.; EHRHARDT, M.. **Administração financeira: teoria e prática**. 13 ed.São Paulo: Thomson Learning, 2012.

Brito, A. N. **Aplicação de um procedimento usando preferência declarada para estimativa do valor do tempo de viagem de motoristas em uma escolha entre rotas rodoviárias pedagiadas e não-pedagiadas**. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento Engenharia de Transporte, 2008.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J.O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo**.Caderno de Pesquisas emAdministração, v.1, n.6, p.62-75, jan-abr, 1998. Disponível em: <<http://www.regeusp.com.br/arquivos/c6-Art7.pdf>>. Acesso em: agosto de 2013.

BRUNI, A. L. **Gestão de Custos e formação de preços: com aplicações na calculadora HP12 C e excel**. 3. Ed. São Paulo, 2004

CÂMERA DOS DEPUTADOS. **Desdobramentos da Lei do Gás, 2010**. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/5749/desdobramentos\\_lei\\_%20sousa.pdf?sequence=1](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/5749/desdobramentos_lei_%20sousa.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 23 de agosto de 2012.

CAMPOS NETO, C.A.S , ; FERREIRA, I.M. **Infraestrutura econômica no Brasil : diagnósticos e perspectivas para 2025 / Apresentação: As interfaces da infraestrutura econômica com o desenvolvimento: aspectos conceituais, metodológicos e apresentação dos capítulos**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília : Ipea, 2010.

CASAROTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

CEDIGAZ (2012). **Apresentação de consumo de gás**. Disponível em: <[http://www.cedigaz.org/surveys/annual\\_surveys.html#reserves](http://www.cedigaz.org/surveys/annual_surveys.html#reserves)>. Acesso em: 23 fev. 2013

CEGÁS (2010). Cegás planeja ampliar fornecimento no Interior. Disponível em: <[http://www.cegas.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=157&catid=157&Itemid=76](http://www.cegas.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=157&catid=157&Itemid=76)>. Acesso em: 22 de março de 2013.

CEGÁS (2013). Equivalência Energética. Disponível em: <[http://www.cegas.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=156](http://www.cegas.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=156)>. Acesso em: 22 de dezembro de 2013.

COSTA, Maria de Fátima Holanda. **Uso de Modelos de Localização para o Diagnóstico de Rede de Terminais de Transporte de Passageiros – Estudo de Caso em Terminais Rodoviários do Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

COSTAMILAN C.L. **Gás Natural: Evolução e Perspectivas**, UOL Artigos. Disponível em: [http://interessenacional.uol.com.br/artigos-integra.asp?cd\\_artigo=31](http://interessenacional.uol.com.br/artigos-integra.asp?cd_artigo=31). Data de acesso: 25 de julho de 2011.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, Nicholas J. **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

DE FRANCISCO, W. **Matemática financeira**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1988.

DREZNER, Z. *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer, New York., 1995.

DUCATI, E.A., **Busca tabu aplicada ao problema de localização de facilidades com restrições de capacidade.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, UNICAMP, Campinas, SP, 2003.

FIGLIOLINI, Mariele et al. Gás natural: potencialidades de utilização no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2251-2265, 2013. Disponível em:  
<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/reget/article/download/7896/pdf>>  
Acesso em: 22 de setembro de 2013.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Pesquisa de Custos Logísticos no Brasil. 2012.** Disponível em:<<http://acervo.ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Relat%C3%B3rios%20de%20Pesquisa/Relat%C3%B3rio%20de%20Pesquisa%202012/Relat%C3%B3rio%20Pesquisa%20Custo%20Log%C3%ADstico%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: Agosto de 2013.

GAITHER, N.; FRAZIER, G.. **Administração da produção e operações.** 8.ed. São Paulo:Pioneira Thomson Learning, 2002.

GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. **Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness.**San Francisco: W. H. Freeman and C., 1979, 340 p.

GALILEO (2011). Disponível em: < <http://www.galileoar.com/pt/index.php>>. Acesso em: 17 de setembro de 2011.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira.** 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997.

GIL, Antônio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. **Política Energética no Brasil.** Revista Estudos Avançados. vol.19 no.55 São Paulo Sept./Dec. 2005.

GLEN/UFC. **Previsão de Demanda e Análise de Oferta do Gás Natural: Estudo do Caso do Corredor Nordeste-Sul do Estado do Ceará.** Projeto GNPREV. Relatório Final. Abril de 2013.Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia com Rede Cooperativa Norte-Nordeste de Pesquisa em Gás Natural (RECOGÁS). Universidade Federal do Ceará.

GLEN. **Caracterização e análise dos sistemas produtivo e macrologístico na região nordeste enquanto suporte à localização de empreendimentos: foco no papel da ferrovia transnordestina relatório final. TOMO III – ESTADO DO CEARÁ** em 2012. Grupo de Estudo e Pesquisa em Infraestruturas de Transporte e Logística da Energia. Universidade Federal do Ceará.

GLOBO (2011). Disponível em:  
<http://oglobo.globo.com/economia/mat/2010/03/26/petrobras-inaugura-gasoduto-da-integracao-sudeste-nordeste-916174125.asp>. Acesso em 20 de julho 2011.

GOODWIN, P. B.; HENSHER, D. A. *Determinants of Travel Choice*. Hants, England: Saxon & House, 1979, p.1-65.

HAHN, G.J.; SHAPIRO, S . (1966) *A Catalogue and Computer Program for Design and Analysis of Orthogonal Symmetric and Asymmetric Fractional Experiments*. General Electric Research and Development Center Report n° 66-C-165. Schenectady, New York".

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE. Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais da Floresta Nacional de Araripe-APODI, 2006.

IBGE (2010). CIDADES: CEARÁ. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Data de acesso: 21/03/2013

ILOS. **Panorama “Custos Logísticos na Economia e nas Empresas no Brasil”**. Rio de Janeiro. 2012.

IPECE – Ceará em mapas. Disponível em: < <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/lista/>>. Acesso em 19 de dezembro de 2013.

JACKSON, S.; SAWYERS, R. *Managerial accounting: a focus on decision making*. Orlando: Harcourt College Publishers, 2001.

JOAQUIM, J.P C; ALBANO, J . F(2011).**Utilização da técnica da preferência declarada para avaliação do comportamento dos usuários da rodovia br-116 considerando a existência de tarifas diferenciadas de acordo com o nível de congestionamentos.**. In: XXV ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2011, Belo Horizonte. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes. 2011.,São Paulo: TecArtEditora, 2011. p. 92-103.

KROES, E. P.; SHELDON, R. J. *Stated preference methods. An introduction* .*Journal of Transport Economics and Policy*, London, v. XXII, n.1, p. 11-25, January 1988.

KAUARK, F.S.; MANHÃES, F.C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia de Pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010

LANCASTER, K. *A new approach to consumer theory*. *Journal of Political Economy*, n. 74, p. 132-157, 1966.

LIMA JÚNIOR, M. P.; ALDATZ, R. J. Análise de investimento do segmento de transporte em condições de incerteza e risco. **Revista Ambiente Contábil**, v. 5, n. 1, p. 224-240, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufrn.br/index.php/ambiente/article/view/3325>>. Acesso em: Agosto de 2013.

LOO, B. *Passengers’ airport choice within multi-airport regions (MARs): some insights from a stated preference survey at Hong Kong International Airport*. *Journal of Transport Geography*, vol. 16, n. 2, pp. 117-125, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692307000658>>. Acesso em agosto de 2013.

LOUVIERE, J. J. *Conjoint analysis*. In: BAGOZZI, R. P. *Methods of marketing research*. Cambridge, USA:BlackwellPublishes, p. 223-259, 1994

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. **Uso Combinado de Sistemas de Informações Geográficas parágrafo Transportes e Programação linear Inteira mista los Problemas de Localização de Instalações** . *Gestão & Produção*, 2012, vol.19, no.1, p.119-136. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000100009&script=sci_arttext)>. Acesso em: Agosto de 2013.

MARTINEZ, D. B. **Transporte de Gás Natural sob a forma de hidratos gasosos**. Monografia – do Programa de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MATEUS, G. R. ; CARVALHO, J. C. P. **O Problema de Localização não-capacitado: modelos e algoritmos**. *Investigación Operativa*, v. 2 n. 3, pp.297-317, 1992.

MELKOTE, S.; M. S. DASKIN *Capacitated Facility Location-Network Design Problems,* *European Journal of Operational Research*, 129 , pp. 481-495, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221799004646>>. Acesso em: agosto de 2013.

MME. Gás Natural - A Lei do Gás e o Planejamento de Expansão da Malha de Transporte, 2011. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/08\\_ANP\\_Melissa\\_Mathias\\_Au\\_toprodutor\\_Autoimportador\\_e\\_Consumidor\\_Livre.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/08_ANP_Melissa_Mathias_Au_toprodutor_Autoimportador_e_Consumidor_Livre.pdf)>. Acesso em: 23 de agosto de 2012.

MORGADO, A. V. **Contribuição Metodológica ao Estudo de Localização de Terminais Rodoviários Regionais Coletivos de Carga**. Tese, Programa de Doutorado em Engenharia de Transporte. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 330. 2005.

NOGUEIRA, T.; VALE, Z. **Operação do Sistema Ibérico de Gás Natural: Localização das Fontes de Abastecimento**. In JLBE 09 - Jornadas Luso Brasileiras de Ensino e Tecnologia em Engenharia, pp. 221-228, Porto, Portugal, 2009.

NUCLETRANS. Relatório Técnico – **Preferencia Declarada. Estudos de análise preliminar da viabilidade técnica para utilização das linhas férreas existentes na RMBH para o transporte ferroviário de passageiros**. Núcleo de Transporte. Setembro de 2012.

ORTÚZAR, J. D. *Modelos econométricos de elección discreta*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2000. 249 p.

ORTÚZAR, J. D. e WILLUMSEN, L. G. (1994) **Modelling Transport**, Chichester: John Wiley and Sons.

