

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**DISSERTAÇÃO**

**ESTRATÉGIA E LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: um estudo de caso do  
segmento industrial de fertilizantes nitrogenados brasileiro.**

**ALESSANDRA ANDRADE PEREIRA**

**2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**ESTRATÉGIA E LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: um estudo de caso do  
segmento industrial de fertilizantes nitrogenados brasileiro.**

**ALESSANDRA ANDRADE PEREIRA**

*Sob Orientação do Professor:*

**Drº. Murilo Alvarenga Oliveira**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Gestão e Estratégia**, no Curso de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia, Área de Concentração em Gestão e Estratégia

Seropédica, RJ  
Julho de 2014

658.5  
P436e  
T  
Pereira, Alessandra Andrade, 1975-  
Estratégia e logística de distribuição: um  
estudo de caso do segmento industrial de  
fertilizantes nitrogenados brasileiro / Alessandra  
Andrade Pereira. - 2014.

119 f.: il.

Orientador: Murilo Alvarenga Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Curso de Mestrado  
Profissional em Gestão e Estratégia, 2014.

Bibliografia: f. 63-66.

1. Logística empresarial - Teses. 2.  
Distribuição de mercadoria - Administração - Teses.  
3. Fertilizantes nitrogenados - Indústria - Brasil -  
Teses. 4. Fertilizantes nitrogenados - Brasil -  
Transporte - Custos - Teses. I. Oliveira, Murilo  
Alvarenga, 1977- II. Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro. Curso de Mestrado Profissional em  
Gestão e Estratégia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**ALESSANDRA ANDRADE PEREIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Estratégia, no Curso de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia, área de Concentração em Gestão e Estratégia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----/-----/-----

Banca Examinadora:

---

Murilo Alvarenga Oliveira, Dr<sup>o</sup>. UFRRJ

Orientador

---

Marcelo Sales Ferreira, Dr<sup>o</sup>. UFRRJ

Membro interno

---

Ilton Curty Leal, Dr<sup>o</sup>. UFF

Membro externo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar coragem para entrar nesta empreitada e por me dar forças para concluí-la.

Aos meus pais, João Anástácio Pereira e Maria Eli Andrade Pereira, por tudo que fizeram por mim.

Ao amor da minha vida, Julio Kenji e ao fruto deste amor, minha linda flor Isabela, pelo amor, paciência, amizade e companheirismo que foram primordiais durante este trabalho.

Ao meu irmão Andreson, pela amizade.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia - PPGE, por conceder a oportunidade e as condições para a realização deste curso.

Ao professor Murilo Alvarenga Oliveira pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Ilton Curty Leal pelos conselhos e sugestões.

Ao professor Pauli Adriano de A. Garcia pela ajuda com o AMPL.

Ao meu amigo Sérgio Urzedo Júnior, que embora em instituições diferentes, compartilhamos as angústias e alegrias desta etapa.

E a todos os meus amigos que acreditaram em mim, me apoiando nos momentos difíceis e me encorajando a seguir em frente, meu muito obrigada!!!

## RESUMO

PEREIRA, Alessandra Andrade. **ESTRATÉGIA E LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: um estudo de caso do segmento industrial de fertilizantes nitrogenados brasileiro**. 2014. 119p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

O alinhamento entre os níveis estratégico, tático e operacional tem importância na construção de vantagens competitivas. No planejamento de rede logística uma das principais decisões estratégicas é a inserção de novas instalações na rede logística, que desdobrada para o nível tático, reflete na decisão de definir a alocação da demanda, alinhando a estrutura pré-existente às novas realidades do negócio. Essa realocação da demanda influencia a logística de distribuição e acarreta mudanças em suas atividades ao minimizar os custos de transporte. O presente trabalho utilizou o estudo de caso do segmento industrial brasileiro de fertilizantes nitrogenados que, com o intuito de reduzir a dependência externa, está sendo modificado pelas novas instalações produtoras de fertilizantes nitrogenados, as Unidades de Fertilizantes Nitrogenados (UFN's) inseridas na rede logística da empresa XPTO. O estudo foi delimitado para o fertilizante nitrogenado uréia, responsável por 60% da matriz de nitrogenados consumidos no país. Para analisar a realocação da demanda por uréia devido à inserção das novas UFN's foi utilizado o Problema Clássico de Transporte (PCT), que tem como objetivo determinar as quantidades de produtos a serem transportadas a partir de um conjunto de fornecedores para um conjunto de consumidores, de forma que o custo total de transporte seja minimizado, portanto otimizando o processo de distribuição do fertilizante nitrogenado uréia. Embora o custo de transporte por si só teoricamente é inconclusivo sendo necessário considerar os custos totais (armazenagem e custo do produto, por exemplo) ele é o custo logístico mais representativo, respondendo por 60% deste valor. Por se tratar de uma commodity a uréia não apresenta diferenciação e possui baixo valor agregado, fator que eleva a participação do custo de transporte na formação do seu preço, além de a demanda e oferta estar separadas por longas distâncias, devido às novas fronteiras agrícolas brasileira. Foram realizados levantamentos para determinação dos dados a fim de subsidiarem a construção do PCT, etapa crucial na busca da solução ótima do problema. Após levantamento dos dados relativos ao estudo de caso, foram identificados os custos de transporte, a demanda por uréia e os destinos onde se localizam as misturadoras de fertilizantes, as origens da oferta de uréia e a capacidade de fornecimento destas. Com o intuito de considerar as mudanças na rede logística da XPTO com relação à alocação da demanda por uréia, foram realizadas simulações de cenários com as inserções das UFN's. A aplicação do PCT aos cenários foi realizada através do software AMPL e do solucionador CPLEX com o objetivo de modelar e resolver o problema de otimização resultando na alteração da alocação da demanda à medida que se inseriu uma UFN na rede logística da XPTO em função da minimização do custo de transporte. Os resultados apresentados mostram que a inclusão da UFN-III na rede logística da XPTO, é responsável pela redução do custo total de transporte mais significativa entre os cenários simulados, confirmando que o planejamento de redes logísticas e o alinhamento entre

os níveis estratégico e tático são instrumentos capazes de contribuir com a otimização da distribuição do produto.

**Palavras-chave:** Estratégia, Logística de Distribuição, Custo de Transporte

## ABSTRACT

**PEREIRA, Alessandra Andrade. ESTRATÉGIA E LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: um estudo de caso do segmento industrial de fertilizantes nitrogenados brasileiro.** 2014. 119p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

The alignment among strategic, tactical and operational levels is important in competitive advantage. In Logistics Network Planning the main strategic decisions is the insertion of new facilities in the logistics network, which unfolded to the tactical level, reflects in the decision to allocation of demand, aligning the pre-existing to the new realities of the business structure. This reallocation of demand influences the distribution logistics and entails changes in this activity to minimize transportation costs. This study used the case study of Brazilian fertilizer sector that is been changing due the insertion of new plants called Units Nitrogen Fertilizers (UFN's) in the logistic network from XPTO. The study was limited to urea which is responsible for 60% from nitrogen market in the Brazil. In order to analyze the allocation of demand due the new UFN was used the Classic Transport Problem, minimizing the cost of transportation, therefore optimizing the distribution process of nitrogen fertilizer urea. Transportation Cost is the most important logistic cost and this cost is very representative for urea. After collection of data relative to the case study, were identified transportation costs, demand for urea and destinations, supply capacity and sources of supply. In order to consider changes in logistics network from XPTO regarding the allocation of demand for urea, scenarios simulations with the UFN's insertions were performed. The Classical Transport Problem was applied in the scenarios through software AMPL and the solver CPLEX aiming to solve the optimization problem and changing the allocation of demand as UFN's were inserted as of minimizing transport cost. The results presented that the inclusion of the UFN-III in XPTO logistics network was responsible for the most significant transport cost reduction among the simulated scenarios, confirming that Logistics Network Planning and the alignment between the strategic and tactical levels are the capable instruments to contribute with the optimization of product distribution urea.

Key words: Strategy, Distribution Logistics, Transport Cost.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção Mundial de Insumos para Fertilizantes.....	22
Tabela 2 – Consumo Mundial de Fertilizantes por Bloco Econômico em 2012.....	23
Tabela 3 – Capacidade de Produção e Oferta de Uréia e Situação Operacional das Fábricas..	40
Tabela 4 – Definições dos Cenários para as Simulações.....	41
Tabela 5 – Total de Nutriente Nitrogênio (N) Comercializado no Brasil em 2012 .....	44
Tabela 6 – Total de Nutriente Nitrogênio (N) Comercializado no Brasil em 2012 Advindo da Uréia (60% Matriz).....	45
Tabela 7 – Total de Uréia Comercializada no Brasil.....	46
Tabela 8 – Demanda de Uréia por Cidade/Estado.....	48
Tabela 9 – Custo Total de Transporte Otimizado .....	53
Tabela 10 – Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 1 .....	54
Tabela 11 – Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 2.....	55
Tabela 12 – Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 3 .....	56
Tabela 13 – Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 4.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desdobramento do Planejamento de Redes Logísticas .....	08
Figura 2 - Fluxograma da Produção de Fertilizantes.....	16
Figura 3 - Rota de Produção de Alguns Fertilizantes Nitrogenados Comer. no Brasil.....	19
Figura 4 - Mapa da Fertilidade Natural dos Solos Brasileiros .....	34
Figura 5 - Cadeia de Valor do Fertilizante Nitrogenado. ....	37
Figura 6 - Localizações das Instalações de Fertilizantes da XPTO.....	38
Figura 7 – Instalações de Produção de Uréia consideradas no Estudo de Caso.....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo Mundial de Fertilizantes por País no ano de 2012.....	23
Gráfico 2 -Avanço do Consumo Brasileiro de Fertilizantes.....	26
Gráfico 3 - Percentual da produção nacional de fertilizantes em comparação ao volume importado em 2012.....	27
Gráfico 4 - Fontes de Nitrogênio Comercializadas no Brasil Através da Importação .....	29
Gráfico 5 – Fertilizantes Entregues ao Consumidor Final no ano de 2012.....	35
Gráfico 6 – Percentual de misturadoras por região .....	43
Gráfico 7 – Custo de Transporte.....	60

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Características dos insumos produtivos dos fertilizantes.....	18
Quadro 2 – Variáveis utilizadas no Problema Clássico de Transporte.....	33
Quadro 3 – Variáveis levantadas para a aplicação do PCT ao estudo de caso .....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos do Estudo.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Relevância do Estudo .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Organização da Dissertação.....</b>	<b>4</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Alinhamento Estratégico.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Cadeia de Valor .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Planejamento de Redes Logísticas .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Localização De Instalação/Alocação De Demanda .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Logística de Distribuição .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 O Papel do Transporte na Logística de Distribuição .....</b>	<b>13</b>
<b>3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 A Estrutura Produtiva dos Fertilizantes .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.1 Fertilizantes básicos e intermediários - Uréia.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 Misturas e formulações: fertilizantes mistos e granulados complexos (NPK) .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 O Mercado Mundial de Fertilizantes – Situação Atual.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 A Indústria Brasileira de Fertilizantes .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.1 Uma perspectiva histórica .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.2 Situação atual.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 O Mercado Brasileiro de Fertilizantes Nitrogenados.....</b>	<b>28</b>
<b>4 MÉTODOS DE PESQUISA .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Problema Clássico de Transporte - PCT.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Linguagem de Programação Matemática .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Determinações dos Dados Relativos ao PCT.....</b>	<b>33</b>
<b>5 ANÁLISE DESCRITIVA DO CASO .....</b>	<b>34</b>

<b>5.1 Produto e a Demanda</b> .....	<b>34</b>
<b>5.2 A Empresa XPTO e a Produção de Fertilizantes Nitrogenados.</b> .....	<b>36</b>
5.2.1 Localizações das instalações de fertilizantes da XPTO.....	38
<b>5.3 Oferta</b> .....	<b>39</b>
<b>5.4 Simulação</b> .....	<b>40</b>
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
6.1 Volume .....	42
6.2 Localização da demanda - destinos.....	42
6.3 Custo de transporte.....	50
6.4 Aplicação do Problema Clássico de Transporte.....	52
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>61</b>
<b>8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>63</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A – Localização das misturadoras associadas ANDA 2012</b> .....	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B - Custo de transporte por tonelada (Distância (Km) x R\$/t.Km</b> <b>0,1091(valor médio))</b> .....	<b>73</b>
<b>APÊNDICE C – Código para o PCT escrito na linguagem do software AMPL.</b> .....	<b>77</b>
<b>APÊNDICE D - Demanda alocada aos portos para o Cenário 1</b> .....	<b>107</b>
<b>APÊNDICE E - Demanda alocada aos portos para o Cenário 2</b> .....	<b>111</b>
<b>APÊNDICE F - Demanda alocada aos portos para o Cenário 3</b> .....	<b>115</b>
<b>APÊNDICE G - Demanda alocada aos portos para o Cenário 4</b> .....	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diante da busca por desempenho superior em um ambiente de concorrência, o alinhamento entre os níveis estratégico, tático e operacional de uma empresa tem importância na construção de vantagens competitivas sustentáveis e de longo prazo (RESENDE; MENDONÇA, 2007).

Uma das principais decisões de uma empresa no nível estratégico é o Planejamento de Redes Logísticas, que determina o número de instalações, tamanho e localização de fábricas e depósitos. O desdobramento desta decisão para o nível tático reflete na decisão de definir a alocação da demanda às instalações (KOUVELIS; CHAMBERS; WANG, 2006).

A alocação da demanda influencia na Logística de Distribuição e acarreta mudanças em suas atividades ao minimizar os custos de transporte. Quando uma nova instalação é introduzida na rede logística, a qual possui um lugar fixo, é necessário revisar a designação da demanda às instalações de modo a minimizar o custo do transporte (JAYARAMAN; PIRKUL, 2001, JAYARAMAN; ROSS, 2003, MELO; NICKEL; SALDANHA-DA-GAMA, 2009, SYARIF; YUN; GEN, 2002).

É nesse contexto que as empresas passam a pleitear informações mais precisas através do uso de modelos matemáticos para subsidiar tomadas de decisões e definir estratégias de distribuição, políticas de estoque, escolha do modo de transporte, localização e capacidade de instalações, enfim tudo aquilo que pode de alguma forma, traduzir-se em vantagem competitiva da rede logística.

Para exemplificar o desdobramento de decisões de nível estratégico para os demais níveis e o alinhamento entre estes níveis, foi utilizado o setor industrial brasileiro de fertilizantes nitrogenados como exemplo. Com o intuito de diminuir a dependência da importação de fertilizantes, o governo lançou o Plano Nacional de Fertilizantes. Em resposta à estratégia governamental a empresa XPTO investiu e planejou novas instalações fixas de fertilizantes nitrogenados em sua rede logística.

De acordo com a literatura, estes novos projetos e aumentos de capacidade produtiva das Unidades de Fertilizantes Nitrogenados (UFN's) da empresa XPTO alteram a configuração da rede logística criando a necessidade de revisar a alocação da demanda.

Para reavaliar a designação da demanda foi escolhido o fertilizante uréia, dentre os fertilizantes nitrogenados produzidos pelas UFN's da XPTO. A limitação do estudo a este produto se deu em função da uréia ser o fertilizante nitrogenado mais consumido na agricultura do Brasil de acordo com dados da Associação Nacional para Difusão dos Adubos - ANDA.

Uma vez já definidos pelo nível estratégico, os locais de instalação das UFN's em função da localização da matéria-prima e iniciadas as construções das fábricas, o nível tático tem a função de otimizar a alocação da demanda pela uréia. Este é o dilema do presente estudo, que utilizando como critério o custo de transporte, pretendeu otimizar a logística de distribuição da uréia devido às novas instalações de UFN's.

O custo de transporte é uma das variáveis que determina o preço que a uréia chegará ao produtor nas diversas regiões, visto que a demanda e oferta estão separadas por longas distâncias, devido às novas fronteiras agrícolas brasileira. Além disso, por se tratar de uma commodities, a uréia não apresenta diferenciação e possui baixo valor agregado, fator que eleva a participação do custo de transporte na formação do seu preço.

Neste sentido, por meio da aplicação do Problema Clássico de Transporte, doravante PCT, pretendeu-se responder a seguinte questão: Quais demandas deverão ser alocadas às fábricas para minimizar o custo de transporte.

## **1.1 Objetivos do Estudo**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Neste estudo procurou-se contribuir com maiores informações sobre a utilização do PCT no processo de tomada de decisão, auxiliando o processo gerencial da empresa.

Neste sentido, o objetivo foi analisar a realocação da demanda por uréia às instalações fabris com a finalidade de minimizar os custos de transporte a partir das implantações das novas unidades de fertilizantes nitrogenados, UFN's, da empresa XPTO.