OWEN, S.H.; DASKIN, M.S. *Strategic facility location: A review*. *European Journal of Operational Research*. V. 111, n: 3, p: 423-447, Apr. 1998.

OLAWALE, F.; OLUMUYIWA, O.; GEORGE, H.. *An investigation into the impact of investment appraisal techniques on the profitability of small manufacturing firms in the Nelson Mandela Metropolitan Bay Area*, South Africa. *Afr. J. Bus. Manage*, v. 4, n. 7, p. 1274-1280, 2010.

PACHECO, G.L., **A Indústria de Gás Natural no Brasil: Sua Importância e a Diversidade na Matriz Energética Nacional**. Dissertação de Mestrado, IBMEC, Rio de Janeiro, 2008.

PANAM (2004). **Congresso Pan-Americano de Engenharia de Trânsito e Transporte. Centro de Tecnologia do Gás, CTGÁS, Natal – RN,2004.**

POMPERMAYER, F. M. et. al. **Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela ANEEL : abrangência e características**. In: POMPERMAYER, F. M.;

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (org). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL**. Brasília: IPEA, 2011.

PERRUT, F.M(2005). **Potencial para Difusão das Tecnologias Alternativas ao transporte do Gás Natural no Brasil: O Caso do Gás Natural Comprimido e Gás Natural Liquefeito**. Monografia de Bacharelado – Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio Janeiro, 2005.

PETROBRAS (2011). Disponível em <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/gas-natural/>>, acesso em 20 de julho de 2011

PIZZOLATO, N. D; RAUPP, F. M. P.; ALZAMORA, G. S. **Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes**. *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*. Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 13-42, Janeiro a Abril, 2012.

PLANO DE NEGÓCIO DA PETROBRÁS (2013). **Plano de Negócios**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/estrategia-corporativa/plano-de-negocios/>>. Acesso em: 22 de setembro de 2013.

PANAM (2004). **Congresso Pan-Americano de Engenharia de Trânsito e Transporte. Centro de Tecnologia do Gás, CTGÁS, Natal – RN,2004.**

PRAÇA, E.R. . **Distribuição de gás natural no Brasil: Um enfoque crítico e de minimização de custos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

REAL, R.V (2005). **Fatores Condicionantes ao desenvolvimento de Projeto de GNL para o Cone Sul: Uma Alternativa para a Monetização das Reservas de Gás da Região**. Dissertação de mestrado – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

ROCHA, M. S.(2010). **Análise da cadeia produtiva dos óleos de gordura residuais com foco nos agentes coletadores de resíduos urbanos: Estudo de caso de Fortaleza**.Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2010.

ROCHA, B. O. **Utilização de Modelos de Localização para Dinamização do Fluxo Reverso de Pneus Inservíveis**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SANT'ANNA, G. e LEONEL, M. S. **Projeto de viabilidade: a importância da avaliação de projetos florestais para produtores rurais**. Unimontes Científica, v. 11, n. 1/2, p. pág. 1-7, 2011. Disponível em:  
<<http://www.ruc.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/viewFile/213/241>>. Acesso em: Agosto de 2013.

SANTOS, E. M. **Gás natural – estratégias para uma energia nova no Brasil**. Editora Annablume, Primeira edição, Rio de Janeiro, 2002

SENNA, L. A. S.; MICHEL, F. D. **A Aceitação do Pedágiopor parte dos Usuários Gaúchos**. Revista Transportes, v. 8, n. 2, p. 10-31, 2000. Disponível em:<<http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/186/168>>. Acessoem: Agosto de 2013.

SHAPIRO, J. F. **Modeling the supply chain. USA**. Thomson Learning, 2001.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997

TRAIN, K. **Discrete Choice Methods With Simulation**. Cambridge University Press,UK, 2003.

VAZ, C.E.M., MAIA, J.L.P., SANTOS, W.G. **Tecnologia da Indústria do Gás Natural**. Editora Blucher, 2008.

*WORLD ENERGY OUTLOOK* (2012). **Presentation to the press**. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/pressmedia/recentpresentations/PresentationWEO2012launch.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2013.

WALKER, J. e BEN-AKIVA, M. **Generalized random utility model**. *Mathematical Social Sciences*, vol. 43, n. 3, pp. 303-34, 2002.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. (3a ed.), Porto Alegre: Bookman, 2005.

**APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA REVELADA**

## Questionário para avaliação de atributos e de preferência revelada

"Estudo de viabilidade de expansão da distribuição do gás natural liquefeito na  
área de concessão da CEGÁS"

---

Nome da empresa/Razão Social:

Telefone:                      E-mail:

Endereço:                  Cidade:

Contato:                      Celular:

1. Qual o ramo de atuação da indústria? \*

- |                                    |                                  |                                    |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> Alimentos    | <input type="radio"/> Comercial  | <input type="radio"/> Veicular     |
| <input type="radio"/> Alumínio     | <input type="radio"/> Metalurgia | <input type="radio"/> Vidros       |
| <input type="radio"/> Autoprodução | <input type="radio"/> Papel      | <input type="radio"/> Outro: _____ |
| <input type="radio"/> Bebidas      | <input type="radio"/> Química    |                                    |
| <input type="radio"/> Cerâmica     | <input type="radio"/> Têxtil     |                                    |

2. Quantos funcionários possui a empresa \*

- Até 19
- de 10 a 99
- de 100 a 499
- Mais de 499

3. Quais os tipos de energia utilizados por sua empresa? \*

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Carvão Mineral | <input type="checkbox"/> Energia Elétrica | <input type="checkbox"/> Resíduos industriais |
| <input type="checkbox"/> Carvão Vegetal | <input type="checkbox"/> GLP              | <input type="checkbox"/> Outro: _____         |
| <input type="checkbox"/> Diesel         | <input type="checkbox"/> Lenha            |   |

4. Qual o valor energético consumido pela empresa mensalmente? \*

- |  |  |
|--|--|
| <input type="radio"/> Até 5.000 kwh          | <input type="radio"/> de 50.001 a 150.000 kwh  |
| <input type="radio"/> de 5.001 a 10.000 kwh  | <input type="radio"/> De 150.001 a 300.000 kwh |
| <input type="radio"/> de 10.001 a 20.000 kwh | <input type="radio"/> De 300.001 a 500.000 kwh |
| <input type="radio"/> de 20.001 a 50.000 kwh | <input type="radio"/> Mais de 500.000 kwh      |

5. Há processos que demandem elevadas temperaturas? \*

- Sim
- Não

6. A empresa possui algum projeto ambiental? \*

- Sim
- Não

7. A produção é medida em que frequência? \*

- Diária
- Semanal
- Mensal

8. Que tipos de produtos são produzidos e em que quantidade?

Ordem	Produto	Quantidade
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		
6)		

9. Quantas vezes houve falta de abastecimento energético com potencial prejuízo a produção? \* No último ano

- 1
- 2
- 3
- 4
- Mais de 4

10. Possui geração própria de energia? \*

- Sim
- Não

### Geração Própria de Energia

Caso a sua empresa possua geração própria de energia, responda essa sessão, caso contrário, siga na sessão seguinte de escolha de atributos.

Em cada questão abaixo, especifique o valor energético utilizado diariamente para geração própria de energia.

**Carvão Mineral \* Por dia**

- Não consumo
- Até 100 kg
- de 101 a 200 kg
- de 201 a 400 kg
- de 401 a 1.000 kg
- de 1.001 a 2.000 kg
- De 2.001 a 6.000 kg
- De 6.001 a 12.000 kg
- De 12.001 a 20.000 kg
- Mais de 20.000 kg

**Carvão Vegetal \* Por dia**

- Não consumo
- Até 100 kg
- de 101 a 200 kg
- de 201 a 400 kg
- de 401 a 1.000 kg
- de 1.001 a 2.000 kg
- De 2.001 a 6.000 kg
- De 6.001 a 12.000 kg
- De 12.001 a 20.000 kg
- Mais de 20.000 kg

**Diesel \* Por dia**

- Não consumo
- Até 50 l
- de 51 a 100 l
- de 101 a 200 l
- de 201 a 500 l
- de 501 a 1.000 l
- De 1.001 a 3.000 l
- De 3.001 a 6.000 l
- De 6.000 a 10.000 l
- Mais de 10.000 l

**GLP \* Por dia**

- Não consumo
- Até 40 kg
- de 41 a 80 kg
- de 81 a 160 kg
- de 161 a 400 kg
- de 401 a 800 kg
- de 801 a 2.000 kg
- de 2.001 a 5.000 kg
- De 5.001 a 8.000 kg
- Mais de 8.000 kg

**Lenha \* Por dia**

- Não consumo
- Até 150 kg
- de 151 a 300 kg
- de 301 a 600 kg

### Questionário de avaliação de Atributos

Bom dia / tarde. Para o uso do Gás Natural como combustível para sua empresa, quais são os fatores mais relevantes na tomada de decisão? Atribua valores para o grau de importância nos quesitos abaixo. 1 é o mais importante e 5 o menos importante.