Embora a estrutura e a operação da empresa estejam em andamento, pode se utilizar a técnica de alocação de demanda às instalações fabris para rever a sua logística de distribuição



com o intuito de otimizar o custo de transporte, alinhando a sua estrutura pré-existente às novas realidades do negócio.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Para o alcance do objetivo geral foram estabelecidos níveis intermediários de objetivos associados ao problema de pesquisa. Assim, os objetivos específicos foram:

- Contextualizar a indústria de fertilizantes em especial a indústria de fertilizantes nitrogenados brasileira;
- Caracterizar a indústria brasileira de fertilizantes nitrogenados quanto à capacidade de produção, oferta e demanda;
- Identificar os custos de transporte entre os pontos de oferta e demanda do fertilizante nitrogenado uréia;
- Apresentar cenários de realocação da demanda por uréia à nova configuração de rede logística da área de fertilizantes nitrogenados da empresa XPTO.

## **1.2 Relevância do Estudo**

O planejamento de redes logísticas tem se tornado cada vez mais importante para a competitividade de uma empresa. E mais especificamente, a determinação do número de instalações, sua localização e a alocação dos mercados consumidores a elas aparecem como as principais decisões dentro do processo logístico (BALLOU, 2006).

Considerando que a natureza destas decisões envolve elevados investimentos e impactam diretamente no custo de distribuição por influenciar os estoques e transportes, a mudança da concepção equivocada de uma rede logística pode ser restritiva devido aos altos custos.

Portanto a inserção de novas unidades de fertilizantes nitrogenados, por si só, já é um motivador pertinente para uma reavaliação da rede logística.

Ademais, de acordo com Ballou (2001), a revisão da rede logística por meio do uso de modelos matemáticos pode gerar economias anuais de 5% a 15%, afetando a rentabilidade de uma empresa.

Desta forma a relevância do estudo se dá em função da necessidade de redução do custo de transporte da rede de distribuição de fertilizante uréia por meio da alocação da

demanda, alinhando o nível tático e operacional às instalações localizadas de acordo com as decisões tomadas no nível estratégico do Planejamento de Redes Logísticas.

Soma-se a isto a importância de minimizar os custos de transporte para que o produto se torne competitivo frente ao produto importado. Pois no setor de fertilizantes brasileiro existe uma peculiaridade, que reside no fato de que a indústria nacional de fertilizantes se encontra submetida a um sistema de tributação que pode anular a concorrência do produto nacional em relação ao importado. O produto importado desfruta de certos benefícios tarifários, como a isenção do imposto de importação e a falta de isonomia na tributação do ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, em relação ao produto nacional, não garantindo uma justa competição no mercado, sendo hoje totalmente favorável ao produto importado.

### **1.3 Organização da Dissertação**

O conteúdo da presente dissertação encontra-se organizado em sete capítulos. O primeiro deles apresenta o tema trabalhado, os objetivos a serem alcançados ao término do estudo bem como a relevância do mesmo.

O segundo capítulo objetiva apresentar o referencial teórico que subsidiou o desenvolvimento da dissertação. O primeiro tema abordado é sobre Alinhamento Estratégico, desdobramento da estratégia para os níveis tático e operacional no Planejamento de Redes Logísticas, noções de Cadeia de Valor, a influência do desdobramento na Logística de Distribuição e o papel da Logística de Distribuição como suporte às estratégias de negócios. Também são abordados os aspectos que influenciam a Logística de Distribuição tais como a Localização de Instalações/Alocação de Demanda e o papel do Transporte

O terceiro capítulo apresenta o contexto da indústria em que o estudo de caso se insere, desde a estrutura produtiva da indústria de fertilizantes, passando por um breve panorama mundial do mercado de fertilizantes até os movimentos atuais dentro da indústria brasileira de fertilizantes nitrogenados, que motivaram a realização do trabalho.

Em seguida, o quarto capítulo é destinado ao método de pesquisa utilizado para o levantamento dos parâmetros relativos ao estudo de caso, iniciando com a apresentação do PCT, seguido pela linguagem de programação matemática e, por fim, a definição dos dados relativos ao PCT, necessários para a aplicação do modelo matemático.

No quinto capítulo, na análise descritiva do caso, são apresentados os elementos do estudo de caso; o produto e a demanda, a empresa XPTO e o fertilizante nitrogenado uréia, bem como a oferta deste. Em seu término definem-se os cenários, considerando as mudanças na rede logística devido às inserções de novas instalações, realizando as simulações com as alternativas de projetos.

No penúltimo capítulo são exibidos os resultados encontrados sobre volume, localização dos pontos de origem e demanda e o custo de transporte entre eles. Também são abordadas as discussões sobre a aplicação do PCT com o intuito de realocar a demanda por uréia à nova configuração da rede logística da XPTO, considerando a minimização do custo de transporte.

E o último capítulo é direcionado às considerações finais, onde são sumarizadas: as principais conclusões encontradas, as limitações e as sugestões para estudos futuros.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Dentre as diversas decisões empresariais de nível estratégico a serem tomadas, o planejamento logístico merece particular destaque (BALLOU, 2006).

Porém para não impactar na competitividade da rede logística e na qualidade dos serviços prestados, os níveis estratégico, tático e operacional devem estar alinhados. Decisões tomadas no nível estratégico influenciam os níveis operacionais e táticos, como por exemplo, as atividades da logística de distribuição que são influenciadas pela localização de instalação e alocação de demanda.

Dessa maneira, com o intuito de fornecer embasamento teórico o presente capítulo objetiva explorar o alinhamento estratégico, seu desdobramento para o nível tático e operacional em um planejamento de redes logísticas, o conceito de cadeia de valor, a influência do desdobramento na Logística de Distribuição e o papel desta como suporte às estratégias de negócios.

Também será abordado o aspecto que influencia a Logística de Distribuição, a Localização de Instalações/Alocação de Demanda e o papel do Transporte na otimização desta.

### **2.1 Alinhamento Estratégico**

Alinhamento estratégico tornou-se um foco de estudo, quando foi constatado que as empresas que ajustavam as estruturas da organização de acordo com a estratégia de negócio obtinham desempenho melhor do que as outras (JOSHI; KATHURIA; PORTH, 2003).

O alinhamento estratégico procura ajustar a organização com o seu ambiente e as decisões tomadas dentro da dimensão de cada sub-estratégia devem ser coerentes entre si e convergirem com a estratégia global de negócios. (BORELLA; PADULA, 2010).

Para Mintzberg, Ahlstrand, e Lampel (2010), a lógica do alinhamento estratégico é não separar o pensamento da ação, a alta administração com a gerência intermediária, as pessoas que elaboram os planos e aqueles que os colocam em prática.

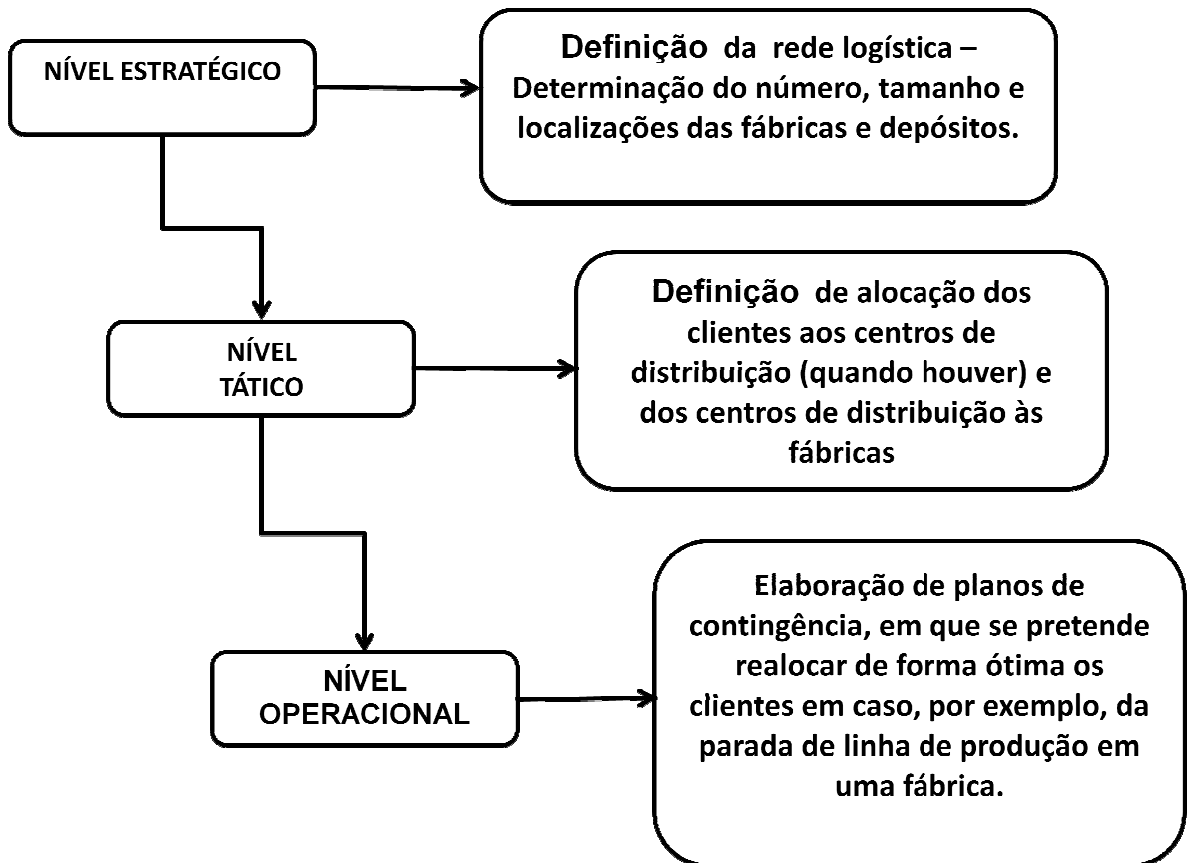
Para Chopra e Meindl (2010) a chave para atingir o alinhamento estratégico é a capacidade da empresa em encontrar o equilíbrio entre responsividade e eficiência no atendimento à demanda.

Para dar suporte à estratégia competitiva da empresa, as estratégias de fornecimento, fabricação e distribuição, deverão ir ao encontro das estratégias de negócios (WHEELWRIGHT, 1984).

Porter (2004) identificou três estratégias competitivas genéricas. A primeira consiste em atingir o custo total mais baixo através de escala eficiente de produção, redução e controle do custo. A segunda estratégia genérica, a diferenciação, é criar algo de novo no produto ou serviço oferecido pela empresa, de modo que ele se torne especial. Entretanto esta estratégia não permite ignorar os custos, mas estes não são alvos primários. A diferenciação pode criar uma posição defensável, proporcionando isolamento contra a rivalidade competitiva, menor sensibilidade ao preço, aumento das margens e a lealdade coloca barreiras de entrada, porém a obtenção de uma alta parcela do mercado pode se tornar difícil. E por último a estratégia de enfoque, que consiste em identificar um grupo de compradores, um segmento de linha de produto, ou um mercado geográfico, e dedicar-se a atender esse mercado-alvo melhor do que seus concorrentes.

Portanto deve se ter em mente a estratégia de negócios escolhida pela empresa para que as decisões tomadas nos níveis tático e operacional suportem essa estratégia.

O alinhamento estratégico em uma rede logística se dá através do desdobramento da estratégia de Planejamento de Redes Logísticas (número de instalações, tamanho e localização de fábricas e depósitos) para o nível tático, refletindo na decisão de definir a alocação da demanda às instalações, que por sua vez influencia em decisões relativas aos estoques e transportes, estando ligado diretamente aos processos de gestão de estoque, estratégias de distribuição, custos de transporte e níveis de serviço ao consumidor conforme Figura 1 (KOUVELIS; CHAMBERS; WANG, 2006).



**Figura 1:** Desdobramento do Planejamento de Redes Logísticas

Fonte: Adaptado de KOUVELIS; CHAMBERS; WANG, 2006.

## 2.2 Cadeia de Valor

De acordo com Oliveira e Leite (2010) existem inúmeros conceitos sobre cadeia de valor. Desde os conceitos que expressam um conjunto de atividades de valor necessárias à produção e entrega de um bem ou serviço ao consumidor final até aquelas abordagens que se estendem as atividades de valor a montante e a jusante.

Todavia Porter (1989) deu origem ao conceito de uma cadeia genérica de valor. Para ele a cadeia genérica de valor representa as atividades de valor agregado geradas pela empresa para atender os requisitos demandados pelos consumidores sobre a forma de produtos.

Ao desenvolver a noção de cadeia de valor, Porter (1989) identificou os "sistemas de valores", envolvendo fornecedores, canais e compradores. Para Porter (1989, p. 33), "a obtenção e a sustentação de uma vantagem competitiva dependem da compreensão não só da

cadeia de valores de uma empresa, mas também do modo como à empresa se enquadra no sistema de valores geral”.

De acordo com o autor citado, na busca pela vantagem competitiva, a partir das competências e recursos disponíveis, a empresa consegue criar valor para seus compradores que ultrapasse o custo de produção através da definição da sua cadeia de valores. Para que se possa compreender melhor a cadeia de valor de uma empresa é necessária a divisão das atividades de valor em dois grupos: atividades primárias e atividades de apoio.

As atividades primárias são aquelas envolvidas na criação física do produto e na sua venda e transferência para o comprador, bem como na assistência após a venda. Em qualquer empresa, as atividades primárias podem ser divididas em cinco categorias genéricas: (1) logística interna - são as atividades associadas ao recebimento, armazenamento e distribuição de insumos no produto, como manuseio de material, armazenagem, controle de estoque, programação de frotas, veículos e devolução para fornecedores; (2) operações - são as atividades associadas à transformação dos insumos no produto final, como trabalho com máquinas, embalagens, montagem, manutenção de equipamentos, testes, impressão e operações de produção; (3) logística externa - são as atividades associadas à coleta, armazenagem e distribuição física do produto para compradores, como armazenagem de produtos acabados, manuseio de materiais, operações de veículos de entrega, processamento de pedidos e programação; (4) marketing e vendas - são as atividades associadas à oferta de um meio pelo qual compradores possam comprar o produto e a induzi-los a fazer isto, como propaganda, promoção, força de vendas, cotação, seleção de canal, relações com canais e fixação de preços; e (5) assistência técnica - são atividades associadas ao fornecimento de serviço para intensificar ou manter o valor do produto, como instalação, conserto, treinamento, fornecimento de peças e ajuste do produto.

As atividades de apoio podem ser divididas em quatro categorias genéricas. Da mesma forma que as atividades primárias, cada categoria de atividades de apoio pode ser dividida em uma série de atividades de valor distintas e específicas a uma determinada empresa. As categorias genéricas das atividades de apoio são: (1) aquisição - refere-se à função de compra de insumos empregados na cadeia de valor da empresa, e não aos próprios insumos adquiridos. Insumos adquiridos incluem matérias primas, suprimentos e outros itens de consumo, bem como ativos como máquinas, equipamento de laboratório, equipamento de escritório e prédios. Embora estes insumos adquiridos estejam comumente associados a atividades primárias, eles estão presentes em cada atividade de valor, incluindo atividades de

apoio; (2) desenvolvimento de tecnologia - consiste em várias atividades que podem ser agrupadas, em termos gerais, em esforços para aperfeiçoar o produto e o processo. O desenvolvimento de tecnologia relacionada ao produto e às suas características pode apoiar toda a cadeia produtiva; (3) gerência de recursos humanos - consiste em atividades envolvidas no recrutamento, na contratação, no treinamento, no desenvolvimento e na compensação de todos os tipos de pessoal. A gerência de recursos humanos afeta a vantagem competitiva em qualquer empresa, por meio do seu papel na determinação das qualificações e do custo da contratação e do treinamento; e (4) infra-estrutura da empresa - consiste em uma série de atividades, incluindo gerência geral, planejamento, finanças, contabilidade, jurídicas, questões governamentais e gerência de qualidade. A infra-estrutura, ao contrário de outras atividades de apoio, geralmente dá suporte a toda a cadeia produtiva e não apenas às atividades individuais.

Enfatizar o planejamento e a coordenação dos negócios com o intuito de obter o melhor resultado desta série de atividades que promovem o valor é o conceito de cadeia de valor para Koh e Nam (2005).

Para Porter (1989) a análise da cadeia de valor de cada empresa passa pela avaliação das atividades praticadas e pela forma como interagem na organização, para se compreender potenciais variáveis-chave de vantagens competitivas à entidade.

Para Silva (2004), no intuito de estabelecer vantagens competitivas sustentáveis, a empresa deve compreender o ambiente em que se encontra. Essa compreensão leva à estruturação da cadeia de valor, pois a noção espacial da cadeia de valor é externa à empresa.

Portanto a análise da cadeia de valor parte da estruturação dos processos desde a matéria-prima até o consumidor final.

### **2.3 Planejamento de Redes Logísticas**

Demanda, serviço ao cliente, características dos produtos, características do mercado e custos logísticos são aspectos que influenciam o planejamento de redes logísticas e a eficiência da cadeia de suprimentos, determinando a configuração da rede logística.

E na realidade brasileira, a estrutura tributária, principalmente o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS, impacta diretamente na concepção de uma rede logística (YOSHIZAKI, 2002)



Ao planejar uma rede logística é necessário considerar o papel que cada instalação deve exercer e quais serão os processos desencadeados em cada instalação, onde as instalações devem ser localizadas, qual a capacidade que deve ser alocada em cada instalação e que mercados devem ser servidos pelas instalações. (CHOPRA; MEINDL, 2010). Todas essas decisões afetam uma às outras e são fortemente interdependentes entre si.

## **2.4 Localização De Instalação/Alocação De Demanda**

Além de definir os locais onde as instalações serão situadas, os estudos de localização de instalação podem trazer uma série de contribuições para a definição de produtos, estratégias de produção, de distribuição e políticas de atendimento a clientes.

Minimizar o custo de distância entre as instalações e a localização da demanda é uma das questões do problema de localização de instalações (do inglês, *Facility Location*) (JAYARAMAN; ROSS, 2003).

O problema de localização-alocação aborda a minimização de custos de transportes em uma rede logística, em que os centros de oferta (ou de distribuição) deverão atender totalmente às demandas dos clientes estando ou não sujeitos à restrição de limite superior de capacidade das instalações.

Clientes distribuídos espacialmente, distâncias, tempo, custos entre clientes e instalações, quais as instalações devem ser abertas, quais clientes devem ser atendidos a partir de qual instalação de modo a minimizar os custos totais, são questões envolvendo problemas de localização de instalações (MELO; NICKEL; SALDANHA-DA-GAMA, 2009).

Para Ballou (2006), a decisão de localização de instalações fixas concede forma à cadeia de suprimentos. Essa decisão envolve número, local e proporção das instalações a serem usadas.

A perspectiva histórica mostra que matéria-prima, custo de transporte, capacidade e custo de atendimento ao cliente influenciam a decisão de localização das instalações.

A influência da matéria-prima se apresenta nos processos com perda/ganho de peso. Para os processos com perda de peso, as instalações devem estar localizadas próximas à matéria-prima, minimizando custos de transporte. Para os processos ganhadores de peso através das ubiquidades (água e ar) as instalações devem localizar-se o mais perto possível dos mercados. Para os processos onde não ocorre perda e nem ganho de peso, no caso das

montagens, por exemplo, devem ser considerados os custos de transporte de ida e de volta (BALLOU, 2006).

Com relação ao custo de transporte, uma instalação localizada entre uma fonte de matéria-prima e um ponto de mercado, terá um custo mínimo de transporte em um desses dois pontos (BALLOU, 2006).

Para Wanke (2003), o custo total de transporte reduz até certo nível à medida que novas instalações são inseridas na rede logística.

Capacidade e custo do serviço ao cliente são impactados diretamente pela quantidade, tamanho e relacionamento geográfico das instalações (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2008).

Para Chopra e Meindl (2010), as decisões sobre instalações também são denominadas decisões de projeto de rede de cadeia de suprimentos. Para tomada de decisão é necessário responder a questões do tipo: Qual o papel das instalações, qual a alocação de capacidade, mercados e suprimentos?

Porém é necessário ter em mente os fatores estratégicos da empresa, pois estes exercem impactos nas decisões de projeto de rede dentro da cadeia de suprimento. Fatores tecnológicos, macroeconômicos, competitivos, tempo de resposta ao cliente e presença local, além dos custos de logística e instalações também são levados em consideração no momento de projetar a rede de instalações (CHOPRA; MEINDL, 2010).

De acordo com os autores acima as decisões de projeto de rede são feitas em quatro fases, iniciando pela definição de uma estratégia de cadeia de suprimentos, seguido pela definição da configuração da instalação regional, escolhendo locais interessantes e por fim escolher o local.

Num segundo momento tem-se a otimização de rede de instalações através da alocação da demanda às instalações fabris com o objetivo de minimizar o custo total de instalação, estoque e transporte de modo a atender às demandas com nível de serviço adequado. Essa alocação deve ser revista periodicamente em função de mudanças e crescimento do mercado, bem como de novas exigências de nível de serviço

## **2.5 Logística de Distribuição**

A fim de se tornarem mais competitivas e eficientes, empresas tomam decisões no nível estratégico, como determinação do número, tamanho e localização das fábricas e

depósitos, realocação de plantas e centros de distribuição, inclusão de novas instalações na rede logística, influenciando a Logística de Distribuição e acarretando mudanças em suas atividades.

O movimento da Logística de Distribuição é à jusante, ligando produtores a clientes finais, de acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2008). Esses mesmos autores identificam quatro participantes deste movimento: os fabricantes, atacadistas, varejistas e consumidores. Podendo a distribuição ser direta do fabricante para o consumidor, ou indireta, passando pelos intermediários como atacadistas e varejistas, antes de chegar ao consumidor.

Devido à rápida transferência de tecnologia entre as empresas, o produto pode ter design, atributos e qualidade iguais e os preços podem ser os menores preços possíveis. Portanto a busca por desempenho superior em um ambiente de concorrência pode dar à Logística de Distribuição uma importância de diferenciação por oferecer a construção de vantagens competitivas sustentáveis, de longo prazo (RESENDE; MENDONÇA 2007).

Na estratégia competitiva da empresa, a Logística de Distribuição é representada quando a empresa atende a demanda com o menor custo.

A estratégia da Logística de Distribuição envolve uma série de decisões que se destinam a determinar a forma como a empresa irá atender o mercado e os clientes com os seus produtos e serviços (PAGH; COOPER, 1998).

## **2.6 O Papel do Transporte na Logística de Distribuição**

Para Ballou (2006) uma das atividades-chave que compõem a Logística de Distribuição é o Transporte. O transporte é uma das mais importantes áreas em matéria de planejamento de rede logística, respondendo por cerca de 60% dos custos logísticos, movimentando os produtos para frente e para trás na cadeia de agregação de valores.

Gurgel (2000) considera o Transporte como um elo essencial entre a expedição da empresa e o cliente, movimentando o produto entre a unidade produtiva e o cliente,

Para Chopra e Meindl (2010) o transporte exerce um papel crucial na logística de distribuição uma vez que os produtos raramente são fabricados e consumidos no mesmo local.

De acordo com Ballou (2006), se a estratégia competitiva tem como alvo o cliente que demanda um nível muito alto de responsividade, a empresa pode então utilizar o transporte como fator-chave. Se a estratégia competitiva da empresa tem como alvo clientes que

apresentam o preço como principal critério de decisão de compra, a empresa pode então utilizar o transporte para baixar o custo do produto, tornando o produto mais competitivo no mercado.

Para determinação ótima da rede é necessário considerar as compensações de custos (trade-offs) existentes no projeto, os custos de transporte como pagamento por embarque entre duas localizações geográficas (combustível, mão-de-obra, depreciação, manutenção, seguro do veículo, imposto, pedágios e administração) e os custos de estoque (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2008).

Os custos de transporte baseiam em dois princípios que fundamentam as operações e o gerenciamento: a distância a ser percorrida e o volume a ser transportado, respectivamente a economia de distância e a economia de escala.

A economia de distância tem como característica a diminuição do custo de transporte por unidade de distância à medida que a distância aumenta. Nesse caso, distâncias mais longas permitem que as despesas fixas sejam distribuídas por mais quilômetros, resultando em valores menores por km. Já a economia de escala é obtida com a diminuição do custo de transporte por unidade de peso. A economia de escala de transporte funciona assim: despesas fixas de movimentação de uma carga podem ser diluídas por maior peso ou quantidade de unidades, portanto um menor custo por tonelada ou por unidade transportada (CHOPRA E MEINDL, 2010).

À luz dos temas abordados acima, a distribuição de fertilizantes nitrogenados uréia deve estar alinhada com a estratégia de redução da dependência por fertilizantes importados. Portanto é de interesse para um setor estratégico para a economia nacional compreender as forças que atuam sobre a formação de preços deste insumo para a agricultura.

E o impacto do custo de transporte é maior nos produtos de baixo valor agregado, como a uréia. Para tanto reduções no custo de transporte faz-se necessário para que o produto tenha vantagem competitiva. Trabalhos como o de Marconatto (2012), Gaban (2013) e Filho (2008), mostram a preocupação com transporte das *commodities* no Brasil, em especial com o custo de transporte na distribuição dos fertilizantes

### 3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES

Estudos feitos pela *Food and Agriculture Organization* - FAO sobre a produção agrícola mundial estimam a necessidade de um aumento de 70 por cento na produção mundial de alimentos para atender a demanda do mercado aos níveis de população estimada para 2050 (FAO, 2011).

Nos esforços para aumentar a produtividade da agricultura, o melhoramento da fertilidade do solo através do aumento da adubação recebe maior ênfase.

Além disso, à medida que a população mundial aumenta, a quantidade de terra agricultável disponível diminui.

Além de ser uma questão de segurança alimentar, a agricultura atualmente também gera a oportunidade de garantir parte da segurança energética mundial, de acordo com Franco (2009).

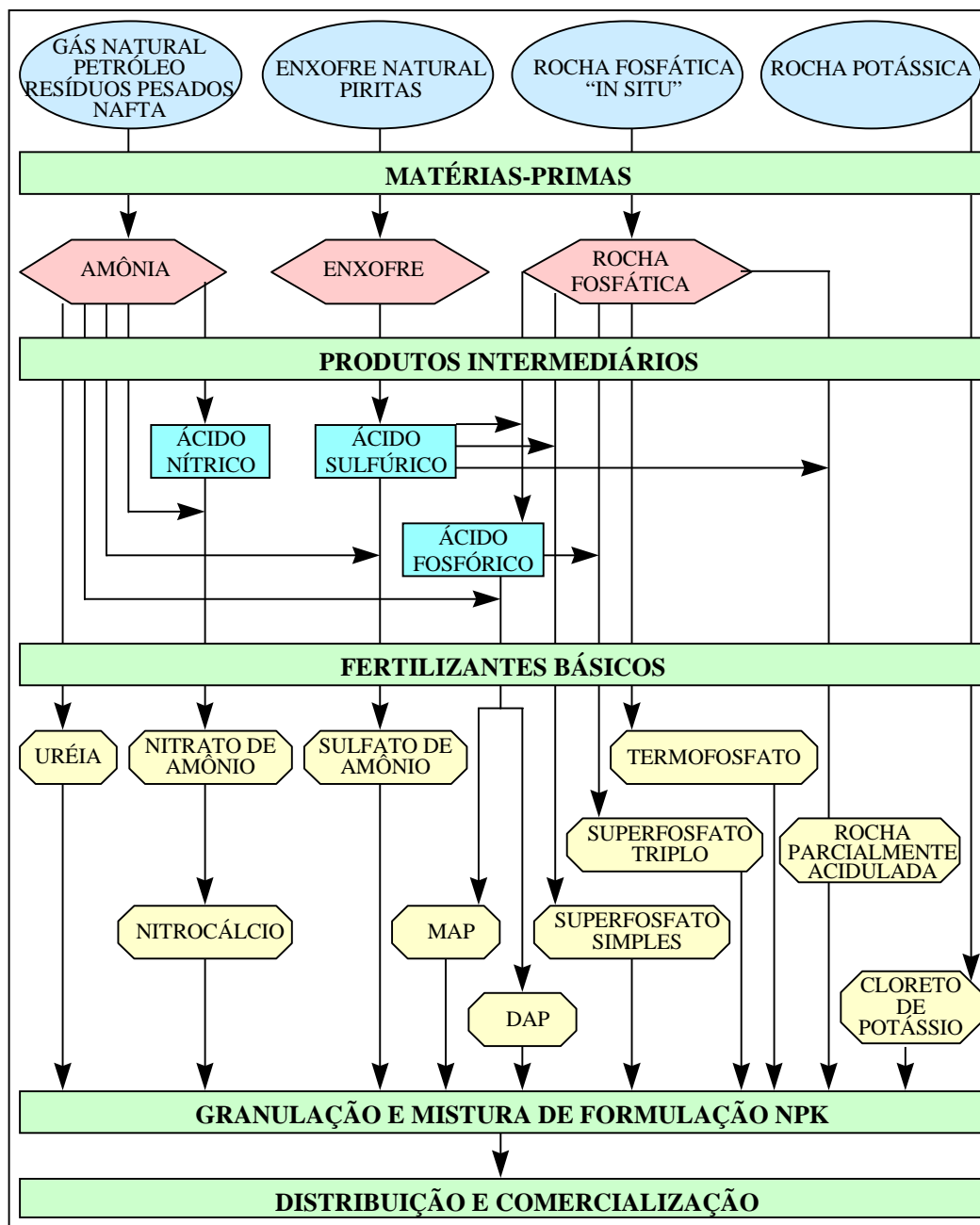
Neste contexto, o uso de fertilizantes é um insumo importante para reforçar o aumento da produtividade agrícola, conforme tem sido comprovado cientificamente pelos centros de pesquisa, universidades, empresas públicas e privadas e pelos próprios agricultores de acordo com Franco (2009).

#### 3.1 A Estrutura Produtiva dos Fertilizantes

A produção de fertilizantes envolve uma série de atividades que começa pela extração de matérias-primas minerais, até a formulação ou composição de alguns ingredientes nutricionais para as plantas, diretamente aplicadas na atividade agrícola produtora.

Historicamente, a produção de matérias-primas e a elaboração dos fertilizantes finais são conhecidas e caracterizadas pela enorme complexidade pela qual sua cadeia produtiva se apresenta, conforme representada na Figura 2, Fluxograma da Produção de Fertilizantes.

Para melhor contextualização da indústria de fertilizantes, é necessária uma breve apresentação da cadeia produtiva do NPK, caracterizando suas diferentes etapas.



**Figura 2:** Fluxograma da Produção de Fertilizantes  
 Fonte: DIAS; FERNANDES, 2006

A cadeia produtiva dos fertilizantes é composta por seis elos; (a) o segmento extrativo mineral, fornecedor da rocha fosfática, do enxofre, do gás natural e das rochas potássicas, além dos subprodutos das refinarias de petróleo (b) o setor produtor de produtos químicos inorgânicos, as matérias primas intermediárias como o ácido sulfúrico, o ácido fosfórico e a amônia anidra (c) os produtores de fertilizantes simples, os superfosfatos simples e triplo

(SSP - TSP), os fosfatos de amônio (MAP e DAP), nitrato e sulfato de amônio, uréia e cloreto de potássio (d) a indústria de fertilizantes mistos e granulados complexos, que são as misturas e formulações produzidos pelas fábricas misturadoras que realizam formulações Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), sejam elas granuladas ou em pó. Os misturadores estão diretamente em interface com os consumidores (e) o setor de distribuição (atacado, varejo e logística) e (f) os produtores rurais (SAAB; PAULA, 2008).

No quadro I é apresentado o resumo das características dos insumos que fazem parte da cadeia produtiva dos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos.

De acordo com a Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE (2011), as informações sobre as características físico-químicas são importantes para entender a estrutura econômica e a organização industrial do setor, uma vez que a produção de fertilizantes requer altos investimentos iniciais não recuperáveis (*sunkcosts*) para a prospecção mineral e compra de maquinário, exigindo consideráveis economias de escala. Uma vez fabricados os fertilizantes intermediários, a mistura e a distribuição dos fertilizantes formulados (NPK) é relativamente simples. Por essa razão a cadeia produtiva é concentrada à montante, enquanto à jusante é fragmentada.