	(Não importante)	(Pouco importante)	(Importante)	(Muito importante)	(Demasiadamente importante)
Risco de descontinuidade no fornecimento	<input type="radio"/>				
Impacto ambiental	<input type="radio"/>				
Custo de produção de energia pelo combustível (R\$/kwh)	<input type="radio"/>				
Área e forma de estocagem	<input type="radio"/>				
Custo da manutenção (R\$)	<input type="radio"/>				
Disponibilidade de mão de obra qualificada (R\$)	<input type="radio"/>				
Custo da implantação do sistema gerador (R\$)	<input type="radio"/>				
Facilidade de acesso (rede de distribuição)	<input type="radio"/>				

**APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO PD**

CARTÃO	GRUPO	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2				
		CUSTO ENERGÉTICO	CUSTO ADAPTAÇÃO	RISCO FORNECIMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	CUSTO ENERGÉTICO	CUSTO ADAPTAÇÃO	RISCO FORNECIMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	
1	16	R\$1,45	R\$600.000,00	ALTO	ALTO	R\$0,13	NENHUM	ALTO	ALTO	19
2	3	R\$2,60	NENHUM	ALTO	BAIXO	R\$0,13	R\$600.000,00	ALTO	BAIXO	27
3	1	R\$2,60	R\$100.000,00	ALTO	ALTO	R\$2,60	R\$600.000,00	ALTO	BAIXO	7
4	8	R\$1,45	NENHUM	ALTO	BAIXO	R\$0,13	NENHUM	ALTO	ALTO	19
5	10	R\$1,45	NENHUM	ALTO	BAIXO	R\$0,13	R\$100.000,00	ALTO	BAIXO	22
6	15	R\$1,45	R\$100.000,00	ALTO	ALTO	R\$0,13	R\$600.000,00	ALTO	ALTO	25
7	9	R\$2,60	NENHUM	ALTO	ALTO	R\$0,13	R\$100.000,00	ALTO	BAIXO	22
8	11	R\$2,60	NENHUM	ALTO	ALTO	R\$0,13	R\$600.000,00	ALTO	ALTO	25
9	2	R\$2,60	NENHUM	ALTO	ALTO	R\$1,45	R\$100.000,00	ALTO	ALTO	13
10	3	R\$2,60	R\$600.000,00	ALTO	BAIXO	R\$1,45	R\$100.000,00	ALTO	ALTO	13
11	6	R\$2,60	R\$600.000,00	ALTO	BAIXO	R\$1,45	R\$600.000,00	ALTO	ALTO	16

**APÊNDICE III – DEMANDA POTENCIAL POR CIDADE E CATEGORIA**

Empresa	Cidade	Corredor	Região	Equivalencia (m <sup>3</sup> /dia)	Potencial (m <sup>3</sup> /dia)	Segmento	Distância ao Porto do Pecém (Km)	Demanda potencial (%)	Demanda potencial Acumulado (%)
Itapui Barbalhense Ind de Cimentos S/A	Barbalha	Norte-Sul	RMC	72500	11.067	CIMENTO	600	41,07712865	41,08
Trevo Drywall	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	12700	1939	GESSO1	593	7,196941578	48,27
CECRATO	Crato	Norte-Sul	RMC	12000	1.832	CERAMICA3	559	6,799792146	55,07
Cerâmica Gomes de Mattos	Crato	Norte-Sul	RMC	9600	1.465	CERAMICA4	561	5,437606711	60,51
Cerâmica Bataeira Ltda.	Crato	Norte-Sul	RMC	9216	1.407	CERAMICA5	560	5,222329448	65,73
Cerâmica Barbalhense	Barbalha	Norte-Sul	RMC	8128	1.241	CERAMICA1	598	4,606191077	70,34
Cerâmica Brito Trezzi Ltda.	Crato	Norte-Sul	RMC	8000	1.221	CERAMICA6	564	4,531957538	74,87
CEMONTE	Crato	Norte-Sul	RMC	4800	733	CERAMICA7	560	2,720659194	77,59
Farmace Indústria Químico-farmacêutica Ltda	Barbalha	Norte-Sul	RMC	4000	611	FARMACEUTICA	602	2,267834608	79,86
Cristal Cerâmica	Crato	Norte-Sul	RMC	3703	565	CERAMICA14	560	2,097097469	81,96
Cerâmica Pinheiro	Barbalha	Norte-Sul	RMC	3200	488	CERAMICA2	600	1,811298345	83,77
Cerâmica Ponta da Serra	Crato	Norte-Sul	RMC	3200	488	CERAMICA8	561	1,811298345	85,58
BOPII - Borracha e Plástico Industrial LTDA	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	3173	484	CALCADISTA3	557	1,796451637	87,38
GRENEDE CALÇADOS S.A.	Crato	Norte-Sul	RMC	3173	484	CALCADISTA4	586	1,796451637	89,17
Cerâmica NR Ltda	Crato	Norte-Sul	RMC	3037	464	CERAMICA9	558	1,722218098	90,90
HG Indústria de Cerâmica LTDA	Crato	Norte-Sul	RMC	3037	464	CERAMICA10	561	1,722218098	92,62
Ideal de Sousa Lima (Pé Seco)	Crato	Norte-Sul	RMC	2600	397	CERAMICA11	561	1,473535743	94,09
Cerâmica Líder	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	1920	293	CERAMICA15	585	1,087521342	95,18
IBC - Industrial BOPII de Calçados LTDA	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	1587	242	CALCADISTA5	586	0,898225818	96,08
EvaBrasil	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	1587	242	CALCADISTA6	589	0,898225818	96,97
IDUARTE - Indústria de Borracha Irmãos Duarte LTDA	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	863	132	CALCADISTA7	586	0,489941356	97,46
Indústria e Comercio de Artefatos de Borrachas e Plást	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	560	85	CALCADISTA8	588	0,31549254	97,78
INCOPA-Indústria e Comércio de Papéis LTDA	Crato	Norte-Sul	RMC	486	74	PAPEL1	562	0,274664093	98,06
Bom Sinal	Barbalha	Norte-Sul	RMC	423	65	METAL_MECHANICA	597	0,241259001	98,30
Cajuína São Geraldo	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	423	65	BEBIDA1	586	0,241259001	98,54
IBOVALE - Indústria de Borracha do Vale LTDA.	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	408	62	CALCADISTA9	587	0,23012397	98,77
INDUVALE - Indústria de Calçados Ltda	Barbalha	Norte-Sul	RMC	350	53	CALCADISTA2	604	0,196718878	98,96
Sabão Juá	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	350	53	QUIMICA1	587	0,196718878	99,16
Cerâmica Nossa Senhora das Graças	Crato	Norte-Sul	RMC	288	44	CERAMICA12	560	0,163313785	99,32
Cajuína São Geraldo	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	280	43	BEBIDA2	586	0,159602108	99,48
Indústria de Borrachas e Calçados Kaiana (IBK)	Barbalha	Norte-Sul	RMC	200	30	CALCADISTA1	605	0,111350308	99,60
Sabão Juá	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	169	26	QUIMICA2	587	0,0965036	99,69
João Gomes de Borba ME	Crato	Norte-Sul	RMC	160	24	CERAMICA13	561	0,089080246	99,78
INBOP-Indústria de Borracha e Polímeros	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	158	24	CALCADISTA10	586	0,089080246	99,87
Injetal Ind E Com De Calc Injetados	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	140	21	CALCADISTA11	588	0,077945216	99,95
Velas Juazeiro	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	32	5	CERA1	589	0,018558385	99,97
Indústria de Velas São Francisco	Juazeiro do Norte	Norte-Sul	RMC	32	5	CERA2	586	0,018558385	99,99
Alumic Alumínio do Brasil Ltda	Crato	Norte-Sul	RMC	15	2	ALUMINIO1	563	0,007423354	99,99
Alumínio Luzie Imp. e Exp. Ltda	Crato	Norte-Sul	RMC	15	2	ALUMINIO2	562	0,007423354	100,00

**APÊNDICE IV – MATRIZ DE DISTÂNCIAS ENTRE AS UNIREGS E CLIENTES  
(km)**

	ITAPUI	TREVO DRYWALL	CECRATO	Cerâmica Gomes de	Cerâmica Batateira	Cerâmica Barbalhense	Cerâmica Trezzi Ltda.	CEMONTE	Farmace Indústria	Cristal Cerâmica
Alumínio Luzie Imp. e Exp.	14,88179208	7,334131379	4,546059771	6,349521795	3,786085812	13,68866319	10,10674398	3,82299079	12,54781417	3,931811324
Alumínio Luzie Imp. e Exp.	14,88179208	7,334131379	4,546059771	6,349521795	3,786085812	13,68866319	10,10674398	3,82299079	12,54781417	3,931811324
Bom Sinal	5,014584069	7,969338676	18,17596259	19,75342878	17,77828634	0,411125997	22,86277235	17,76488893	4,626924647	17,95600691
BOPII	12,97878525	2,172467017	10,30480661	11,44933575	11,11268237	9,470838318	13,86801288	10,43266487	10,96202706	10,9946909
Cajuína São Geraldo Ltda.	12,31966908	1,498139921	9,485613241	10,79111974	10,01886338	9,253380077	13,53049744	9,468804338	10,18584339	9,957563031
Cajuína São Geraldo Ltda.	12,31966908	1,498139921	9,485613241	10,79111974	10,01886338	9,253380077	13,53049744	9,468804338	10,18584339	9,957563031
CECRATO	19,39485471	10,73745766	0	1,826381255	2,673725801	17,86984597	5,691149457	1,255886475	17,0567012	2,077983751
CEMONTE	18,68664829	10,60852427	1,255886475	2,925880473	1,442080248	17,44122053	6,810992953	0	16,35684746	0,885005892
Cerâmica Barbalhense Ltda	4,791003301	7,755369993	17,86984597	19,46093146	17,43495511	0	22,6036368	17,44122053	4,265941933	17,62033074
Cerâmica Batateira Ltda.	18,30863229	11,0200689	2,673725801	4,161934445	0	17,43495511	7,972185402	1,442080248	16,00342615	0,61196637
Cerâmica Trezzi Ltda.	24,68738711	14,98027872	5,691149457	3,888805403	7,972185402	22,6036368	0	6,810992953	22,3535806	7,380942034
Cerâmica Gomes de Mattos	21,14987933	12,12887291	1,826381255	0	4,161934445	19,46093146	3,888805403	2,925880473	18,81055578	3,554767779
Cerâmica Líder	17,06784953	13,22769758	22,76399453	23,62931514	23,78163992	12,43108417	25,16386611	23,03775975	16,62667367	23,64359996
Cerâmica Nossa Senhora das	24,78653208	15,06188594	5,803012784	4,001717585	8,085826455	22,69104799	0,113680808	6,924226402	22,4531102	7,494620786
Cerâmica NR Ltda	18,03446676	11,36520547	3,725704271	5,154990878	1,053401148	17,43859861	8,903986375	2,494243663	15,75734498	1,651869576
CERAMICA PINHEIRO	20,60791847	21,0493286	31,36438808	32,40661592	32,03307874	17,12954631	34,22368088	31,47455616	21,19865097	31,98360305
Cerâmica Ponta da Serra	26,93954815	16,95024225	8,133358244	6,337569338	10,40899698	24,65636705	2,449386418	9,260379323	24,61373864	9,821979937
Cristal Cerâmica	18,6386182	11,02196858	2,077983751	3,554767779	0,61196637	17,62033074	7,380942034	0,885005892	16,32249395	0
Eva Brasil Indústria	12,41087234	3,223788182	12,76029658	13,87070457	13,54102414	8,283158243	16,13054816	12,88877976	10,68094065	13,43929083
EVAPLAST	12,46955324	1,949247527	8,846089527	10,19564475	9,32023121	9,631798441	13,03800466	8,793664396	10,28046664	9,26762336
Farmace Indústria Químico	2,33935825	8,839101365	17,0567012	18,81055578	16,00342615	4,265941933	22,3535806	16,35684746	0	16,32249395
GRENDENE	17,48776769	11,80450928	5,291633691	6,716096858	2,618719622	17,30948728	10,41914842	4,04887914	15,26770374	3,223701236
HG Indústria de Cerâmica	37,43948345	27,44487693	18,26977409	16,44899304	20,09874133	35,17374302	12,75609128	19,22721001	35,10733957	19,58457048
IBC CALÇADOS	13,92406408	3,009936159	9,135851872	10,2164317	10,112071	10,62675466	12,58253523	9,341239455	11,82532081	9,949987384
IBOVALE	13,32378963	2,408551495	9,434548367	10,5886712	10,26643357	10,03606645	13,06571311	9,567894585	11,23176137	10,13831775
Ideval de Sousa Lima (Pé	27,29833968	17,44061771	8,28749058	6,467047887	10,44174078	25,11881342	2,631874445	9,363166747	24,96682398	9,869255385
Iduarte Indústria de Borracha	13,58815388	2,688087284	9,663506419	10,75980335	10,58612146	10,18218023	13,12419483	9,845373967	11,52707655	10,43902816
INBOP - Indústria de	13,67728832	2,777513669	9,637394939	10,72168363	10,58185437	10,26562264	13,06644054	9,830354177	11,61650993	10,42972559
INCOPA-Indústria e Comércio	14,66452607	6,363648536	4,797453395	6,497407648	4,656691877	13,10456341	10,06478802	4,361311646	12,32558563	4,676748219
Indústria de Borrachas e	5,817998741	5,222050486	13,97830682	15,66215406	13,29228297	4,29800197	19,04989485	13,42494106	3,63230306	13,52354471
Francisco de Assis Alencar	14,09643972	3,18319525	9,302313784	10,34270454	10,33667812	10,72350476	12,62990433	9,539447573	12,01723936	10,16256653
Indústria de Calçados Ltda -	7,941429854	3,024424151	12,45904545	14,05471525	12,12455849	5,411293978	17,26794703	12,05385151	5,819459331	12,27236357
INJETAL	11,63098473	0,747346356	10,13767785	11,48415707	10,54959409	8,499925551	14,27231039	10,06676146	9,528297669	10,51929499
ITAPUI	0	10,91562861	19,39485471	21,14987933	18,30863229	4,791003301	24,68738711	18,68664829	2,33935825	18,6386182
João Gomes de Borba ME	18,33699629	10,86883182	2,364695118	3,898388401	0,322606514	17,37845264	7,734143638	1,124016714	16,02471832	0,357303419
Sabão Juá	12,80837707	1,903866031	9,908391741	11,10452683	10,63894943	9,461899728	13,6328359	9,994050306	10,74292423	10,53618483
Sabão Juá	12,77783883	1,873018668	9,918009045	11,1179083	10,64096903	9,434274958	13,65245939	9,99990404	10,71208647	10,53995684
TREVO DRYWALL	10,91562861	0	10,73745766	12,12887291	11,0200689	7,755369993	14,98027872	10,60852427	8,839101365	11,02196858
Velas Juazeiro	13,38857129	2,483988556	9,686205994	10,81155204	10,55700542	10,00784646	13,22566908	9,841566873	11,32306351	10,42163659

**APÊNDICE V- MATRIZ DE CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE UNIREGS E  
CLIENTES (R\$)**

	0,0028	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ITAPUI	TREVO DRYWAL	CECRAT O	Cerâmíc a Gomes	Cerâmíc a	Cerâmíc a	Cerâmíc a Trezzi	CEMONT E	Farmace Indústria	Cristal Cerâmíc	
1	Alumínio	0,041669	0,020536	0,012729	0,017779	0,010601	0,038328	0,028299	0,010704	0,035134	0,011009
2	Alumínio	0,041669	0,020536	0,012729	0,017779	0,010601	0,038328	0,028299	0,010704	0,035134	0,011009
3	Bom	0,014041	0,022314	0,050893	0,05531	0,049779	0,001151	0,064016	0,049742	0,012955	0,050277
4	BOPIL	0,036341	0,006083	0,028853	0,032058	0,031116	0,026518	0,03883	0,029211	0,030694	0,030785
5	Cajuína	0,034495	0,004195	0,02656	0,030215	0,028053	0,025909	0,037885	0,026513	0,02852	0,027881
6	Cajuína	0,034495	0,004195	0,02656	0,030215	0,028053	0,025909	0,037885	0,026513	0,02852	0,027881
7	CECRAT	0,054306	0,030065	0	0,005114	0,007486	0,050036	0,015935	0,003516	0,047759	0,005818
8	CEMONT	0,052323	0,029704	0,003516	0,008192	0,004038	0,048835	0,019071	0	0,045799	0,002478
9	Cerâmíc	0,013415	0,021715	0,050036	0,054491	0,048818	0	0,06329	0,048835	0,011945	0,049337
10	Cerâmíc	0,051264	0,030856	0,007486	0,011653	0	0,048818	0,022322	0,004038	0,04481	0,001714
11	Cerâmíc	0,069125	0,041945	0,015935	0,010889	0,022322	0,06329	0	0,019071	0,06259	0,020667
12	Cerâmíc	0,05922	0,033961	0,005114	0	0,011653	0,054491	0,010889	0,008192	0,05267	0,009953
13	Cerâmíc	0,04779	0,037038	0,063739	0,066162	0,066589	0,034807	0,070459	0,064506	0,046555	0,066202
14	Cerâmíc	0,069402	0,042173	0,016248	0,011205	0,02264	0,063535	0,000318	0,019388	0,062869	0,020985
15	Cerâmíc	0,050497	0,031823	0,010432	0,014434	0,00295	0,048828	0,024931	0,006984	0,044121	0,004625
16	CERAMI	0,057702	0,058938	0,08782	0,090739	0,089693	0,047963	0,095826	0,088129	0,059356	0,089554
17	Cerâmíc	0,075431	0,047461	0,022773	0,017745	0,029145	0,069038	0,006858	0,025929	0,068918	0,027502
18	Cristal	0,052188	0,030862	0,005818	0,009953	0,001714	0,049337	0,020667	0,002478	0,045703	0
19	Eva	0,03475	0,009027	0,035729	0,038838	0,037915	0,023193	0,045166	0,036089	0,029907	0,03763
20	EVAPLA	0,034915	0,005458	0,024769	0,028548	0,026097	0,026969	0,036506	0,024622	0,028785	0,025949
21	Farmace	0,00655	0,024749	0,047759	0,05267	0,04481	0,011945	0,06259	0,045799	0	0,045703
22	GRENDE	0,048966	0,033053	0,014817	0,018805	0,007332	0,048467	0,029174	0,011337	0,04275	0,009026
23	HG	0,104831	0,076846	0,051155	0,046057	0,056276	0,098486	0,035717	0,053836	0,098301	0,054837
24	IBC	0,038987	0,008428	0,02558	0,028606	0,028314	0,029755	0,035231	0,026155	0,033111	0,02786
25	IBOVALE	0,037307	0,006744	0,026417	0,029648	0,028746	0,028101	0,036584	0,02679	0,031449	0,028387
26	Ideval de	0,076435	0,048834	0,023205	0,018108	0,029237	0,070333	0,007369	0,026217	0,069907	0,027634
27	Iduarte	0,038047	0,007527	0,027058	0,030127	0,029641	0,02851	0,036748	0,027567	0,032276	0,029229
28	INBOP -	0,038296	0,007777	0,026985	0,030021	0,029629	0,028744	0,036586	0,027525	0,032526	0,029203
29	INCOPA-	0,041061	0,017818	0,013433	0,018193	0,013039	0,036693	0,028181	0,012212	0,034512	0,013095
30	Indústria	0,01629	0,014622	0,039139	0,043854	0,037218	0,012034	0,05334	0,03759	0,01017	0,037866
31	Francisc	0,03947	0,008913	0,026046	0,02896	0,028943	0,030026	0,035364	0,02671	0,033648	0,028455
32	Indústria	0,022236	0,008468	0,034885	0,039353	0,033949	0,015152	0,04835	0,033751	0,016294	0,034363
33	INJETAL	0,032567	0,002093	0,028385	0,032156	0,029539	0,0238	0,039962	0,028187	0,026679	0,029454
34	ITAPUI	0	0,030564	0,054306	0,05922	0,051264	0,013415	0,069125	0,052323	0,00655	0,052188
35	João	0,051344	0,030433	0,006621	0,010915	0,000903	0,04866	0,021656	0,003147	0,044869	0,001
36	Sabão	0,035863	0,005331	0,027743	0,031093	0,029789	0,026493	0,038172	0,027983	0,03008	0,029501
37	Sabão	0,035778	0,005244	0,02777	0,03113	0,029795	0,026416	0,038227	0,028	0,029994	0,029512
38	TREVO	0,030564	0	0,030065	0,033961	0,030856	0,021715	0,041945	0,029704	0,024749	0,030862
39	Velas	0,037488	0,006955	0,027121	0,030272	0,02956	0,028022	0,037032	0,027556	0,031705	0,029181