**Quadro 1:** Características dos insumos para a produção de fertilizantes

<b>Matérias-primas básicas para os fertilizantes</b>			
<b>Rocha fosfática</b> Fontes primárias e únicas de fósforo dos fertilizantes fosfatados. A obtenção da rocha fosfática e do seu concentrado se dá no âmbito da indústria extrativa mineral.	<b>Enxofre</b> O enxofre é uma matéria-prima de origem mineral que é a base para a fabricação do ácido sulfúrico, podendo ser obtido de fontes muito diversas, sendo hoje a mais importante a produção forçada por legislação ambiental que regula a emissão de poluentes nos combustíveis, como subproduto do refino de petróleo e do gás natural, podendo ainda ser recuperado de outras atividades.	<b>Gás natural, subprodutos das refinarias de petróleo e nitrogênio</b> A partir do processo Haber-Bosch, as matérias-primas para a produção de amônia anidra passaram a ser o gás natural (e as frações dele recuperadas), as naftas, os gasóleos, os gases residuais de refinaria e os resíduos líquidos provenientes do processamento do petróleo, ou do óleo de xisto e outras rochas betuminosas, todos como fornecedores de hidrogênio, e a atmosfera para o nitrogênio.	<b>Rochas potássicas</b> O potássio é obtido principalmente do cloreto de potássio, que ocorre na natureza na forma de minérios em depósitos sedimentares.
<b>Matérias-primas intermediárias para os fertilizantes</b>			
<b>Ácido sulfúrico</b> O ácido sulfúrico é um insumo essencial para a fabricação do ácido fosfórico, do superfosfato simples (SSP) e da rocha fosfática parcialmente acidulada.	<b>Ácido fosfórico</b> O ácido fosfórico é a matéria-prima intermediária mais importante dos fertilizantes, porque é insumo indispensável na fabricação de todos os principais fertilizantes fosfatados, excetuando-se o superfosfato simples e a rocha fosfática parcialmente acidulada.	<b>Amônia anidra</b> A amônia (NH <sub>3</sub> ) é a matéria prima básica para produção dos principais fertilizantes nitrogenado, obtida pela reação do nitrogênio (N) proveniente do ar com o hidrogênio (H) procedente de várias fontes como gás natural, petróleo, resíduos pesados e nafta. Porém para que essa reação ocorra são necessárias condições bastante drásticas como pressão e temperaturas elevadas e a presença de catalisador.	<b>Ácido nítrico</b> O ácido nítrico é considerado um ácido forte, sendo também bastante corrosivo. A principal aplicação do ácido nítrico é na produção de fertilizantes, podendo também especialmente concentrado (solução aquosa em teor de nítrico maior que 70% mássico) ser utilizado na indústria de explosivos, apenas de forma gasosa. O ácido nítrico pode ser obtido a partir da oxidação da amônia.
<b>Fertilizantes básicos e intermediários</b>			
Superfosfato simples (SSP)	Superfosfato triplo (TSP)	Fosfato monoamônio (MAP)	Fosfato diamônio (DAP)
Sulfato de amônio	Uréia	Cloreto de potássio	Termofosfatos
Nitrato de amônio	Rocha fosfática parcialmente acidulada		
<b>Misturas e formulações: fertilizantes mistos e granulados complexos (NPK)</b>			

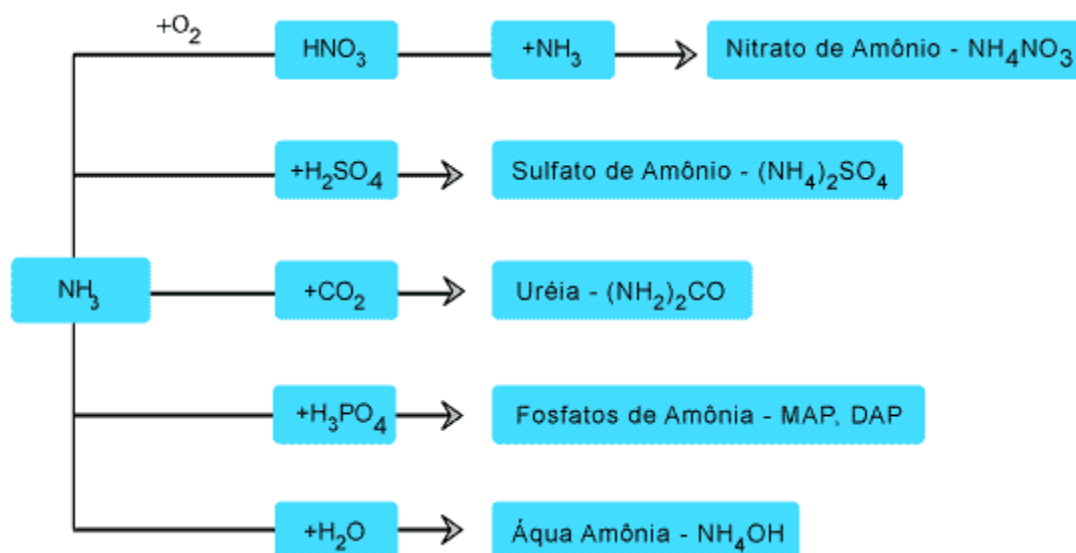


### 3.1.1 Fertilizantes básicos e intermediários - Uréia

Combinadas as matérias-primas entre si, formam os fertilizantes básicos e intermediários. Os principais fertilizantes básicos e intermediários são o superfosfato simples (SSP), o superfosfato triplo (TSP), os fosfatos monoamônio (MAP) e diamônio (DAP), o nitrato de amônio, o sulfato de amônio, a uréia, o cloreto de potássio, os termofosfatos e a rocha fosfática parcialmente acidulada.

Para a produção da uréia, são necessários amônia e gás carbônico. Obtêm-se a uréia pela reação da amônia com o dióxido de carbono que, no caso de complexos integrados, é suprido pela própria unidade de amônia, da qual é extraído como subproduto.

Ao observar o fluxo de produção dos fertilizantes nitrogenados na Figura 3, nota-se que a Uréia é obtida pela reação da  $\text{NH}_3$  com  $\text{CO}_2$  sob condições de temperatura e pressão. O Nitrato de Amônio é obtido pela reação (neutralização) da  $\text{NH}_3$  com Ácido Nítrico, que por sua vez é obtido pela oxidação da Amônia. Finalmente, o Sulfato de Amônio pode ser obtido pela neutralização da Amônia pelo Ácido Sulfúrico ou como subproduto da produção de caprolactama. A Amônia é matéria prima básica para a produção de MAP (Fosfato monoamônio) e DAP (fosfato diamônio), através da reação com Ácido Fosfórico e pode ser utilizada, também, na produção de Superfosfato Simples Amoniado. (DIAS; FERNANDES, 2006)



**Figura 3:** Rota de Produção de Alguns Fertilizantes Nitrogenados Comercializados no Brasil.

Fonte: DIAS; FERNANDES, 2006

### **3.1.2 Misturas e formulações: fertilizantes mistos e granulados complexos (NPK)**

O elo seguinte aos produtores de fertilizantes básicos e intermediários na cadeia produtiva do fertilizantes é a indústria de fertilizantes mistos e granulados complexos, que são as misturas e formulações produzidos pelas fábricas misturadoras que realizam formulações Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), sejam elas granuladas ou em pó. Os misturadores estão diretamente em interface com os consumidores

As fábricas misturadoras são o último elo da produção de NPK, se assemelham ao *assembling* em outras cadeias produtivas, como a fase de montagem de peças ou pedaços de peças metálicas, como as esquadrias de alumínio. Os fertilizantes mistos e granulados complexos (NPK) são aqueles que contêm dois ou três macronutrientes primários, podendo ainda conter um ou mais macronutrientes secundários e/ou micronutrientes. Os fertilizantes NPK podem ser de vários tipos, sendo obtidos através de fábricas misturadoras, sempre segundo fórmulas pré-estabelecidas. São os seguintes os processos utilizados em sua produção: mistura a seco de materiais pulverizados ou não granulares; granulação de materiais misturados a seco por processos nos quais as reações químicas não são parte essencial do processo; mistura de materiais granulados, podendo ser comercializados tanto ensacados como a granel; granulação de materiais misturados a seco com a adição de materiais que reagem quimicamente, normalmente amônia ou soluções contendo amônia e, freqüentemente, ácido sulfúrico ou fosfórico; granulação a úmido, em que os materiais a serem granulados estão na forma semi-líquida, normalmente derivados da reação dos ácidos sulfúrico, nítrico ou fosfórico com amônia, rocha fosfática ou uma combinação destes materiais.

## **3.2 O Mercado Mundial de Fertilizantes – Situação Atual**

A oferta mundial de insumos para fertilizantes é concentrada em poucos países produtores, limitada pelo alto custo do investimento em mineração e energia, pela dotação de recursos naturais, além da dependência maciça de petróleo e derivados como insumos (FAO, 2011).

Conforme dados de 2012 da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2013), os principais países exportadores de nutrientes são Rússia, China, Marrocos, Canadá e Estados Unidos. A Rússia se destaca nesse mercado, exportando 13 milhões de toneladas anualmente. Canadá, Rússia, China, Estados Unidos e Índia são os maiores produtores de

nitrogenados. Com relação aos fertilizantes fosfatados, Estados Unidos, Marrocos, Rússia e China são os grandes produtores. E em relação aos fertilizantes potássicos, os grandes produtores são Canadá e Rússia, Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1:** Produção Mundial de Insumos para Fertilizantes

(1000 toneladas)

Insumo			Insumo			Insumo			Insumo			Insumo		
País	Amônia	%	País	Enxofre Elementar	%	País	Ácido Sulfúrico	%	País	Rocha Fosfática	%	País	Potássio	%
<b>China</b>	<b>41.251</b>	<b>31%</b>	<b>EUA</b>	<b>8.212</b>	<b>16%</b>	<b>China</b>	<b>73.850</b>	<b>33%</b>	<b>China</b>	<b>73.000</b>	<b>38%</b>	<b>Canadá</b>	<b>10.819</b>	<b>32%</b>
<b>Rússia</b>	<b>11.441</b>	<b>9%</b>	<b>Rússia</b>	<b>6.557</b>	<b>13%</b>	<b>EUA</b>	<b>30.140</b>	<b>14%</b>	<b>Marrocos</b>	<b>27.821</b>	<b>15%</b>	<b>Rússia</b>	<b>6.500</b>	<b>19%</b>
Índia	10.528	8%	<b>Canadá</b>	<b>6.144</b>	<b>12%</b>	<b>Marrocos</b>	<b>12.650</b>	<b>6%</b>	<b>E.U.A</b>	<b>27.619</b>	<b>14%</b>	Belarus	5.332	16%
<b>EUA</b>	<b>8.740</b>	<b>7%</b>	<b>China</b>	<b>4.000</b>	<b>8%</b>	<b>Rússia</b>	<b>10.704</b>	<b>5%</b>	<b>Rússia</b>	<b>10.304</b>	<b>5%</b>	Alemanha	3.106	9%
Indonésia	4.638	3%	Arábia			Índia	9.600	4%	Jordânia	7.589	4%	Israel	2.556	7%
T & T	4.633	3%	Saudita	3.250	6%	Brasil	6.673	3%	Brasil	6.094	3%	China	2.599	8%
Ucrânia	4.409	3%	Cazaquistão	2.450	5%	Japão	6.362	3%	Egito	4.746	2%	Jordânia	1.355	4%
Canadá	3.916	3%	Qatar	1.950	4%	Japão	6.362	3%	Síria	3.542	2%	Chile	961	3%
Egito	3.493	3%	Abu Dhabi	1.875	4%	Chile	5.300	2%	Israel	3.118	2%	EUA	697	2%
Arábia			Japão	1.752	3%	Austrália	5.000	2%						
Saudita	3.162	2%	Índia	1.600	3%	Coréia do			Austrália	2.519	1%	Brasil	363	1%
Outros	37932	28%	Outros	14.138	27%	Sul	4.500	2%	Outros	24.605	13%	Outros	57	0%
		100												
Total	134.143	%	Total	51.928	100%	Total	223.114	100%	Total	190.957	100%	Total	34.345	100%

Fonte: ANDA (2013)

Com relação à demanda, de acordo com a ANDA, o consumo mundial de fertilizantes no ano de 2012 foi de 177.338 milhões de toneladas conforme Tabela 2:

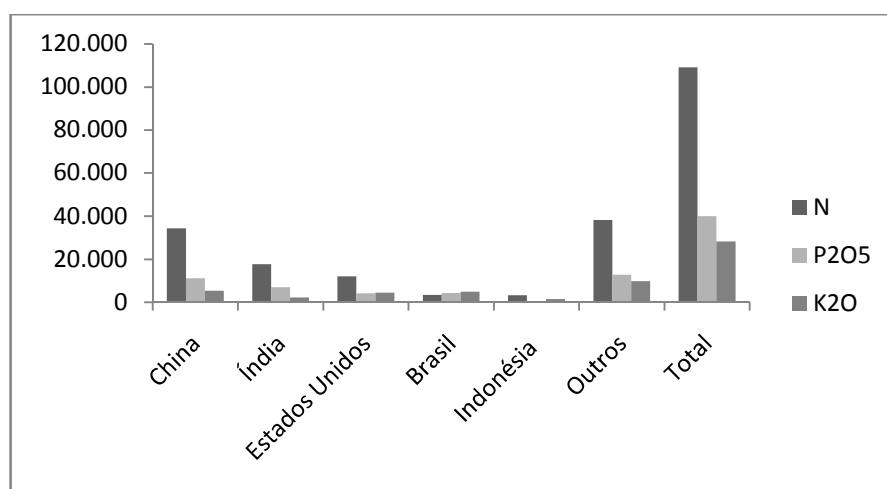
**Tabela 2:** Consumo Mundial de Fertilizantes por Bloco Econômico em 2012

País	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	Participação
Europa Central e Europa Ocidental	10.977	2.534	2.922	16.433	9%
Europa Oriental e Ásia Central	4.221	1.290	1.417	6.928	4%
América do Norte	14.170	4.830	4.710	23.710	13%
América Latina e Caribe	7.294	5.910	5.786	18.990	11%
África	3.317	1.058	501	4.876	3%
Ásia Ocidental	2.907	963	202	4.072	2%
Sul da Ásia	22.135	8.293	2.803	33.231	19%
Leste da Ásia	42.571	13.911	9.576	66.058	37%
Oceania	1.524	1.221	295	3.040	2%
<b>Total</b>	<b>109.116</b>	<b>40.010</b>	<b>28.212</b>	<b>177.338</b>	<b>100%</b>

Fonte: ANDA (2013)

O Brasil consome cerca de 7% dos fertilizantes do mundo. Porém somando-se à China, Índia, Estados Unidos e Indonésia foram responsáveis pelo consumo de aproximadamente 68% dos fertilizantes produzidos no mundo, de acordo com Gráfico 1:

**Gráfico 1:** Consumo Mundial de Fertilizantes por País no ano de 2012



Fonte: ANDA (2013)

### **3.3 A Indústria Brasileira de Fertilizantes**

#### **3.3.1 Uma perspectiva histórica**

Durante as décadas de 40 e 50, as primeiras fábricas de fertilizantes no Brasil dedicavam-se exclusivamente à mistura NPK com base em fertilizantes simples importados. (DIAS; FERNANDES, 2006)

As importações atendiam à demanda interna de matérias-primas para fertilizantes até o início da década de 1960. Durante esse período, o Estado, por meio da política cambial, possibilitou a importação de fertilizantes em condições favorecidas. Quanto à capacidade produtiva, sua expansão se deu nos estágios finais de produção (mistura, granulação, armazenagem e distribuição) (DIAS; FERNANDES, 2006).

Já a partir da década de 70 o setor entrou numa nova fase. Por meio do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que englobou o I Plano Nacional de Fertilizantes, o Estado procurou reduzir a dependência externa, elevando a participação da produção nacional na oferta total de produtos finais. Investiu-se, principalmente, na produção de matérias-primas nitrogenadas e fosfatadas (DIAS; FERNANDES, 2006).

De acordo com Gonçalves, Ferreira e Souza (2008), da metade dos anos 1960 até o final da década de 1970, foi relevante para o não aprofundamento dessa dependência, os investimentos realizados no contexto do II PND.

Tal ação estatal foi conseqüência da imediata transferência do aumento dos preços do petróleo, em 1973, que acentuou dramaticamente a vulnerabilidade do país nesse setor de insumos básicos, refletindo-se no déficit da balança comercial daquele ano. (DIAS; FERNANDES, 2006).

Já entre os anos de 1987-1995 o II Plano Nacional de Fertilizantes, permitiu a concretização dos seguintes projetos: ampliação, a partir de 1989, da capacidade de produção de rocha fosfática da Arafertil, em Araxá (MG), empresa constituída em abril de 1971, cujo objetivo era o aproveitamento do Barreiro de Araxá, até então explorado pela Companhia Mineradora de MG (Comig), sem processo de concentração; instalação de uma unidade de SSP da Fertibras em Araçatuba (SP), com início em 1988; ampliação da capacidade de produção de rocha fosfática da Fosfértil, em Tapira (MG), a partir de 1988; ampliação da capacidade de produção de rocha fosfática da Serrana, em Jacupiranga (SP), a partir de 1988; e instalação de unidade de ácido nítrico da Ultrafértil, em Cubatão (SP), iniciando em 1988. (FERNANDES; GUIMARÃES; MATHEUS, 2009)

No período de 1989 até 1998, marcado pelas mudanças políticas e econômicas do País, são delineados novos cenários para a indústria, como os da internacionalização do mercado, da privatização das empresas de matérias-primas, que tinham forte participação da XPTO (a XPTO Fertilizantes - Petrofértil, que reuniu cinco empresas: Ultrafértil, Nitrofértil, ICC, Goiasfértil e Fosfértil, além das Arafértil e Indag) e da reorganização da produção em torno de grupos privados (KULAIF, 2009).

De acordo com Fernandes, Guimarães e Matheus (2009), a partir de 1998 a indústria de fertilizantes se torna um oligopólio de três grandes grupos internacionais (Bunge, Mosaic/Cargill e Yara), centrados nos fertilizantes fosfatados a partir da rocha fosfática, verticalizados, dominando a cadeia final dos produtos fertilizantes. Nos segmentos de fertilizantes nitrogenados e potássicos, tem-se uma situação de duopólio e monopólio, respectivamente, com a XPTO e a Fosfértil dividindo o mercado do nitrogênio e a Vale no potássio.

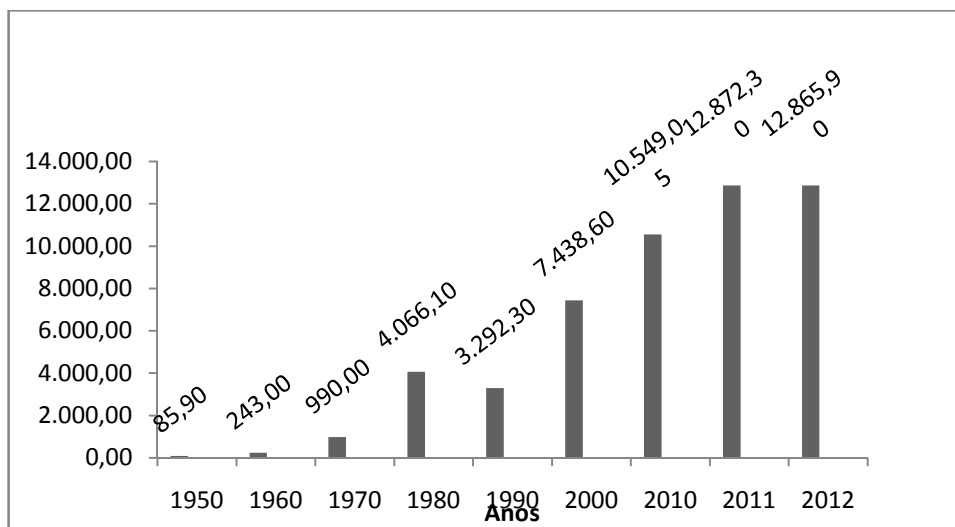
### **3.3.2 Situação atual**

A atual indústria brasileira de fertilizantes está configurada de acordo com as mudanças ocorridas neste último período, considerando as fusões e concentrações ocorridas na indústria de fertilizantes fosfatados, mas também no final da cadeia do NPK, na participação simultânea destes mesmos grupos em boa parte das *Tradings Companies* que comercializam internacionalmente os grãos, atuando nas duas pontas da cadeia da agroindústria fazendo com que os custos de produção e a competitividade das principais *commodities* produzidas pelo Brasil sejam diretamente afetados (KULAIF, 2009).

É notada que a ocorrência de importação de fertilizantes, durante todo o processo de expansão da agropecuária brasileira, evoluiu no mesmo sentido do avanço do consumo.

Entretanto a dependência deste insumo tornou-se mais evidente com a ocupação do bioma cerrado utilizando a base técnica insumo-intensivo, ou seja, com maior uso de fertilizantes (GONÇALVES; FERREIRA; SOUZA, 2008).

**Gráfico 2:** Avanço do Consumo Brasileiro de Fertilizantes (1.000 toneladas)



Fonte: ANDA (2013)

De acordo com Gonçalves, Ferreira e Souza (2008) a dependência destes insumos agrícolas importados faz com que o Brasil continue vulnerável às oscilações de mercado de fertilizantes, uma vez que a produção nacional das matérias-primas básicas dos fertilizantes (nitrogênio, fósforo e potássio) não acompanhou o ritmo de crescimento da demanda.

A oferta total de fertilizantes intermediários no Brasil em 2012 atingiu 26,95 milhões de toneladas, das quais 8,95 milhões de toneladas são produção doméstica e 17,99 milhões de toneladas são importações (ANDA, 2013).

Em termos percentuais esta relação entre produção doméstica e importação sobre o consumo total foi de 33,25 % de produção doméstica e 66,75% de importações para o ano em questão.

De acordo com a SEAE (2011), a estrutura de produção e da dotação de fatores domésticos condiciona o déficit na balança comercial brasileira de fertilizantes. Na medida em que envolve altas economias de escala, necessitando de um nível adequado de investimento

Com o intuito de exemplificar o valor de investimento para os fertilizantes, ANDA (2011) menciona que para a produção do fertilizante nitrogenado amônia são necessários investimentos em torno de US\$ 1,4 bilhão para a produção de 1 milhão de toneladas e 3 anos para a conclusão do investimento. Para os fertilizantes fosfatados são necessários investimentos em torno de US\$ 1,6 bilhão para a produção de 1 milhão de toneladas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e



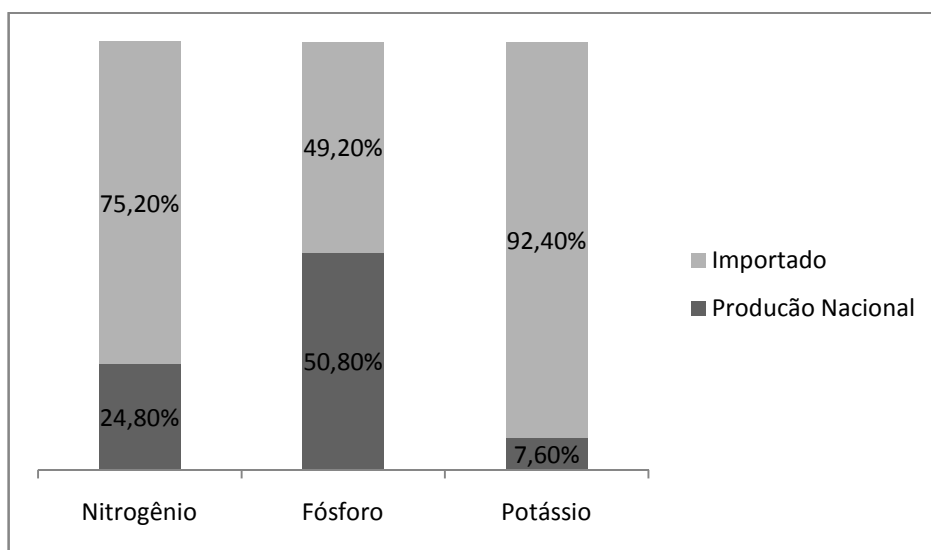
3 a 4 anos para a conclusão do investimento. E para os fertilizantes potássicos são necessários investimentos em torno de US\$ 1,6 bilhão para a produção de 1 milhão de toneladas de KCL e 5 a 7anos para a conclusão do investimento

Com relação à dotação de fatores, para os fertilizantes nitrogenados a produção é dependente da oferta de amônia e enxofre que por sua vez são subproduto de petróleo e gás natural, para os fertilizantes potássicos o Brasil não possui elementos químico-minerais de fácil acesso e para os fertilizantes fosfatados, é o menos dependente de importação, a produção doméstica atende 51% da demanda doméstica.

Porém, recentemente o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA propôs diminuir a dependência externa de matérias-primas pela agricultura brasileira, com maior produção interna, até o final de 2019. O Plano Nacional de Fertilizantes envolve o estímulo à busca de novas jazidas, bem como a exploração daquelas já avaliadas e conhecidas, de fósforo e potássio, buscando também isonomia tributária para que os investimentos voltem a crescer na produção de fósforo, de nitrogênio e de potássio (MAPA, 2012).

A meta a ser alcançada, de acordo com o MAPA, visa reduzir até 2016 a dependência das importações de fósforo de 49% para 12% e de nitrogênio de 78% para 33%. Em relação ao potássio, por falta de jazidas viáveis, a dependência deve continuar acima de 80% (MAPA, 2012).

**Gráfico 3:** Percentual da produção nacional de fertilizantes em comparação ao volume importado em 2012.



Fonte: ANDA 2013

### 3.4 O Mercado Brasileiro de Fertilizantes Nitrogenados

Os maiores consumidores mundiais de nitrogênio (75% do consumo) são Brasil, China e Índia. Ao passo que Canadá e Rússia são os dois maiores detentores de reservas no mundo. Os Estados Unidos produzem 81% de seus fertilizantes nitrogenados; a China, 97% e o Brasil, somente 30%. Ou seja, o Brasil importa cerca de 70% dos fertilizantes nitrogenados e dentro da cadeia de fertilizantes nitrogenados podemos encontrar alguns produtos que alcançam 100% de importação, como é o caso do Sulfato Diamônio – DAP de acordo com dados de 2012 da Associação de Misturadores de Adubos (AMA, 2012).

Além das deficiências logísticas internas e imobilidade manifestada por importantes players da indústria nacional, a escassez de gás natural e a evolução da alta de preços dessa matéria-prima no mercado doméstico contribuíram para a quase estagnação da produção brasileira de nitrogenados (AGROBRASCONSULT, 2012)

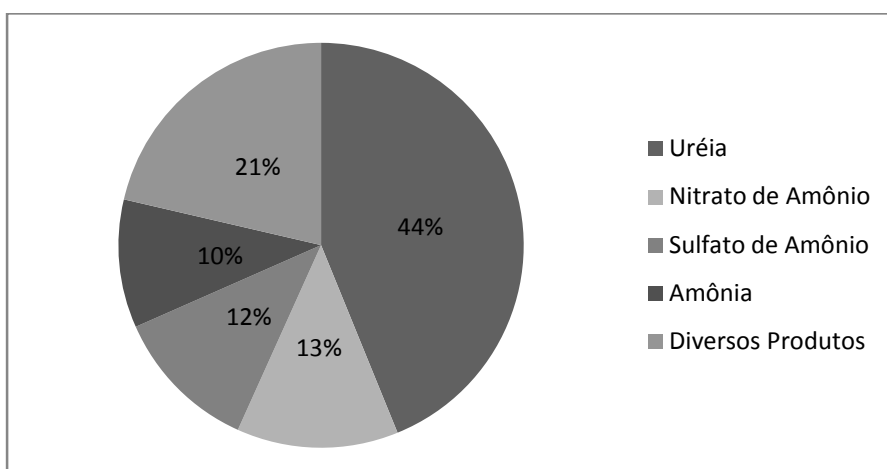
Pois conforme mencionado o gás natural, o gás de refinaria e o resíduo asfáltico são utilizados na produção de amônia, o insumo chave para obtenção dos fertilizantes nitrogenados, mas a oferta do gás natural também depende das importações, sobretudo da Bolívia, principal fornecedor do Brasil.

O suprimento de derivados do petróleo é um dos principais gargalos na área de nitrogenados. E poucos países no mundo possuem elevada capacidade de produção de nitrogênio. (AMA, 2012)

O alto preço do gás no Brasil faz com que o país recorra às importações para suprir a demanda interna por fertilizantes nitrogenados intermediários como uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, além da própria amônia que é utilizada como matéria prima para a produção de fertilizantes compostos como o MAP (Monoamônio fosfato) e DAP (Diamônio fosfato), muito utilizados em culturas que demandam o nutriente fósforo ( $P_2O_5$ ), como por exemplo, a soja, o milho, o algodão, etc. (AGROBRASCONSULT, 2012).

Em 2012 o Brasil importou 3,061 milhões de toneladas de nitrogênio sendo, 1,3 milhões de toneladas em forma de uréia, 394 mil t em nitrato de amônio, 357 mil t em sulfato de amônio, 313 mil t em forma de amônia e mais 650 mil toneladas em diversos outros produtos que tem nitrogênio em sua composição, incluindo-se nessa categoria o MAP (194 mil t de N) e o DAP (126 mil t de N) (ANDA, 2013).

**Gráfico 4:** Fontes de Nitrogênio Comercializadas no Brasil Através da Importação



Fonte: Anda 2013

Porém, segundo a Agrobrasconsult (2012), com a recente entrada de novas empresas no *upstream* (exploração e produção) da cadeia de gás natural, a produção brasileira vai mudar radicalmente, passando da relativa escassez à abundância, com um aumento de 74% das reservas brasileiras de gás natural no início da próxima década, levando em conta as projeções mais recentes.

Entretanto, mesmo com esse crescimento da oferta dessa matéria prima, as projeções para o aumento da capacidade de produção da indústria nacional de fertilizantes nitrogenados são bastante modestas. Até 2017, apenas a XPTO deverá investir em projetos de transformação do gás natural em amônia e uréia, com a implantação das chamadas UFN's (Unidades de Fertilizantes Nitrogenados) (AGROBRASCONSULT, 2012).

## 4 MÉTODOS DE PESQUISA

O método adotado é classificado como uma pesquisa científica de natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais (ROESCH, 2007).

De caráter exploratório, a pesquisa adotou o estudo de caso para contextualizar a aplicação do PCT e a simulação de cenários como procedimentos técnicos (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Para Yin (2009) o método do estudo de caso é usado quando se deseja entender um fenômeno da vida real, englobando importantes condições contextuais por serem pertinentes ao seu fenômeno de estudo.

Com relação aos procedimentos técnicos, foi utilizado o PCT em simulações de cenários, para levar em consideração as mudanças na rede logística devido às inserções de novas instalações na área de fertilizantes da empresa XPTO.

A fim de modelar e resolver o problema acima proposto, os dados foram tratados com uma abordagem quantitativa e foi utilizada a linguagem de modelagem “*A Mathematical Programming Language*” (AMPL) e o solucionador CPLEX.

A modelagem matemática da rede logística é importante para o planejamento da mesma, já que neste momento se desenvolve a integração da teoria com a realidade da tomada de decisão.

### 4.1 Problema Clássico de Transporte - PCT

O PCT é método de otimização, onde a função objetivo é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e as instalações mais próximas para uma maior efetividade do sistema, garantindo que as soluções encontradas sejam as melhores possíveis dentro do conjunto de premissas adotadas. Ele pertence à classe de aplicações da Pesquisa Operacional denominada Programação em Redes. Os Modelos em Redes são utilizados em diversas áreas

de negócio como produção, transporte, localização de facilidades, gestão de projetos, finanças dentre outros (BELFIORE; FÁVERO, 2012).

O PCT é o mais representativo dos Problemas de Programação em Rede. Formulado como Problema de Programação Linear, de grande aplicação prática e tem como objetivo determinar as quantidades de produtos a serem transportadas a partir de um conjunto de fornecedores para um conjunto de consumidores, de forma que o custo total de transporte seja minimizado. O problema considera dois elos da cadeia de suprimentos e não incluem instalações intermediárias, como centros de distribuição (BELFIORE; FÁVERO, 2012).

Função Objetivo:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq Cfi, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Em que:

$C_{ij}$  = custo unitário de transporte do fornecedor  $i$  para o consumidor  $j$

$X_{ij}$  = quantidades transportadas do fornecedor  $i$  para o consumidor  $j$

$Cf_i$  = capacidade de abastecimento do fornecedor  $i$  ( $i = 1, \dots, m$ )

$d_j$  = demanda do destino  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ )

A equação (1) representa a função objetivo do modelo que visa minimizar o custo de transporte em função das distâncias entre os pontos; instalações e demanda.

Com relação às restrições, a equação (2) é a restrição de limite de capacidade de fornecimento e a equação (3) representa a restrição de cobertura de demanda, na qual todos deverão ter o total de suas demandas atendidas. A equação (4) é a restrição de não-negatividade.

Para que o PCT tenha solução viável é necessário que o total de oferta seja igual ao total da demanda. No caso de demanda maior que oferta, introduz-se uma oferta fictícia (DUMMY) indicando a necessidade de uma nova fábrica. O custo de transporte de todos os destinos para essa origem fictícia (DUMMY) é nulo. A oferta desta origem é dada pela diferença entre o total ofertado e o total demandado (MEDEIROS; CALDEIRA; PACHECO; MACHADO, 2008).

#### **4.2 Linguagem de Programação Matemática**

O PCT é um modelo de otimização, onde é selecionado o melhor elemento de um conjunto de alternativas possíveis, minimizando ou maximizando uma função objetivo, considerando as restrições. O vetor de variáveis que satisfaça as restrições e tenha o menor ou o maior valor, dependendo da função objetivo, é chamado de ótimo (RAGEL 2005).

Para resolver o PCT utilizou-se do ambiente AMPL, uma vez que não foi possível solucionar a matriz do tipo 103 x 13 por meio da ferramenta Solver da planilha eletrônica MS Excel<sup>®</sup>. De acordo com Fourer, Gay e Kernighan (2003), o AMPL é uma linguagem de modelagem algébrica para resolver problemas de otimização de alta complexidade e de grande escala, portanto eficaz para resolver a matriz acima mencionada.