**APÊNDICE VI – RESULTADO DA MODELAGEM PLFC PARA OS CENÁRIOS INICIAS**

Variables	result		
	32585400	X1 J34	0.000000
Y1	0.000000	X1 J35	0.000000
Y2	0.000000	X1 J36	0.000000
Y3	1.000.000	X1 J37	0.000000
Y4	0.000000	X1 J38	0.000000
Y5	0.000000	X1 J39	0.000000
Y6	1.000.000	X 2J1	0.000000
Y7	0.000000	X 2J2	0.000000
Y8	0.000000	X 2J3	0.000000
Y9	0.000000	X 2J4	0.000000
Y10	0.000000	X 2J5	0.000000
X 1J1	0.000000	X 2J6	0.000000
X 1J2	0.000000	X 2J7	0.000000
X 1J3	0.000000	X 2J8	0.000000
X 1J4	0.000000	X 2J9	0.000000
X 1J5	0.000000	X2 J10	0.000000
X 1J6	0.000000	X2 J11	0.000000
X 1J7	0.000000	X2 J12	0.000000
X 1J8	0.000000	X2 J13	0.000000
X 1J9	0.000000	X2 J14	0.000000
X1 J10	0.000000	X2 J15	0.000000
X1 J11	0.000000	X2 J16	0.000000
X1 J12	0.000000	X2 J17	0.000000
X1 J13	0.000000	X2 J18	0.000000
X1 J14	0.000000	X2 J19	0.000000
X1 J15	0.000000	X2 J20	0.000000
X1 J16	0.000000	X2 J21	0.000000
X1 J17	0.000000	X2 J22	0.000000
X1 J18	0.000000	X2 J23	0.000000
X1 J19	0.000000	X2 J24	0.000000
X1 J20	0.000000	X2 J25	0.000000
X1 J21	0.000000	X2 J26	0.000000
X1 J22	0.000000	X2 J27	0.000000
X1 J23	0.000000	X2 J28	0.000000
X1 J24	0.000000	X2 J29	0.000000
X1 J25	0.000000	X2 J30	0.000000
X1 J26	0.000000	X2 J31	0.000000
X1 J27	0.000000	X2 J32	0.000000
X1 J28	0.000000	X2 J33	0.000000
X1 J29	0.000000	X2 J34	0.000000
X1 J30	0.000000	X2 J35	0.000000
X1 J31	0.000000	X2 J36	0.000000
X1 J32	0.000000	X2 J37	0.000000
X1 J33	0.000000	X2 J38	0.000000
		X2 J39	0.000000
		X 3J1	8.240.000

X 3J2	8.240.000	X 4J9	0.000000
X 3J3	0.000000	X4 J10	0.000000
X 3J4	174378.0	X4 J11	0.000000
X 3J5	23244.00	X4 J12	0.000000
X 3J6	15386.00	X4 J13	0.000000
X 3J7	659415.0	X4 J14	0.000000
X 3J8	263766.0	X4 J15	0.000000
X 3J9	0.000000	X4 J16	0.000000
X3 J10	506431.0	X4 J17	0.000000
X3 J11	439610.0	X4 J18	0.000000
X3 J12	527532.0	X4 J19	0.000000
X3 J13	0.000000	X4 J20	0.000000
X3 J14	15825.00	X4 J21	0.000000
X3 J15	166912.0	X4 J22	0.000000
X3 J16	0.000000	X4 J23	0.000000
X3 J17	175844.0	X4 J24	0.000000
X3 J18	203484.0	X4 J25	0.000000
X3 J19	87189.00	X4 J26	0.000000
X3 J20	30772.00	X4 J27	0.000000
X3 J21	0.000000	X4 J28	0.000000
X3 J22	174378.0	X4 J29	0.000000
X3 J23	166912.0	X4 J30	0.000000
X3 J24	87189.00	X4 J31	0.000000
X3 J25	22420.00	X4 J32	0.000000
X3 J26	142873.0	X4 J33	0.000000
X3 J27	47441.00	X4 J34	0.000000
X3 J28	8.654.000	X4 J35	0.000000
X3 J29	26706.00	X4 J36	0.000000
X3 J30	6.943.000	X4 J37	0.000000
X3 J31	1.758.000	X4 J38	0.000000
X3 J32	19232.00	X4 J39	0.000000
X3 J33	7.693.000	X 5J1	0.000000
X3 J34	0.000000	X 5J2	0.000000
X3 J35	8.792.000	X 5J3	0.000000
X3 J36	19232.00	X 5J4	0.000000
X3 J37	9.286.000	X 5J5	0.000000
X3 J38	697881.0	X 5J6	0.000000
X3 J39	1.758.000	X 5J7	0.000000
X 4J1	0.000000	X 5J8	0.000000
X 4J2	0.000000	X 5J9	0.000000
X 4J3	0.000000	X5 J10	0.000000
X 4J4	0.000000	X5 J11	0.000000
X 4J5	0.000000	X5 J12	0.000000
X 4J6	0.000000	X5 J13	0.000000
X 4J7	0.000000	X5 J14	0.000000
X 4J8	0.000000	X5 J15	0.000000

X5 J16	0.000000	X6 J23	0.000000
X5 J17	0.000000	X6 J24	0.000000
X5 J18	0.000000	X6 J25	0.000000
X5 J19	0.000000	X6 J26	0.000000
X5 J20	0.000000	X6 J27	0.000000
X5 J21	0.000000	X6 J28	0.000000
X5 J22	0.000000	X6 J29	0.000000
X5 J23	0.000000	X6 J30	4.019.000
X5 J24	0.000000	X6 J31	0.000000
X5 J25	0.000000	X6 J32	0.000000
X5 J26	0.000000	X6 J33	0.000000
X5 J27	0.000000	X6 J34	3983970.
X5 J28	0.000000	X6 J35	0.000000
X5 J29	0.000000	X6 J36	0.000000
X5 J30	0.000000	X6 J37	0.000000
X5 J31	0.000000	X6 J38	0.000000
X5 J32	0.000000	X6 J39	0.000000
X5 J33	0.000000	X 7J1	0.000000
X5 J34	0.000000	X 7J2	0.000000
X5 J35	0.000000	X 7J3	0.000000
X5 J36	0.000000	X 7J4	0.000000
X5 J37	0.000000	X 7J5	0.000000
X5 J38	0.000000	X 7J6	0.000000
X5 J39	0.000000	X 7J7	0.000000
X 6J1	0.000000	X 7J8	0.000000
X 6J2	0.000000	X 7J9	0.000000
X 6J3	17567.00	X7 J10	0.000000
X 6J4	0.000000	X7 J11	0.000000
X 6J5	0.000000	X7 J12	0.000000
X 6J6	0.000000	X7 J13	0.000000
X 6J7	0.000000	X7 J14	0.000000
X 6J8	0.000000	X7 J15	0.000000
X 6J9	446644.0	X7 J16	0.000000
X6 J10	0.000000	X7 J17	0.000000
X6 J11	0.000000	X7 J18	0.000000
X6 J12	0.000000	X7 J19	0.000000
X6 J13	105506.0	X7 J20	0.000000
X6 J14	0.000000	X7 J21	0.000000
X6 J15	0.000000	X7 J22	0.000000
X6 J16	175844.0	X7 J23	0.000000
X6 J17	0.000000	X7 J24	0.000000
X6 J18	0.000000	X7 J25	0.000000
X6 J19	0.000000	X7 J26	0.000000
X6 J20	0.000000	X7 J27	0.000000
X6 J21	219805.0	X7 J28	0.000000
X6 J22	0.000000	X7 J29	0.000000

X7 J30	0.000000	X8 J37	0.000000
X7 J31	0.000000	X8 J38	0.000000
X7 J32	0.000000	X8 J39	0.000000
X7 J33	0.000000	X 9J1	0.000000
X7 J34	0.000000	X 9J2	0.000000
X7 J35	0.000000	X 9J3	0.000000
X7 J36	0.000000	X 9J4	0.000000
X7 J37	0.000000	X 9J5	0.000000
X7 J38	0.000000	X 9J6	0.000000
X7 J39	0.000000	X 9J7	0.000000
X 8J1	0.000000	X 9J8	0.000000
X 8J2	0.000000	X 9J9	0.000000
X 8J3	0.000000	X9 J10	0.000000
X 8J4	0.000000	X9 J11	0.000000
X 8J5	0.000000	X9 J12	0.000000
X 8J6	0.000000	X9 J13	0.000000
X 8J7	0.000000	X9 J14	0.000000
X 8J8	0.000000	X9 J15	0.000000
X 8J9	0.000000	X9 J16	0.000000
X8 J10	0.000000	X9 J17	0.000000
X8 J11	0.000000	X9 J18	0.000000
X8 J12	0.000000	X9 J19	0.000000
X8 J13	0.000000	X9 J20	0.000000
X8 J14	0.000000	X9 J21	0.000000
X8 J15	0.000000	X9 J22	0.000000
X8 J16	0.000000	X9 J23	0.000000
X8 J17	0.000000	X9 J24	0.000000
X8 J18	0.000000	X9 J25	0.000000
X8 J19	0.000000	X9 J26	0.000000
X8 J20	0.000000	X9 J27	0.000000
X8 J21	0.000000	X9 J28	0.000000
X8 J22	0.000000	X9 J29	0.000000
X8 J23	0.000000	X9 J30	0.000000
X8 J24	0.000000	X9 J31	0.000000
X8 J25	0.000000	X9 J32	0.000000
X8 J26	0.000000	X9 J33	0.000000
X8 J27	0.000000	X9 J34	0.000000
X8 J28	0.000000	X9 J35	0.000000
X8 J29	0.000000	X9 J36	0.000000
X8 J30	0.000000	X9 J37	0.000000
X8 J31	0.000000	X9 J38	0.000000
X8 J32	0.000000	X9 J39	0.000000
X8 J33	0.000000	X1 0J1	0.000000
X8 J34	0.000000	X1 0J2	0.000000
X8 J35	0.000000	X1 0J3	5.695.000
X8 J36	0.000000	X1 0J4	0.000000

X1	OJ5	0.000000	X10	J23	0.000000
X1	OJ6	0.000000	X10	J24	0.000000
X1	OJ7	0.000000	X10	J25	0.000000
X1	OJ8	0.000000	X10	J26	0.000000
X1	OJ9	0.000000	X10	J27	0.000000
X10	J10	0.000000	X10	J28	0.000000
X10	J11	0.000000	X10	J29	0.000000
X10	J12	0.000000	X10	J30	0.000000
X10	J13	0.000000	X10	J31	0.000000
X10	J14	0.000000	X10	J32	0.000000
X10	J15	0.000000	X10	J33	0.000000
X10	J16	0.000000	X10	J34	0.000000
X10	J17	0.000000	X10	J35	0.000000
X10	J18	0.000000	X10	J36	0.000000
X10	J19	0.000000	X10	J37	0.000000
X10	J20	0.000000	X10	J38	0.000000
X10	J21	0.000000	X10	J39	0.000000
X10	J22	0.000000			

**APÊNDICE VII – FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO INICIAL SEM INCETIVO DO GOVERNO**

Componente do Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+) Receita	14.766.021,82	16.394.136,14	18.491.469,29	18.491.469,29	19.575.905,85	21.061.088,80	23.163.836,94	25.440.745,31	27.630.284,40	29.937.289,82	32.419.090,38
(-) PIS/Colitis	1.365.857,02	1.516.457,59	1.710.460,91	1.710.460,91	1.810.771,29	1.946.150,71	2.142.654,92	2.353.288,94	2.555.801,31	2.768.189,29	2.998.765,86
(-) ICMS	2.510.223,71	2.787.003,14	3.143.546,78	3.143.546,78	3.327.903,99	3.580.385,10	3.897.852,28	4.324.926,70	4.697.148,35	5.099.339,24	5.511.245,37
(=) Receitas líquidas	10.889.941,09	12.090.675,40	13.637.459,60	13.637.459,60	14.437.230,56	15.532.552,99	17.083.329,74	18.762.549,67	20.377.334,75	22.078.751,09	23.909.079,16
(-) Custo de Aquisição do GN pela distribuidora	11.405.824,78	12.665.440,87	14.283.499,05	14.283.499,05	15.121.158,20	16.268.366,79	17.892.609,71	19.651.378,47	21.342.659,95	23.124.676,63	25.041.711,90
(-) Custo de distribuição otimizado	138.332,00	144.168,79	150.251,85	150.251,85	156.591,59	163.199,83	170.084,85	177.261,42	184.740,79	192.535,76	200.659,62
(-) custo de regeneração	387.757,56	404.118,63	421.170,03	421.170,03	438.940,90	457.461,60	476.763,76	496.880,36	517.845,76	539.695,78	562.467,73
(=) Custo Variável	11.931.914	13.211.728	14.854,921	14.854,921	15.716,691	16.889,029	18.539,458	20.325,520	22.045,247	23.856,908	25.804,839
(-) custo fixo	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588	4.051.588
(=) Lucro operacional bruto	(5.093.541,25)	(5.172,620,88)	(5.269,030,33)	(5.269,030,33)	(5.331,028,13)	(5.406,044,22)	(5.507,696,57)	(5.614,538,58)	(5.719,479,76)	(5.829,725,07)	(5.947,328,10)
(-) Despesas administrativas	1.814.411,64	1.936.533,63	2.093.360,53	2.093.360,53	2.135,028,55	2.241.779,98	2.364.212,32	2.482,681,26	2.596,518,26	2.711,035,42	2.824,393,91
(-) Despesas comerciais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas gerais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro ou Prejuízo Operacional (Ebitda)	(6.907,952,88)	(7.109,154,71)	(7.302,399,86)	(7.302,399,86)	(7.466,056,69)	(7.640,824,20)	(7.871,908,89)	(8.097,219,84)	(8.315,998,01)	(8.540,760,49)	(8.771,722,01)
(-) Depreciação	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45
(-) Despesa não operacionais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Receitas não operacionais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro antes de Juros e IR (Lajir)	(10.163,998,33)	(10.365,200,16)	(10.558,436,31)	(10.558,436,31)	(10.722,102,14)	(10.905,869,65)	(11.127,954,34)	(11.353,265,29)	(11.572,043,46)	(11.796,805,94)	(12.027,767,46)
(-) Despesas financeiras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Lucro antes do IR (Lair)	(10.163,998,33)	(10.365,200,16)	(10.558,436,31)	(10.558,436,31)	(10.722,102,14)	(10.905,869,65)	(11.127,954,34)	(11.353,265,29)	(11.572,043,46)	(11.796,805,94)	(12.027,767,46)
(-) IR	2.032,799,67	2.073,040,03	2.111,687,26	2.111,687,26	2.144,420,43	2.181,173,93	2.226,590,87	2.270,653,06	2.314,408,69	2.359,381,19	2.405,553,49
(=) Lucro ou Prejuízo Líquido	(12.196,798,00)	(12.438,240,20)	(12.670,123,57)	(12.670,123,57)	(12.866,522,56)	(13.087,043,58)	(13.353,545,21)	(13.623,918,35)	(13.886,452,15)	(14.156,167,13)	(14.433,320,95)
(+) Depreciação	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45	3.256,045,45
(=) Fluxo de caixa operacional	(8.940,752,55)	(9.182,194,75)	(9.414,076,12)	(9.414,076,12)	(9.610,477,11)	(9.830,998,13)	(10.097,499,76)	(10.367,872,90)	(10.630,406,70)	(10.900,121,68)	(11.177,275,50)
(+) Invest. ou destribuições de equipamentos	(25.139.454,55)	-	-	-	-	10.343,427,27	-	-	-	-	3.256,045,45
(+) Invest. ou destribuições de não-de-obra	-	-	-	-	(8.731.500,00)	-	-	-	-	-	-
(+) Mudanças no capital de giro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Fluxo de caixa global	(25.139.455)	(8.940,752,55)	(9.182,194,75)	(9.414,076,12)	(9.610,477,11)	(9.829,999,76)	(10.367,872,90)	(10.630,406,70)	(10.900,121,68)	(11.177,275,50)	(7.921.230,05)

**APÊNDICE VIII – FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO INICIAL COM INCETIVO DO GOVERNO**

Componente do Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+) Receita		17.276.245,53	19.181.139,28	21.635.019,06	22.903.809,94	24.641.473,89	27.101.689,22	29.765.672,01	32.327.432,75	35.026.628,85	37.930.335,75
(-) PIS/Cofins		1.598.052,71	1.774.255,38	2.001.239,26	2.118.602,41	2.279.336,33	2.506.906,25	2.753.324,66	2.990.287,53	3.239.963,17	3.508.556,06
(-) ICMS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Receitas líquidas</b>	-	15.678.192,82	17.406.883,90	19.633.779,80	20.785.207,43	22.362.137,56	24.594.782,97	27.012.347,35	29.337.145,22	31.786.665,68	34.421.779,69
(-) Custo de Aquisição do GN pela distribuidora		11.405.824,78	12.663.440,87	14.283.499,05	15.121.158,20	16.288.388,79	17.892.609,71	19.651.378,47	21.342.659,95	23.124.676,63	25.041.711,90
(-) Custo de distribuição otimizado		138.332,00	144.168,79	150.251,85	156.591,59	163.198,83	170.084,85	177.261,42	184.740,79	192.535,76	200.659,62
(-) custo de regularização		387.757,56	404.118,63	421.170,03	438.940,90	457.461,60	476.763,76	496.880,36	517.845,76	539.695,78	562.467,73
(=) <b>Custo Variável</b>		11.931.914	13.211.728	14.854,921	15.716,691	16.889,029	18.539,458	20.325,520	22.045,247	23.856,908	25.804,839
(-) custo fixo		4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568	4.051,568
(=) <b>Lucro operacional bruto</b>	-	(305.289,52)	143.587,62	727.290,87	1.016.948,73	1.421.540,34	2.003.756,65	2.635.259,11	3.240.330,72	3.878.189,52	4.565.372,43
(-) Despesas administrativas		1.814.411,64	1.936.533,83	2.033.380,63	2.135.028,55	2.241.779,98	2.364.212,32	2.482.681,26	2.596.518,26	2.711.035,42	2.824.993,91
(-) Despesas comerciais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas gerais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Operacional (Ebitda)</b>	-	(2.119.701,16)	(1.792.946,22)	(1.306.069,66)	(1.118.079,82)	(820.239,63)	(360.455,66)	152.577,85	643.812,46	1.167.154,10	1.740.978,52
(-) Depreciação		3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45
(-) Despesa não operacionais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Receitas não operacionais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro antes de Juros e IR (Lajir)</b>	-	(5.375.746,61)	(5.048.991,67)	(4.562.115,11)	(4.374.125,27)	(4.076.285,08)	(3.616.501,11)	(3.103.467,60)	(2.612.232,99)	(2.088.891,35)	(1.515.066,93)
(-) Despesas financeiras		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro antes do IR (Lair)</b>	-	(5.375.746,61)	(5.048.991,67)	(4.562.115,11)	(4.374.125,27)	(4.076.285,08)	(3.616.501,11)	(3.103.467,60)	(2.612.232,99)	(2.088.891,35)	(1.515.066,93)
(-) IR		1.075.149,32	1.009.798,33	912.423,02	874.825,05	815.257,02	723.300,22	620.693,52	522.446,60	417.778,27	303.013,39
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Líquido</b>	-	(6.450.895,93)	(6.058.790,00)	(5.474.538,13)	(5.248.950,32)	(4.891.542,10)	(4.339.801,34)	(3.724.161,13)	(3.134.679,59)	(2.506.669,62)	(1.818.080,31)
(+) Depreciação		3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45	3.256.045,45
(=) <b>Fluxo de caixa operacional</b>	-	(3.194.850,48)	(2.802.744,55)	(2.218.492,68)	(1.992.904,87)	(1.635.496,65)	(1.083.755,89)	(468.115,68)	121.365,86	749.375,83	1.437.965,14
(+) Invest. ou desmobilizações de equipamentos	(25.139.454,55)					10.343.427,27					3.256.045,45
(+) Invest. ou desmobilizações de mão-de-obra						(8.731.500,00)					
(+) Mudanças no capital de giro											
(=) <b>Fluxo de caixa global</b>	(25.139.455)	(3.194.850,48)	(2.802.744,55)	(2.218.492,68)	(1.992.904,87)	(23.569,38)	(9.815.255,89)	(468.115,68)	121.365,86	749.375,83	4.694.010,59