Além disso, o AMPL fornece uma notação algébrica que está muito perto da forma que o usuário descreve um problema matematicamente, de modo que é fácil de converter de uma descrição matemática familiar para AMPL, necessitando somente de um modelo em programação matemática que especifica variáveis, objetivo e restrições (RAGEL 2005).

Porém, o AMPL não soluciona o problema diretamente, necessitando de algoritmos externos apropriados para obter uma solução. Esses algoritmos são conhecidos como solucionadores.

Os solucionadores manipulam certos tipos de problemas de programação matemática. Cada solucionador é uma coleção sofisticada de metodologias e estratégias de solução. Neste trabalho optou-se pelos algoritmos CPLEX (RAGEL 2005).

O nome do solucionador CPLEX se refere à linguagem de programação C e ao método Simplex, que soluciona problemas de programação linear, único método de solução de seu algoritmo na época em que foi desenvolvido (RAGEL 2005).

De acordo com IBM (2014), a tecnologia de programação matemática da IBM ILOG CPLEX *Optimizer* permite a otimização de decisões para melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a rentabilidade.

### 4.3 Determinações dos Dados Relativos ao PCT

O processo de levantamento/determinação dos dados é uma das etapas mais importantes que subsidiarão a construção do modelo matemático na busca da solução ótima do problema. Porém, terminada esta fase, os tomadores de decisão disporão de grande flexibilidade para testar diferentes cenários. Para otimizar o custo de transporte na distribuição do produto através do PCT foram realizados levantamentos das variáveis que compõem este método de otimização, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Variáveis utilizadas no PCT.

Variáveis	Descrição Sumarizada
Origens	Localizações do fornecimento do produto
Capacidade de Oferta	Restrição da capacidade de fornecimento pelas instalações
Demanda	Volume do produto comercializado
Destinos	Localizações dos demandantes do produto
Custo de Transporte	Custo de distância entre ponto de origem e ponto de destino.

Para calcular os custos de transporte entre os pontos de origens e os pontos de destino, em um primeiro momento foi necessário levantar os pontos de oferta e demanda do produto, assim como a capacidade de oferta por parte das instalações e o volume demandado do produto. Feito isso, em um segundo momento foram calculadas as distâncias entre os pontos de oferta e demanda.

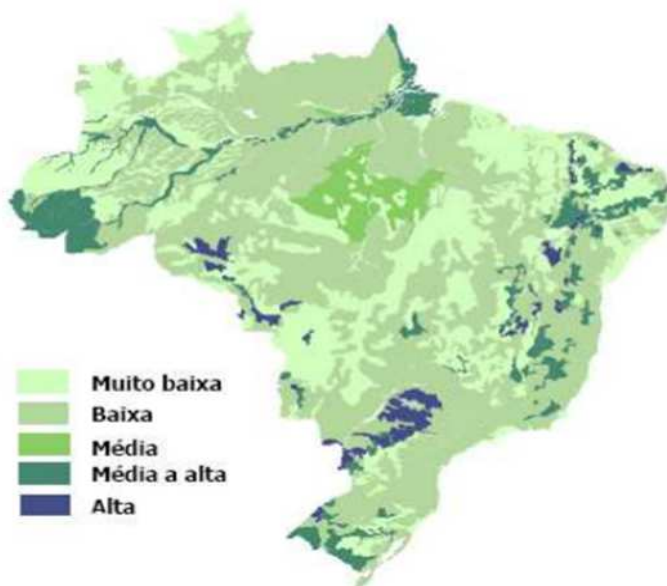
Aplica-se aos dados apurados acima o PCT, considerando a função objetivo de alocar a demanda com o menor custo total de transporte, a restrição de capacidade de fornecimento e a restrição de cobertura de demanda

## 5 ANÁLISE DESCRITIVA DO CASO

Neste capítulo foram analisadas e descritas informações sobre o estudo de caso, tais como o produto, a demanda, o fornecimento e a empresa XPTO, além dos cenários simulados.

### 5.1 Produto e a Demanda

A demanda por fertilizantes é determinada de acordo com a cultura, a região, grau de tecnologia e área plantada. E as principais áreas de produção de alimentos no Brasil estão sobre solos ácidos contendo poucos nutrientes conforme a Figura 4.



**Figura 4:** Mapa da Fertilidade Natural dos Solos Brasileiros

Fonte : FRANCO (2009)

Dos três nutrientes principais para as plantas (nitrogênio, fósforo e potássio), o nitrogênio (N) é o principal agente para favorecer o crescimento das folhas. Grande parte do



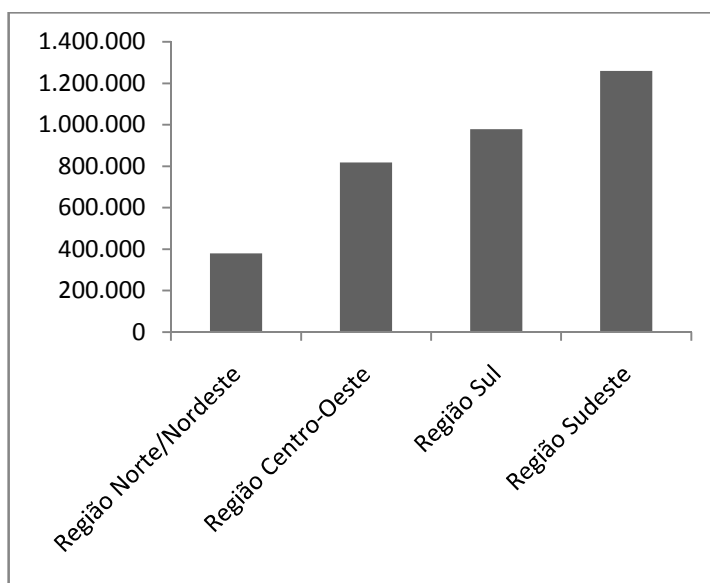
nitrogênio é absorvida nas primeiras fases de desenvolvimento da planta. A falta desse nutriente prejudica o crescimento e, conseqüentemente, a produção.

Estudos recentes sobre a demanda de nitrogênio no Brasil indicaram que as principais culturas consumidoras de adubos nitrogenados são milho, arroz, trigo, cana-de-açúcar, café e algodão (FIXEN, 2009).

Porém as culturas da cana-de-açúcar e do milho são responsáveis por quase 60% do consumo brasileiro de nitrogênio (FRANCO, 2009).

De acordo com dados da ANDA, no ano de 2012 foram entregues ao consumidor final cerca de 3, 4 milhões de toneladas do nutriente nitrogênio. A região sudeste foi responsável por 37% do consumo, seguida pelas regiões sul e centro-oeste com 28% e 24% respectivamente, e por último a região norte/nordeste responsável por 11% do consumo, conforme Gráfico 5.

**Gráfico 5:** Fertilizantes Entregues ao Consumidor Final no ano de 2012 – (Tons em nutriente Nitrogênio)



Fonte: ANDA (2013)

Dentre os fertilizantes nitrogenados, há uma preferência da indústria pela fabricação da uréia em função da demanda dos agricultores por este fertilizante nitrogenado. Em comparação com as outras fontes de nitrogênio (N), como sulfato de amônio ou nitrato de amônio (que possui restrições de produção, transporte e estocagem em função do seu uso na fabricação de explosivos).

Para a Associação de Misturadoras de Adubos - AMA (2012), a uréia tem seu consumo maior do que os outros fertilizantes nitrogenados, principalmente pela maior percentagem do nutriente nitrogênio e pelo menor custo de frete em relação à quantidade de nitrogênio transportada. A amônia em geral não é utilizada diretamente como fertilizante em função dos custos logísticos e do risco em seu uso. E o sulfato de amônio apresenta maior preço por ponto de nitrogênio.

Portanto, o presente estudo de caso foi delimitado para o fertilizante nitrogenado uréia, pois, de acordo com Cantarela (2007), em termos mundiais a participação dos fertilizantes nitrogenados era bem equilibrada na década de 70, mas ao longo das últimas décadas, devido ao melhor desempenho da uréia em relação às outras formas nitrogenadas, houve aumento da sua participação na referida matriz de nitrogenados respondendo por 60% da matriz de fertilizantes nitrogenados comercializados no Brasil em 2012 segundo dados da ANDA

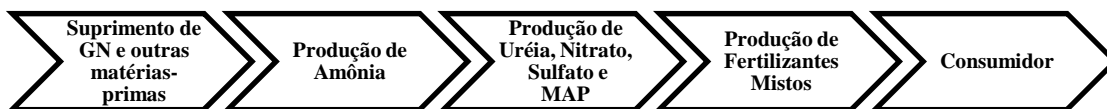
De acordo com Fixen (2009), para o ano de 2.020 espera-se que haja um consumo próximo de cinco milhões de toneladas de uréia por ano no Brasil em função do crescimento da área plantada de cana-de-açúcar e de milho que são fontes de energia para a fabricação de combustível etanol.

Conforme o Fluxograma de Produção de Fertilizantes apresentado no capítulo 3, a uréia é um fertilizante simples e matéria-prima para a indústria de fertilizantes mistos e granulados complexos, que são as misturas e formulações produzidas pelas fábricas misturadoras.

## **5.2 A Empresa XPTO e a Produção de Fertilizantes Nitrogenados.**

Em alinhamento ao Plano Nacional de Fertilizantes e ao seu Plano Estratégico XPTO 2020, a produção de fertilizantes nitrogenados se insere na cadeia de valor do gás natural da empresa XPTO.

Para a empresa XPTO a produção de fertilizantes nitrogenados é uma forma de otimizar o consumo do gás produzido pela própria empresa. Pois as fábricas de fertilizantes têm a função de agregação de valor ao gás produzido e de estabilizadoras da demanda por gás natural.



**Figura 5:** Cadeia de Valor do Fertilizante Nitrogenado

Fonte: Martinez (2009)

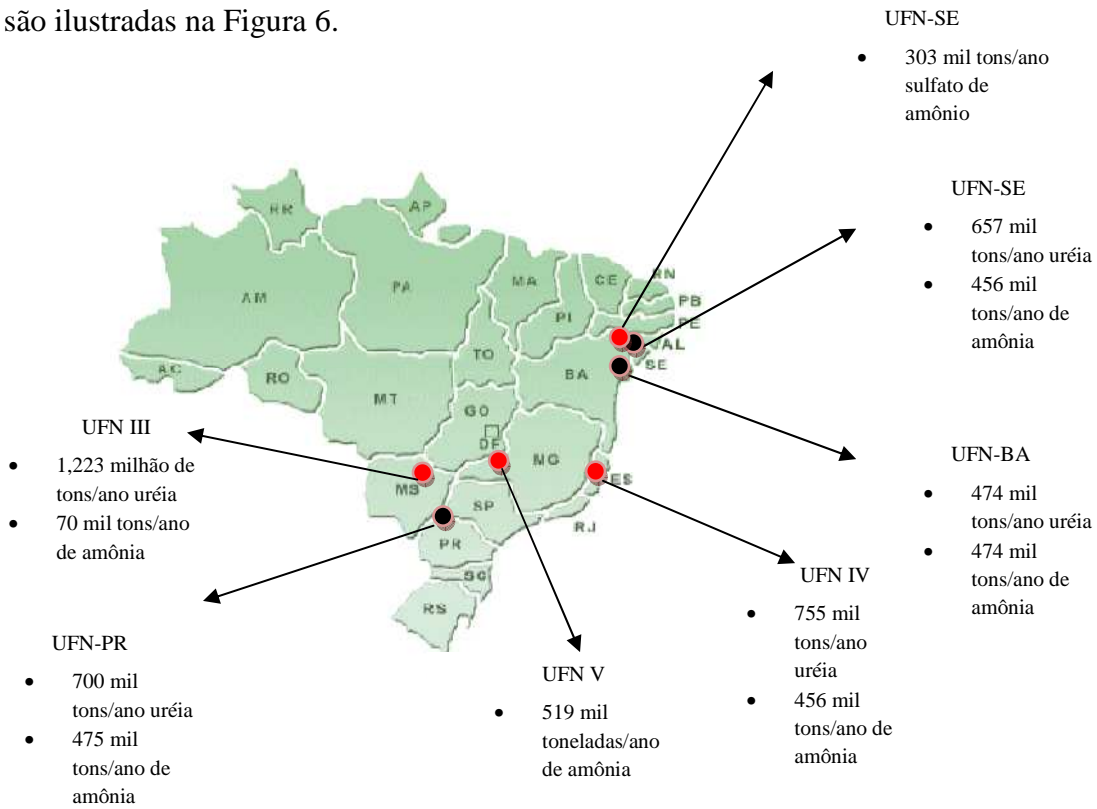
A empresa XPTO é a maior produtora de fertilizantes nitrogenados do Brasil. Além de possuir duas fábricas uma em Sergipe, com capacidade de produção de 657 mil toneladas/ano de uréia e 456 mil toneladas/ano de amônia, e outra em Camaçari na Bahia, com 474 mil toneladas/ano de uréia e 474 mil toneladas/ano de amônia, a empresa reforçou a área de fertilizantes com a recente aquisição da fábrica de Araucária, no Paraná, com capacidade produtiva de 700 mil toneladas de uréia e 475 mil toneladas de amônia.

Além disso, a XPTO vem aumentando os investimentos em projetos de transformação do gás natural em amônia, uréia e sulfato de amônio, com a implantação das chamadas UFN's (Unidades de Fertilizantes Nitrogenados e atualmente a empresa está investindo em novas unidades a fim de acompanhar o crescimento do mercado. Em Três Lagoas (MS) está sendo construída uma planta, que entrará em operação em setembro de 2014, com capacidade para produzir 1, 223 milhão de toneladas/ano de uréia e 70 mil toneladas/ano de amônia. No município de Laranjeiras (SE) está sendo construída uma planta de sulfato de amônio com capacidade para produzir 303 mil toneladas/ano, que começará a produzir ainda este ano. Duas outras unidades, uma em Uberaba (MG) que produzirá 519 mil t/ano de amônia e outra em Linhares (ES), com produção de uréia (755 mil t/ano) e amônia (456 mil t/ano) estão em fases de projetos.

Estes investimentos no aumento da produção de fertilizantes nitrogenados para atendimento ao mercado brasileiro descritos acima vão ao encontro do Plano Estratégico XPTO 2020, que é atuar em petroquímica e fertilizante de forma integrada com os demais negócios do sistema XPTO (FIESP, 2011).

### 5.2.1 Localizações das instalações de fertilizantes da XPTO

As localizações das instalações da área de fertilizantes nitrogenados da empresa XPTO são ilustradas na Figura 6.



Legenda:

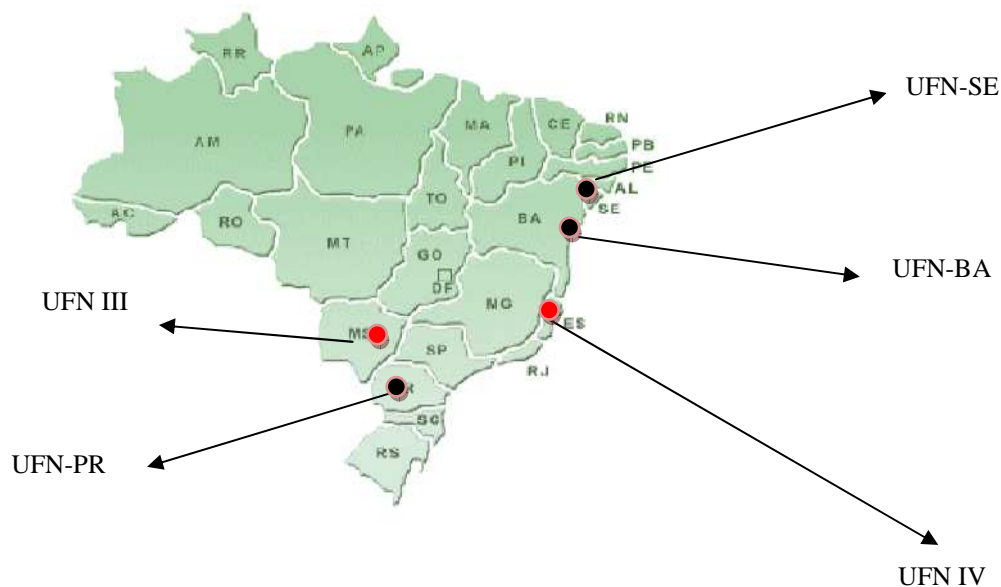
● Instalações em construção/projeto

● Instalações em operação

**Figura 6:** Localizações das Instalações de Fertilizantes da XPTO

Fonte: Elaborado pela autora com base em FIESP (2011)

Considerando a delimitação do estudo de caso ao fertilizante uréia, a Figura 9 apresenta as localizações das instalações da XPTO, produtoras de uréia.