**APÊNDICE IX – RESULTADO DA MODELAGEM DO PLFC PARA OS  
CENÁRIOS COM REDUÇÃO DE CAPACIDADE**

Variables	result	X1J34	0.000000
	43650590	X1J35	0.000000
Y1	0.000000	X1J36	0.000000
Y2	1.000.000	X1J37	0.000000
Y3	1.000.000	X1J38	0.000000
Y4	0.000000	X1J39	0.000000
Y5	0.000000	X2J1	8.240.000
Y6	1.000.000	X2J2	8.240.000
Y7	0.000000	X2J3	0.000000
Y8	0.000000	X2J4	174378.0
Y9	0.000000	X2J5	23244.00
Y10	0.000000	X2J6	15386.00
X1J1	0.000000	X2J7	0.000000
X1J2	0.000000	X2J8	0.000000
X1J3	0.000000	X2J9	0.000000
X1J4	0.000000	X2J10	0.000000
X1J5	0.000000	X2J11	0.000000
X1J6	0.000000	X2J12	0.000000
X1J7	0.000000	X2J13	105506.0
X1J8	0.000000	X2J14	0.000000
X1J9	0.000000	X2J15	0.000000
X1J10	0.000000	X2J16	175844.0
X1J11	0.000000	X2J17	0.000000
X1J12	0.000000	X2J18	0.000000
X1J13	0.000000	X2J19	87189.00
X1J14	0.000000	X2J20	30772.00
X1J15	0.000000	X2J21	219805.0
X1J16	0.000000	X2J22	61190.00
X1J17	0.000000	X2J23	0.000000
X1J18	0.000000	X2J24	87189.00
X1J19	0.000000	X2J25	22420.00
X1J20	0.000000	X2J26	0.000000
X1J21	0.000000	X2J27	47441.00
X1J22	0.000000	X2J28	8.654.000
X1J23	0.000000	X2J29	26706.00
X1J24	0.000000	X2J30	10962.00
X1J25	0.000000	X2J31	1.758.000
X1J26	0.000000	X2J32	19232.00
X1J27	0.000000	X2J33	7.693.000
X1J28	0.000000	X2J34	850520.0
X1J29	0.000000	X2J35	0.000000
X1J30	0.000000	X2J36	19232.00
X1J31	0.000000	X2J37	9.286.000
X1J32	0.000000	X2J38	697881.0
X1J33	0.000000	X2J39	1.758.000
		X3J1	0.000000

X3J2	0.000000	X4J9	0.000000
X3J3	0.000000	X4J10	0.000000
X3J4	0.000000	X4J11	0.000000
X3J5	0.000000	X4J12	0.000000
X3J6	0.000000	X4J13	0.000000
X3J7	659415.0	X4J14	0.000000
X3J8	263766.0	X4J15	0.000000
X3J9	0.000000	X4J16	0.000000
X3J10	506431.0	X4J17	0.000000
X3J11	439610.0	X4J18	0.000000
X3J12	527532.0	X4J19	0.000000
X3J13	0.000000	X4J20	0.000000
X3J14	15825.00	X4J21	0.000000
X3J15	166912.0	X4J22	0.000000
X3J16	0.000000	X4J23	0.000000
X3J17	175844.0	X4J24	0.000000
X3J18	203484.0	X4J25	0.000000
X3J19	0.000000	X4J26	0.000000
X3J20	0.000000	X4J27	0.000000
X3J21	0.000000	X4J28	0.000000
X3J22	113188.0	X4J29	0.000000
X3J23	166912.0	X4J30	0.000000
X3J24	0.000000	X4J31	0.000000
X3J25	0.000000	X4J32	0.000000
X3J26	142873.0	X4J33	0.000000
X3J27	0.000000	X4J34	0.000000
X3J28	0.000000	X4J35	0.000000
X3J29	0.000000	X4J36	0.000000
X3J30	0.000000	X4J37	0.000000
X3J31	0.000000	X4J38	0.000000
X3J32	0.000000	X4J39	0.000000
X3J33	0.000000	X5J1	0.000000
X3J34	0.000000	X5J2	0.000000
X3J35	8.792.000	X5J3	0.000000
X3J36	0.000000	X5J4	0.000000
X3J37	0.000000	X5J5	0.000000
X3J38	0.000000	X5J6	0.000000
X3J39	0.000000	X5J7	0.000000
X4J1	0.000000	X5J8	0.000000
X4J2	0.000000	X5J9	0.000000
X4J3	0.000000	X5J10	0.000000
X4J4	0.000000	X5J11	0.000000
X4J5	0.000000	X5J12	0.000000
X4J6	0.000000	X5J13	0.000000
X4J7	0.000000	X5J14	0.000000
X4J8	0.000000	X5J15	0.000000

X5J16	0.000000	X6J23	0.000000
X5J17	0.000000	X6J24	0.000000
X5J18	0.000000	X6J25	0.000000
X5J19	0.000000	X6J26	0.000000
X5J20	0.000000	X6J27	0.000000
X5J21	0.000000	X6J28	0.000000
X5J22	0.000000	X6J29	0.000000
X5J23	0.000000	X6J30	0.000000
X5J24	0.000000	X6J31	0.000000
X5J25	0.000000	X6J32	0.000000
X5J26	0.000000	X6J33	0.000000
X5J27	0.000000	X6J34	3133450.
X5J28	0.000000	X6J35	0.000000
X5J29	0.000000	X6J36	0.000000
X5J30	0.000000	X6J37	0.000000
X5J31	0.000000	X6J38	0.000000
X5J32	0.000000	X6J39	0.000000
X5J33	0.000000	X7J1	0.000000
X5J34	0.000000	X7J2	0.000000
X5J35	0.000000	X7J3	0.000000
X5J36	0.000000	X7J4	0.000000
X5J37	0.000000	X7J5	0.000000
X5J38	0.000000	X7J6	0.000000
X5J39	0.000000	X7J7	0.000000
X6J1	0.000000	X7J8	0.000000
X6J2	0.000000	X7J9	0.000000
X6J3	23262.00	X7J10	0.000000
X6J4	0.000000	X7J11	0.000000
X6J5	0.000000	X7J12	0.000000
X6J6	0.000000	X7J13	0.000000
X6J7	0.000000	X7J14	0.000000
X6J8	0.000000	X7J15	0.000000
X6J9	446644.0	X7J16	0.000000
X6J10	0.000000	X7J17	0.000000
X6J11	0.000000	X7J18	0.000000
X6J12	0.000000	X7J19	0.000000
X6J13	0.000000	X7J20	0.000000
X6J14	0.000000	X7J21	0.000000
X6J15	0.000000	X7J22	0.000000
X6J16	0.000000	X7J23	0.000000
X6J17	0.000000	X7J24	0.000000
X6J18	0.000000	X7J25	0.000000
X6J19	0.000000	X7J26	0.000000
X6J20	0.000000	X7J27	0.000000
X6J21	0.000000	X7J28	0.000000
X6J22	0.000000	X7J29	0.000000

X7J30	0.000000	X8J37	0.000000
X7J31	0.000000	X8J38	0.000000
X7J32	0.000000	X8J39	0.000000
X7J33	0.000000	X9J1	0.000000
X7J34	0.000000	X9J2	0.000000
X7J35	0.000000	X9J3	0.000000
X7J36	0.000000	X9J4	0.000000
X7J37	0.000000	X9J5	0.000000
X7J38	0.000000	X9J6	0.000000
X7J39	0.000000	X9J7	0.000000
X8J1	0.000000	X9J8	0.000000
X8J2	0.000000	X9J9	0.000000
X8J3	0.000000	X9J10	0.000000
X8J4	0.000000	X9J11	0.000000
X8J5	0.000000	X9J12	0.000000
X8J6	0.000000	X9J13	0.000000
X8J7	0.000000	X9J14	0.000000
X8J8	0.000000	X9J15	0.000000
X8J9	0.000000	X9J16	0.000000
X8J10	0.000000	X9J17	0.000000
X8J11	0.000000	X9J18	0.000000
X8J12	0.000000	X9J19	0.000000
X8J13	0.000000	X9J20	0.000000
X8J14	0.000000	X9J21	0.000000
X8J15	0.000000	X9J22	0.000000
X8J16	0.000000	X9J23	0.000000
X8J17	0.000000	X9J24	0.000000
X8J18	0.000000	X9J25	0.000000
X8J19	0.000000	X9J26	0.000000
X8J20	0.000000	X9J27	0.000000
X8J21	0.000000	X9J28	0.000000
X8J22	0.000000	X9J29	0.000000
X8J23	0.000000	X9J30	0.000000
X8J24	0.000000	X9J31	0.000000
X8J25	0.000000	X9J32	0.000000
X8J26	0.000000	X9J33	0.000000
X8J27	0.000000	X9J34	0.000000
X8J28	0.000000	X9J35	0.000000
X8J29	0.000000	X9J36	0.000000
X8J30	0.000000	X9J37	0.000000
X8J31	0.000000	X9J38	0.000000
X8J32	0.000000	X9J39	0.000000
X8J33	0.000000	X10J1	0.000000
X8J34	0.000000	X10J2	0.000000
X8J35	0.000000	X10J3	0.000000
X8J36	0.000000	X10J4	0.000000

X10J5	0.000000
X10J6	0.000000
X10J7	0.000000
X10J8	0.000000
X10J9	0.000000
X10J10	0.000000
X10J11	0.000000
X10J12	0.000000
X10J13	0.000000
X10J14	0.000000
X10J15	0.000000
X10J16	0.000000
X10J17	0.000000
X10J18	0.000000
X10J19	0.000000
X10J20	0.000000
X10J21	0.000000
X10J22	0.000000
X10J23	0.000000
X10J24	0.000000
X10J25	0.000000
X10J26	0.000000
X10J27	0.000000
X10J28	0.000000
X10J29	0.000000
X10J30	0.000000
X10J31	0.000000
X10J32	0.000000
X10J33	0.000000
X10J34	0.000000
X10J35	0.000000
X10J36	0.000000
X10J37	0.000000
X10J38	0.000000
X10J39	0.000000

**646424**

**APÊNDICE X – FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO COM REDUÇÃO DA  
CAPAIDADE DE REGASEIFICAÇÃO SEM INCETIVO DO GOVERNO**

Componente do Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+) Receita		14.766.021,82	16.394.136,14	18.491.469,29	19.575.905,95	21.061.088,80	23.163.836,94	25.440.745,31	27.630.294,40	29.937.289,62	32.419.090,38
(-) PIS/COFINS		1.365.857,02	1.516.457,69	1.710.460,91	1.810.771,29	1.946.150,71	2.142.654,92	2.353.266,94	2.555.801,31	2.769.199,29	2.998.765,86
(-) ICMS		2.510.223,71	2.787.003,14	3.143.549,78	3.327.900,99	3.580.395,10	3.937.852,28	4.324.926,70	4.697.146,35	5.089.339,24	5.511.245,37
(=) <b>Receitas líquidas</b>		10.889,94,09	12.090,675,40	13.637,468,60	14.437,230,56	15.532,552,99	17.083,329,74	18.762,549,67	20.377,334,75	22.078,751,09	23.909,079,16
(-) Custo de Aquisição do GN pela distribuição		11.405,824,78	12.663,440,87	14.283,499,05	15.121,159,20	16.268,368,79	17.892,609,71	19.651,374,47	21.342,659,95	23.124,676,63	25.041,711,90
(-) Custo de distribuição otimizado		123.532,25	128.744,66	134.176,83	139.838,30	145.738,64	151.887,95	158.296,72	164.975,90	171.936,90	179.191,62
(-) custo de reestruturação		387.995,36	404.356,04	421.417,46	439.199,77	457.730,35	477.043,95	497.172,27	518.149,98	540.012,84	562.798,17
(=) <b>Custo Variável</b>		11.917,342	13.196,541	14.839,093	15.700,195	16.871,838	18.521,542	20.306,847	22.025,786	23.836,626	25.763,702
(-) custo fixo		4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958	4.557,958
(=) <b>Lucro operacional bruto</b>		(5.585,359,05)	(5.663,823,83)	(5.759,592,49)	(5.820,922,46)	(5.897,242,54)	(5.936,169,51)	(6.102,255,54)	(6.206,408,83)	(6.315,833,03)	(6.432,580,28)
(-) Despesas administrativas		1.814,411,64	1.936,533,83	2.033,360,63	2.135,028,55	2.241,779,98	2.364,212,32	2.482,891,26	2.596,518,26	2.711,035,42	2.824,393,91
(-) Despesas comerciais											
(-) Despesas gerais											
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Operacional (Ebitda)</b>		(7.399,770,68)	(7.600,357,67)	(7.792,953,02)	(7.955,951,01)	(8.139,022,52)	(8.360,391,83)	(8.594,939,80)	(8.802,927,09)	(9.026,868,45)	(9.256,974,19)
(-) Depreciação		4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18
(-) Despesa não operacionais											
(+) Receitas não operacionais											
(=) <b>Lucro antes de Juros e IR (Lajir)</b>		(1.736,188,87)	(11.936,775,85)	(12.129,371,20)	(12.292,369,20)	(12.475,440,70)	(12.696,800,01)	(12.921,354,99)	(13.139,345,27)	(13.363,286,63)	(13.593,392,38)
(-) Despesas financeiras											
(=) <b>Lucro antes do IR (Lair)</b>		(1.736,188,87)	(11.936,775,85)	(12.129,371,20)	(12.292,369,20)	(12.475,440,70)	(12.696,800,01)	(12.921,354,99)	(13.139,345,27)	(13.363,286,63)	(13.593,392,38)
(-) IR		2347,237,77	2387,955,17	2429,874,24	2469,733,84	2493,088,14	2539,800,00	2584,271,00	2627,899,05	2672,673,33	2718,678,48
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Líquido</b>		(14.083,426,64)	(14.324,131,02)	(14.555,245,44)	(14.750,846,03)	(14.970,528,85)	(15.236,160,01)	(15.505,625,98)	(15.767,214,33)	(16.035,949,96)	(16.312,070,85)
(+) Depreciação		4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18	4.336,418,18
(=) <b>Fluxo de caixa operacional</b>		(9.747,008,46)	(9.987,712,83)	(10.218,827,26)	(10.414,424,85)	(10.634,110,66)	(10.899,741,83)	(11.169,207,80)	(11.430,796,15)	(11.699,525,77)	(11.975,652,67)
(+) Invest. ou desmobilizações de equipamentos		(34.632,681,82)				10.349,427,27					4.336,418,18
(+) Invest. ou desmobilizações de mão-de-obra						(8.731,500,00)					
(+) Mudanças no capital de giro											
(=) <b>Fluxo de caixa global</b>		(34.632,682)	(9.747,008,46)	(10.218,827,26)	(10.414,424,85)	(9.922,183,39)	(9.631,241,83)	(11.169,207,80)	(11.430,796,15)	(11.699,525,77)	(11.975,652,67)

**APÊNDICE XI – FLUXO DE CAIXA DO CENÁRIO COM REDUÇÃO DA  
CAPAIDADE DE REGASEIFICAÇÃO COM INCETIVO DO GOVERNO**

Componente do Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+) Receita		17.276.245,53	19.181.139,28	21.635.019,06	22.903.809,84	24.641.473,89	27.101.699,22	29.765.672,01	32.327.432,75	35.026.628,85	37.930.335,75
(-) PIS/COFINS		1.598.052,71	1.774.255,38	2.001.239,26	2.118.602,41	2.279.336,33	2.506.906,25	2.753.324,86	2.990.287,53	3.239.983,17	3.508.556,06
(-) ICMS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Receitas líquidas</b>		15.678.192,82	17.406.883,90	19.633.779,80	20.785.207,43	22.362.137,56	24.594.792,97	27.012.347,15	29.337.145,22	31.786.645,68	34.421.779,69
(-) Custo de Aquisição do GN pela distribuidora		11.405.824,78	12.663.440,87	14.283.499,05	15.121.158,20	16.268.368,79	17.892.609,71	19.651.378,47	21.342.659,95	23.124.676,63	25.044.711,90
(-) Custo de distribuição otimizado		123.632,25	128.744,58	134.176,83	139.838,30	145.738,64	151.887,85	158.286,72	164.976,90	171.936,90	179.191,62
(-) custo de reestruturação		387.885,36	404.355,04	421.417,46	439.198,77	457.730,35	477.043,85	497.172,27	518.149,98	540.012,84	562.798,17
(=) <b>Custo Variável</b>		11.917.342	13.196.541	14.839.093	15.700.195	16.871.838	18.521.542	20.306.847	22.025.786	23.836.626	25.783.702
(-) custo fixo		4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958	4.557.958
(=) <b>Lucro operacional bruto</b>		(797.107,32)	(347.615,33)	236.728,71	527.054,41	932.342,03	1.515.283,71	2.147.542,15	2.753.401,64	3.392.081,56	4.080.120,25
(-) Despesas administrativas		1.814.411,64	1.936.533,83	2.033.360,53	2.135.028,85	2.241.779,98	2.364.212,32	2.482.881,26	2.596.518,26	2.711.035,42	2.824.333,91
(-) Despesas comerciais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Despesas gerais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Operacional (Ebitda)</b>		(2.611.519,96)	(2.284.149,17)	(1.796.631,81)	(1.607.974,15)	(1.309.437,95)	(846.928,61)	(335.199,11)	156.883,38	681.046,14	1.255.726,34
(-) Depreciação		4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18
(-) Despesa não operacionais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Receitas não operacionais		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro antes de Juros e IR (Lajir)</b>		(6.947.837,14)	(6.620.567,35)	(6.133.049,99)	(5.944.392,33)	(5.945.856,13)	(5.185.346,79)	(4.671.557,30)	(4.179.534,80)	(3.655.372,04)	(3.080.691,84)
(-) Despesas financeiras		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Lucro antes do IR (Lair)</b>		(6.947.837,14)	(6.620.567,35)	(6.133.049,99)	(5.944.392,33)	(5.945.856,13)	(5.185.346,79)	(4.671.557,30)	(4.179.534,80)	(3.655.372,04)	(3.080.691,84)
(-) IR		138.857,43	124.113,47	122.861,00	118.878,47	112.971,23	103.709,36	99.431,46	83.906,96	73.074,41	61.638,37
(=) <b>Lucro ou Prejuízo Líquido</b>		(6.337.524,57)	(7.944.680,82)	(7.355.959,99)	(7.133.270,79)	(6.722.416,15)	(6.222.416,15)	(5.605.868,76)	(5.015.441,76)	(4.386.446,45)	(3.698.830,21)
(+) Depreciação		4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18	4.336.418,18
(=) <b>Fluxo de caixa operacional</b>		(4.001.106,39)	(3.608.262,64)	(3.023.241,81)	(2.796.852,61)	(2.438.609,18)	(1.885.997,96)	(1.269.450,57)	(679.023,58)	(50.028,27)	639.587,97
(+) Invest. ou desmobilizações de equipamentos		(34.632.661,82)	-	-	-	10.343.427,27	-	-	-	-	4.336.418,18
(+) Invest. ou desmobilizações de mão-de-obra		-	-	-	-	(8.731.500,00)	-	-	-	-	-
(+) Mudanças no capital de giro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) <b>Fluxo de caixa global</b>		(34.632.662)	(4.001.106,39)	(3.023.241,81)	(2.796.852,61)	(2.438.609,18)	(1.885.997,96)	(1.269.450,57)	(679.023,58)	(50.028,27)	4.976.006,15