Legenda:

- Instalações em construção/projeto
- Instalações em operação

**Figura 7:** Instalações de Produção de Uréia consideradas no Estudo de Caso

Fonte: Elaborado pela autora com base em FIESP (2011)

### 5.3 Oferta

A oferta de uréia no Brasil é realizada através da produção da empresa XPTO e de importações. As fábricas em operação atendem 30% da demanda, os 70% restantes são atendidos através de importações. Neste trabalho foi considerada a capacidade de oferta de uréia das fábricas em operação e também a previsão da capacidade de oferta de uréia das fábricas que estão em fase de construção/projeto, conforme dados apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Capacidade Produção e Oferta de Uréia e Situação Operacional das Fábricas da XPTO

Uréia					
Planta Industrial	Localização		Situação Operacional da Fábrica	Capacidade de	Capacidade de
	Cidade	UF		Produção (mil toneladas)	Oferta (mil toneladas)
UNF – SE	Laranjeiras	SE	Em operação	657	580
UNF – BA	Camaçari	BA	Em operação	474	375
UNF – PR	Araucária	PR	Em operação a partir de Jul/2013	700	420
UFN – III	Três Lagoas	MS	Em operação a partir de Set/2014	1.223	927*
UFN – IV	Linhares	ES	Em projeto	755	572*
Total (mil toneladas)				3.809,00	2.874,00

\*Previsão

Fonte: Elaborado pela autora

Entretanto, para equilibrar o PCT e igualar oferta e demanda, foi necessário considerar a capacidade de oferta de uréia advinda da importação. A capacidade de oferta dos portos localizados nos estados do Maranhão, Pernambuco, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, neste trabalho, foi calculada com base na quantidade de uréia comercializada em 2012 e não suprida pelas fábricas da empresa XPTO, dividindo o volume importado pelos 8 portos que receberam a uréia no ano de 2012

#### 5.4 Simulação

Com o intuito de avaliar o papel exercido por cada instalação fabril inserida na rede logística do fertilizante uréia da empresa XPTO, em conformidade com a estratégia de negócios da mesma, e em particular no desdobramento desta para o nível operacional referente ao processo de logística de distribuição da uréia, foram realizadas simulações de cenários com os projetos da rede logística.

Os cenários foram contemplados da seguinte maneira: inicia-se com o cenário existente anterior a Julho de 2013, onde a XPTO possuía as UFN's de Laranjeiras/SE e de Camaçari/BA, seguido pelo cenário que contempla a alteração da rede logística com a aquisição da UFN-PR. Em seguida são apresentados os cenários onde foram considerados os projetos em fase de construção, UFN-III em Mato Grosso do Sul e a UFN-IV no ES.

Desse modo o estudo utilizou o PCT como método de otimização do custo de transporte, onde a função objetivo é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e as instalações mais próximas para uma maior efetividade da logística de distribuição, garantindo que as soluções encontradas possuem o menor custo de transporte possível a partir do conjunto de premissas adotadas.

A partir do exposto acima, as simulações dos cenários tem relação com o objetivo do trabalho ao revisar a designação da demanda a cada inserção de uma instalação fabril na rede logística da XPTO de modo a minimizar o custo de transporte, auxiliando o processo gerencial da empresa, e também a otimização da logística de distribuição de uréia, considerando o volume demandado pelas misturadoras dispersas pelo país no ano de 2012.

As descrições dos cenários simulados estão dispostas na Tabela 4. Estas simulações de cenários foram realizadas a cada inserção de uma UFN na rede logística da XPTO, considerando:

- (i) As localizações das plantas industriais
- (ii) Custo de transporte de cada ponto de fornecimento para cada ponto de demanda
- (iii) As restrições de capacidade de oferta e
- (iv) O atendimento de toda a demanda, tendo como referência o custo de transporte entre as fábricas e os pontos de demanda.

**Tabela: 4 – Definições dos cenários para as simulações**

Cenário	Simulação	Capacidade Oferta - UFN's	Importação	Total Demanda em 2012
1	Alocação da demanda as instalações UFN - SE e UFN – BA	955.000,0	3.468.870,38	4.423.870,38
2	Alocação da demanda as instalações da UFN - PR, perante a existência das fábricas localizadas no Cenário 1	1.375.000	3.048.870,38	4.423.870,38
3	Alocação da demanda as instalações da UFN-III, perante a existência das fábricas localizadas nos Cenários 1 e 2.	2.302.000	2.121.870,38	4.423.870,38
4	Alocação da demanda as instalações da UF- IV, perante a existência das fábricas localizadas nos Cenários 1, 2 e 3.	2.874.000	1.549.870,38	4.423.870,38

É importante observar que a quantidade de uréia recebida pelos portos é variável em função do aumento da capacidade de oferta a cada inserção de uma nova fábrica na rede logística da empresa XPTO. Levando à substituição da importação pela produção nacional da XPTO.

## **6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Para a aplicação do PCT com o objetivo de realocar a demanda por uréia com o menor custo de transporte foram apurados o volume de uréia comercializado no ano de 2012, a localização da demanda e o custo de transporte entre os pontos de fornecimento e demanda.

### **6.1 Volume**

A Tabela 5 apresenta o volume comercializado do nutriente nitrogênio por estado (destino) no ano de 2012. Considerando que a uréia é responsável por 60% da matriz de nitrogenados, o volume comercializado de nutriente nitrogênio (N) advindo da uréia para o ano de 2012 está apresentado na Tabela 6. A partir deste volume, conclui-se que o total de uréia comercializada no ano de 2012 foi de 4.480,186 toneladas conforme Tabela 7, uma vez que o percentual de nitrogênio (N) que a uréia possui é de 46%,

### **6.2 Localização da demanda - destinos**

A localização da demanda de uréia (destinos) foi realizada conforme descrito a seguir. De acordo com dados extraídos do anuário estatístico da ANDA 2012, existem cerca de 110 empresas associadas a esta instituição. Foram realizadas pesquisas nos Web sites de todas as empresas associadas. Foram excluídas da base de dados, as empresas que não eram misturadoras, como por exemplo, empresas de pesquisas agrícolas, empresas que trabalham apenas com fertilizantes fosfatados ou potássicos, totalizando cerca de 90 empresas que trabalham com fertilizantes nitrogenados associadas a esta instituição. A partir desta triagem foram pesquisados os locais de operação destas misturadoras, identificando 180 pontos de demanda distribuídos pelo país conforme APÊNDICE A.

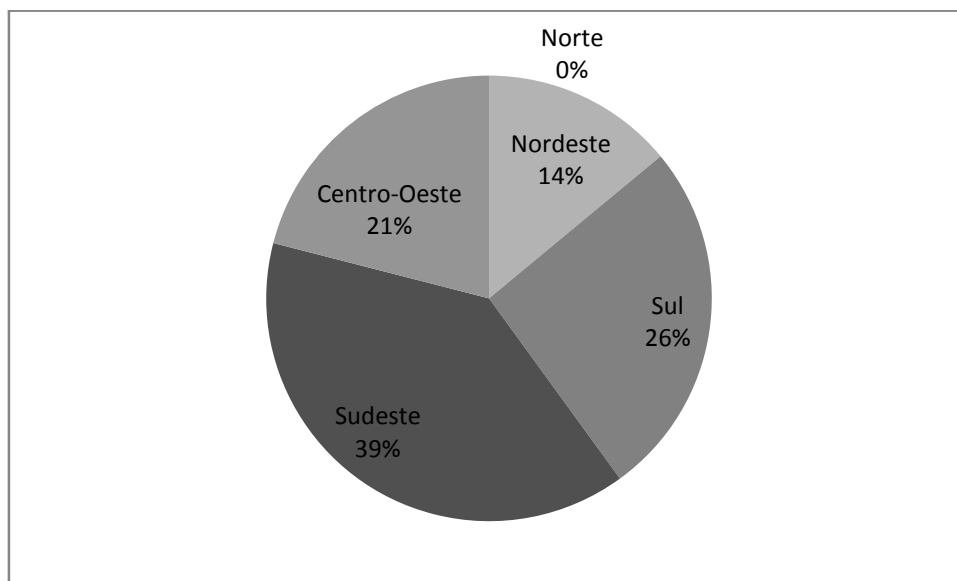
Porém, foi notado que alguns pontos de demanda estavam localizados na mesma cidade, ou seja, alguns destinos de demanda possuem mais de uma misturadora. Estes destinos foram considerados apenas uma vez, do ponto de vista da logística de distribuição



assumido pelo presente estudo. A partir dessa premissa, foram excluídos os pontos de operação repetidos na contagem, apontando 103 destinos.

É notada uma forte concentração das misturadoras no eixo centro-sul, próximos ao mercado consumidor. Cerca de 80% do mercado encontra-se na região Centro-Sul (PR, Sudeste e Centro-Oeste e TO) conforme Gráfico 6.

**Gráfico 6:** Percentual de misturadoras por região



Fonte: Adaptado de ANDA 2013

**Tabela 5:** Total de Nutriente Nitrogênio (N) Comercializado no Brasil

Total Nutriente Nitrogênio Entregue ao Consumidor Final					Total de 2012 (toneladas)	
Região / Estado						
Região Norte	Região Nordeste		Região Centro-Oeste		Região Sul	Região Sudeste
Tocantins 26.567	Alagoas 31.496	Distrito Federal 8.478	Rio Grande do Sul 483.079	São Paulo 578.914		
Amazonas 894	Bahia 168.549	Goiás 292.346	Santa Catarina 109.705	Rio de Janeiro 7.226		
Acre 310	Ceará 6.795	Mato Grosso 373.187	Paraná 385.105	Minas Gerais 591.735		
Amapá 1.810	Maranhão 26.477	Mato Grosso do Sul 144.050		Espírito Santo 81.741		
Pará 24.168	Paraíba 8.844					
Rondônia 8.625	Pernambuco 30.456					
Roraima 2.651	Piauí 21.161					
	Rio Grande do Norte 5.945					
	Sergipe 14.496					
<b>Total 65.025</b>	<b>Total 314.219</b>	<b>Total 818.061</b>	<b>Total 977.889</b>	<b>Total 1.259.616</b>		
<b>Total</b>						<b>3.434.810</b>

Fonte: ANDA (2013)

<b>Total</b>	39.015	<b>Total</b>	188.531	<b>Total</b>	490.837	<b>Total</b>
<b>Total</b>						

Fonte: ANDA (2013)

<b>Total</b>	84.815	Sergipe	18.908	<b>Total</b>	409.851	<b>Total</b>	1.067.036	<b>Total</b>
--------------	--------	---------	--------	--------------	---------	--------------	-----------	--------------

**Total**

Fonte: ANDA (2013)

O rateio da demanda por uréia, para este estudo de caso foi realizado da seguinte forma: foi dividido o volume de consumo de cada região (cidade/estado) proporcionalmente ao número de empresas misturadoras localizadas nas mesmas, conforme Tabela 8. Nota-se que existem pontos com maior volume demandado de uréia por existirem nestes destinos, várias misturadoras.

Outra questão apontada neste trabalho diz respeito a alguns estados não possuírem misturadoras associadas à instituição ANDA. Foram realizadas pesquisas, mas não foram localizadas misturadoras nos estados do Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí. Porém a soma do volume total comercializado por estes quatro estados representa 1,25% (56.317 toneladas) do total comercializados no país.

Para o presente trabalho, adotou-se o volume de uréia comercializado no país no ano de 2012 como sendo o total comercializado de 4.480.186 toneladas (tabela 5) subtraindo 56.317 toneladas (referente ao volume comercializado pelos estados que não possuem misturadoras) resultando na demanda por 4.423.870,38 toneladas de uréia.

**Tabela 8:** Demanda de uréia – Cidade/Estado (Continua)

Cidade	Estado	Região	Demanda Média	Cidade	Estado	Região	Demanda Média
Brasília	DF	Centro-Oeste	11.058,26	Assis	SP	Sudeste	18.417,20
Anápolis	GO	Centro-Oeste	42.368,99	Atibaia	SP	Sudeste	18.417,20
Aparecida de Goiânia	GO	Centro-Oeste	21.184,49	Batatais	SP	Sudeste	18.417,20
Catalão	GO	Centro-Oeste	127.106,96	Bebedouro	SP	Sudeste	36.834,40
Goiânia	GO	Centro-Oeste	21.184,49	Bonfim Paulista	SP	Sudeste	18.417,20
Goiatuba	GO	Centro-Oeste	21.184,49	Campinas	SP	Sudeste	55.251,60
Itumbiara	GO	Centro-Oeste	21.184,49	Campo Limpo	SP	Sudeste	18.417,20
Jataí	GO	Centro-Oeste	42.368,99	Canitar	SP	Sudeste	18.417,20
Rio Verde	GO	Centro-Oeste	84.737,97	Cesário Lange	SP	Sudeste	18.417,20
Caarapó	MS	Centro-Oeste	37.578,26	Cosmópolis	SP	Sudeste	18.417,20
Campo Grande	MS	Centro-Oeste	37.578,26	Cubatão	SP	Sudeste	55.251,60
Dourados	MS	Centro-Oeste	75.156,52	Ibaté	SP	Sudeste	18.417,20
Rio Brilhante	MS	Centro-Oeste	37.578,26	Igarapava	SP	Sudeste	18.417,20
Alto Araguaia	MT	Centro-Oeste	74.887,02	Itapetininga	SP	Sudeste	18.417,20
Nova Mutum	MT	Centro-Oeste	37.443,51	Jales	SP	Sudeste	18.417,20
Querência	MT	Centro-Oeste	37.443,51	Jardinópolis	SP	Sudeste	36.834,40
Rondonópolis	MT	Centro-Oeste	262.104,58	Jundiaí	SP	Sudeste	18.417,20
Sorriso	MT	Centro-Oeste	74.887,02	Limeira	SP	Sudeste	18.417,20
Maceió	AL	Nordeste	27.387,83	Mogi das Cruzes	SP	Sudeste	18.417,20
Santa Luzia	AL	Nordeste	13.693,91	Monte Nor	SP	Sudeste	18.417,20
Camaçari	BA	Nordeste	43.969,30	Olímpia	SP	Sudeste	18.417,20
Candeias	BA	Nordeste	131.907,91	Osasco	SP	Sudeste	18.417,20
Feira de Santana	BA	Nordeste	21.984,65	Ourinhos	SP	Sudeste	18.417,20
Luis Eduardo Magalhães	BA	Nordeste	21.984,65	Paulínia	SP	Sudeste	55.251,60
Fortaleza	CE	Nordeste	8.863,04	Pederneiras	SP	Sudeste	18.417,20
São Luís	MA	Nordeste	34.535,22	Santo Antônio de Posse	SP	Sudeste	18.417,20

**Tabela 8.** Continuação

Cidade	Estado	Região	Demanda Média	Cidade	Estado	Região	Demanda Média
Olinda	PE	Nordeste	19.862,61	São Paulo	SP	Sudeste	55.251,60
Recife	PE	Nordeste	19.862,61	Suzano	SP	Sudeste	18.417,20
Maruim	SE	Nordeste	11.344,70	Vargem Grande do Sul	SP	Sudeste	18.417,20
Rosário do Catete	SE	Nordeste	7.563,13	Almirante Tamandaré	PR	Sul	18.604,11
Porto Nacional	TO	Norte	84.815,22	Araucária	PR	Sul	37.208,21
Serra	ES	Sudeste	71.079,13	Cascavel	PR	Sul	37.208,21
Viana	ES	Sudeste	35.539,57	Curitiba	PR	Sul	74.416,43
Alfenas	MG	Sudeste	89.057,11	Maringá	PR	Sul	18.604,11
Araxá	MG	Sudeste	59.371,40	Paranaguá	PR	Sul	241.853,38
Congonhal	MG	Sudeste	29.685,70	Ponta Grossa	PR	Sul	18.604,11
Guaxupé	MG	Sudeste	29.685,70	Rio Branco do Sul	PR	Sul	18.604,11
Iguatama	MG	Sudeste	29.685,70	Sertanópolis	PR	Sul	18.604,11
Manhuaçu	MG	Sudeste	29.685,70	Toledo	PR	Sul	18.604,11
Martins Soares	MG	Sudeste	29.685,70	Pelotas	RS	Sul	78.762,88
Matozinhos	MG	Sudeste	29.685,70	Canoas	RS	Sul	39.381,44
Pato de Minas	MG	Sudeste	59.371,40	Passo Fundo	RS	Sul	39.381,44
Pouso Alegre	MG	Sudeste	29.685,70	Portão	RS	Sul	39.381,44
São João de Manhuaçu	MG	Sudeste	29.685,70	Porto Alegre	RS	Sul	78.762,88
Sete Lagoas	MG	Sudeste	29.685,70	Rio Grande	RS	Sul	275.670,08
Três Corações	MG	Sudeste	29.685,70	Santa Maria	RS	Sul	39.381,44
Ubá	MG	Sudeste	29.685,70	Tapejara	RS	Sul	39.381,44
Uberaba	MG	Sudeste	178.114,21	Garuva	SC	Sul	35.773,37
Uberlândia	MG	Sudeste	29.685,70	Imbituba	SC	Sul	35.773,37
Varginha	MG	Sudeste	29.685,70	Joinville	SC	Sul	35.773,37
Araçatuba	SP	Sudeste	18.417,20	Mafra	SC	Sul	35.773,37
Artur Nogueira	SP	Sudeste	18.417,20				

### 6.3 Custo de transporte

A presente subseção aborda como foram estimados os custos de transporte, o custo logístico relevante ao estudo em questão.

Primeiramente é necessário destacar que a utilização exclusiva do transporte rodoviário foi uma premissa assumida para o presente estudo de caso. Tal premissa se justifica devido ao predomínio do modal rodoviário no atual transporte de insumos agrícolas no país de acordo com a principal referência do mercado de fretes agrícolas no país, o Sistema de Informações de Fretes – SINFRECA, 2013.

Após determinação de todos os nós da rede logística (origens das fábricas, origens dos portos e mercados destinos) fez-se necessário o levantamento das distâncias rodoviárias entre eles. Essas distâncias entre os pontos de origem e destino foram obtidas através do *Google Maps* considerado uma ferramenta de Sistemas de Informação Geográfica.

O Anuário 2012 do SINFRECA apresenta os valores mínimo, médio e máximo de frete para os adubos e fertilizantes no ano de 2012. Para o presente trabalho foi utilizado o valor médio de 0,1091R\$/t.km. Esse valor foi multiplicado pelas distâncias entre os pontos de origens e destinos, resultando no custo de transporte, conforme APÊNDICE B.

No quadro 3 é apresentado o resumo das variáveis levantadas para a aplicação do PCT ao estudo de caso.



**Quadro 3:** Variáveis levantadas para a aplicação do PCT ao estudo de caso.

Quadro resumo das variáveis utilizadas			
Dimensão	Descrição Sumarizada	Justificativa do uso	Dados
Produto	Uréia	Responsável por 60% da matriz de nitrogenado brasileira.	4.423.870,38 toneladas
Capacidade de Oferta	A oferta de uréia no Brasil é realizada através da produção da empresa XPTO e de importações.	UFN - SE, UFN - BA, UFN - PR, UFN - III, UFN - SE	2.874 toneladas
		Portos	$\geq 0$ . Volume demandado pelas misturadoras e não suprido pelas fábricas da XPTO.
Origens	Fábricas e Portos	Além das 5 fábricas da empresa XPTO, foi considerado no estudo os principais portos que receberam a uréia importada no ano de 2012.	5 fábricas da XPTO localizadas em Laranjeiras/SE, Camaçari/BA, Araucária/PR, Três Lagoas/MS e Linhares/ES. 8 portos localizados em Itaqui/MA, Recife/PE, Vitória/ES, Santos/SP, Paranaguá/PR, Imbituba/SC, Rio Grande/RS e Porto Alegre/RS
Demanda	Demanda das misturadoras.	A uréia é matéria-prima para as fábricas misturadoras.	4.423.870,38 toneladas
Destino	Misturadoras de fertilizantes	Pontos de destinos da uréia comercializada em 2012.	103
Custo de Transporte	Custo de distância entre ponto de origem e ponto de destino.	Custo de transporte responde por 60% dos custos logísticos.	0,1091 R\$/t.km x km

#### **6.4 Aplicação do Problema Clássico de Transporte**

Após o levantamento das variáveis acima foi aplicado o PCT por meio da linguagem de modelagem AMPL, cujo detalhamento encontra-se no APÊNDICE C. A partir da resolução do PCT, o presente trabalho corroborou as teorias de JAYARAMAN; PIRKUL, 2001, JAYARAMAN; ROSS, 2003, MELO; NICKEL; SALDANHA-DA-GAMA, 2009 e de SYARIF; YUN; GEN, 2002, ao revisar a designação da demanda por uréia, por meio das simulações de cenários de inserções de novas UFN's de acordo com as mudanças na rede logística da XPTO.

A função objetivo de todos os cenários simulados foi a de realocar a demanda nacional por uréia com o menor custo de transporte às instalações da rede logística da XPTO e aos portos.

A otimização do custo de transporte na logística de distribuição da uréia pode ser considerada um exemplo de alinhamento estratégico para a área de fertilizantes da XPTO podendo gerar melhoras nos processos de entrega e maximização da margem do produto. O custo de transporte é um componente muito significativo nos custos finais do fertilizante, considerado um produto de baixo valor agregado e de grande volume.

A Tabela 9 apresenta o custo de transporte otimizado para a logística de distribuição de uréia, respeitando a capacidade de oferta das UFN's da empresa XPTO e considerando como demanda o volume de uréia comercializado no ano de 2012 no Brasil.

Até Julho/2013 com as UFN's de Sergipe e Bahia, o custo de transporte otimizado para a alocação de 955 mil toneladas de uréia da empresa XPTO e 3.468.870,38 toneladas advindas de importações foi de R\$ 436.781.000,00.

Com a inserção da UFN-PR, acrescentando 420 mil toneladas de uréia à capacidade de oferta da empresa XPTO, o custo de transporte otimizado para distribuir as atuais 1,375 milhão de toneladas de uréia da empresa XPTO e 3.048.870,38 toneladas originadas dos portos (advindas de importações) foi de R\$ 412.417.000,00

Para os cenários 3 e 4, onde as UFN's ainda não estão em operação, o presente trabalho apresenta o custo de transporte otimizado considerando a previsão da capacidade de oferta.

Com a inserção das UFN-III no estado do Mato Grosso do Sul, adicionando 927 mil toneladas de uréia à capacidade de oferta da XPTO, o custo de transporte otimizado será de R\$ 325.153.000,00 para cobrir a demanda nacional, ao distribuir 2,302 milhões de toneladas de uréia da empresa XPTO e 2.121.870,38 toneladas de uréia oriundas dos portos.

De acordo com os resultados gerados, a inserção da UFN-III na rede logística da XPTO, foi responsável pela redução do custo de transporte mais significativa entre estes cenários. O custo de transporte para realizar a distribuição da uréia no território nacional sofreu uma redução de 21,15% considerando esta inserção, indo ao encontro de Ballou (2001) que menciona economias anuais em torno de 15% após revisões da rede logística por meio do uso de modelos matemáticos.

Entretanto a inserção da UFN-IV no estado do Espírito Santo aumentou o custo de transporte otimizado para R\$ 335.601.000,00, ao alocar 2,874 milhões toneladas de uréia da XPTO e 1.549.870,38 toneladas de uréia importadas.

**Tabela 9:** Custo Total de Transporte Otimizado.

Cenário	Fábricas	Custo de Transporte
1	UFN-SE e UNF-BA	R\$ 436.781.000,00
2	UFN-SE, UNF-BA e UFN-PR	R\$ 412.417.000,00
3	UFN-SE, UNF-BA, UFN-PR e UFN-III/MS	R\$ 325.153.000,00
4	UFN-SE, UNF-BA, UFN-PR, UFN-III/MS e UFN - IV/ES	R\$ 335.601.000,00

Cenário1: Para as UFN's de Laranjeiras/Sergipe e Camaçari/Bahia a alocação da demanda de 955 mil toneladas é apresentada na Tabela 10. A demanda restante foi alocada entre os 8 portos e é apresentada no APÊNDICE D.

Conforme explicado na subseção 6.2 e apresentado na Tabela 10, existem destinos com demandas iguais visto que o volume de consumo de cada região (cidade/estado) foi dividido pelo número de empresas misturadoras localizadas nas mesmas. Assim as cidades de Batatais, Igarapava e Olímpia no estado de São Paulo, por exemplo, demandam 18.417,20 toneladas de uréia cada. E ao realocar a demanda devido ao custo de transporte as cidades de Batatais e Igarapava são atendidas pela UFN-SE e a cidade de Olímpia atendida pela UFN-BA. Já a cidade de Bebedouro também localizada no estado de São Paulo demanda 24.894,00 toneladas de uréia e é atendida pela UFN-SE.

**Tabela10:** Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 1.

Destino	Origem	
	UFN –SE	UFN - BA
Catalão/GO	127.107,00	-
Itumbiara/GO	-	21.184,50
Rondonópolis/MT	97.620,30	-
Camaçari/BA	-	43.969,30
Candeias/BA	-	131.908,00
Feira de Santana/BA	-	21.984,70
Maruim/SE	11.344,70	-
Rosário do Catete/SE	4.583,68	-
Araxá/MG	-	59.371,40
Iguatama/MG	29.685,70	-
Matozinhos/MG	-	29.238,30
Pato de Minas/MG	59.371,40	-
Sete Lagoas/MG	-	29.685,70
Uberaba/MG	178.114,00	-
Uberlândia/MG	10.444,70	19.241,00
Batatais/SP	18.417,20	-
Bebedouro/SP	24.894,00	-
Igarapava/SP	18.417,20	-
Olímpia/SP	-	18.417,20

Esta análise se repete para os demais cenários, à medida que novas UFN's são inseridas na rede logística e ocorre a realocação da demanda usando o custo de transporte como critério de otimização. Novos destinos passam a ser atendidos pela XPTO à medida que sua capacidade de produção/oferta aumenta e outros destinos são atendidos pelos portos devido ao menor custo de transporte.

Para o Cenário 2: A aquisição da fábrica no Paraná altera a alocação da demanda e o custos de transporte. Para a UFN-SE, UFN-BA e UFN-PR a alocação da demanda é apresentada na Tabela 11. A demanda restante foi alocada entre os 8 portos e encontra-se no APÊNDICE E.

**Tabela 11:** Alocação da demanda às fábricas conforme Cenário 2.

Destino	Origem		
	UFN –SE	UFN – BA	UFN - PR
Catalão/GO	127.107,00	-	-
Goiatuba/GO	-	10.842,30	-
Itumbiara/GO	-	21.184,50	-
Jataí/GO	16.693,60	-	-
Caarapó/MS	-	-	36.432,50
Campo Grande/MS	-	-	37.578,30
Rio Brilhante/MS	-	-	37.578,30
Rondonópolis/MT	150.120,00	-	-
Camaçari/BA	-	43.969,30	-
Candeias/BA	-	131.908,00	-
Feira de Santana/BA	-	21.984,70	-
Luis Eduardo Magalhães/BA	-	21.984,70	-
Maruim/SE	11.344,70	-	-
Rosário do Catete/SE	7.563,13	-	-
Araxá/MG	-	59.371,40	-
Iguatama/MG	29.685,70	-	-
Pato de Minas/MG	59.371,40	-	-
Sete Lagoas/MG	-	15.652,40	-
Uberaba/MG	178.114,00	-	-
Uberlândia/MG	-	29.685,70	-
Araçatuba/SP	-	-	18.417,20
Assis/SP	-	-	18.417,20
Bebedouro/SP	-	-	36.834,40
Canitar/SP	-	-	18.417,20
Cesário Lange/SP	-	-	12.427,40
Igarapava/SP	-	18.417,20	-
Itapetininga/SP	-	-	18.417,20
Jales/SP	-	-	18.417,20
Ourinhos/SP	-	-	18.417,20
Pederneiras/SP	-	-	18.417,20
Almirante Tamandaré/PR	-	-	18.604,10
Araucária/PR	-	-	37.208,20
Maringá/PR	-	-	18.604,10
Ponta Grossa/PR	-	-	18.604,10
Rio Branco do Sul/PR	-	-	18.604,10
Sertanópolis/PR	-	-	18.604,10

Para o Cenário 3: embora a UFN-III ainda não esteja em operação, foi simulado o cenário para a alocação da demanda considerando a previsão da capacidade de oferta desta UFN. A alocação da demanda às 4 unidades de fertilizantes na rede logística da XPTO é apresentada na Tabela 12. A demanda restante foi alocada entre os 8 portos e encontra-se no APÊNDICE F.

**Tabela 12:** Alocação de demanda às fábricas conforme Cenário 3.

Destino	Origem			
	UFN -SE	UFN - BA	UFN - PR	UFN - III
Catalão/GO	127.107,00	-	-	-
Goiatuba/GO	-	-	-	21.184,50
Itumbiara/GO	-	18.858,70	-	2.325,74
Jataí/GO	-	-	-	42.369,00
Rio Verde/GO	-	-	-	84.738,00
Caarapó/MS	-	-	-	37.578,30
Campo Grande/MS	-	-	-	37.578,30
Dourados/MS	-	-	-	75.156,50
Rio Brilhante/MS	-	-	-	37.578,30
Alto Araguaia/MT	-	-	-	74.887,00
Nova Mutum/MT	-	-	-	3.890,68
Rondonópolis/MT	-	-	-	262.105,00
Camaçari/BA	-	43.969,30	-	-
Candeias/BA	-	131.908,00	-	-
Feira de Santana/BA	-	21.984,70	-	-
Maruim/SE	11.344,70	-	-	-
Rosário do Catete/SE	7.563,13	-	-	-
Alfenas/MG	-	31.274,20	-	-
Araxá/MG	-	59.371,40	-	-
Guaxupé/MG	29.653,90	31,80	-	-
Iguatama/MG	29.685,70	-	-	-
Matozinhos/MG	-	29.685,70	-	-
Pato de Minas/MG	59.371,40	-	-	-
Pouso Alegre	-	19.499,10	-	-
Sete Lagoas/MG	29.685,70	-	-	-
Três Corações/MG	29.685,70	-	-	-
Uberaba/MG	178.114,00	-	-	-
Uberlândia/MG	29.685,70	-	-	-
Varginha/MG	29.685,70	-	-	-
Araçatuba/SP	-	-	-	18.417,20

**Tabela 12.** Continuação

Destino	Origem			
	UFN –SE	UFN - BA	UFN - PR	UFN - III
Assis/SP	-	-	-	18.417,20
Batatais	-	-	-	18.417,20
Bebedouro/SP	-	-	-	36.834,40
Bonfim Paulista/SP	-	-	-	18.417,20
Campinas/SP	-	-	47.858,60	-
Canitar/SP	-	-	18.417,20	-
Cesário Lange/SP	-	-	18.417,20	-
Ibaté/SP	-	-	-	18.417,20
Igarapava/SP	18.417,20	-	-	-
Itapetininga/SP	-	-	18.417,20	-
Jales/SP	-	-	-	18.417,20
Jardinópolis	-	-	-	36.834,40
Olímpia/SP	-	-	-	18.417,20
Osasco/SP	-	-	9.366,30	-
Ourinhos/SP	-	-	18.417,20	-
Paulínia	-	-	55.251,60	-
Pederneiras/SP	-	-	-	18.417,20
Vargem Grande do Sul/SP	-	18.417,20	-	-
Almirante Tamandaré/PR	-	-	18.604,10	-
Araucária/PR	-	-	37.208,20	-
Cascavel/PR	-	-	37.208,20	-
Curitiba/PR	-	-	74.416,40	-
Maringá/PR	-	-	10.605,40	7.998,70
Ponta Grossa/PR	-	-	18.604,10	-
Rio Branco do Sul/PR	-	-	18.604,10	-
Sertanópolis/PR	-	-	-	18.604,10
Toledo/PR	-	-	18.604,10	-

Para o Cenário 4: Entretanto a inserção da UFN-IV no estado do Espírito Santo aumentou o custo de transporte otimizado em 3,21%, ao alocar 2,874 milhões toneladas de uréia da XPTO e 1.549.870,38 toneladas de uréia importadas.

A alocação da demanda às 5 unidades de fertilizantes na rede logística da XPTO é apresentada na Tabela 13. A demanda restante foi alocada entre os 8 portos e encontra-se no APÊNDICE G.

**Tabela 13:** Alocação de demanda às fábricas conforme Cenário 4.

Destino	Origem				
	UFN - SE	UFN - BA	UFN - PR	UFN - III	UFN - IV
Brasília/DF	11.058,30	-	-	-	-
Anápolis/GO	42.369,00	-	-	-	-
Catalão/GO	127.107,00	-	-	-	-
Goiânia/GO	-	13.695,90	-	-	-
Goiatuba/GO	8.385,65	12.798,80	-	-	-
Itumbiara/GO	-	21.184,50	-	-	-
Jataí/GO	-	-	-	42.369,00	-
Rio Verde/GO	-	-	-	84.738,00	-
Caarapó/MS	-	-	-	37.578,30	-
Campo Grande/MS	-	-	-	37.578,30	-
Dourados/MS	-	-	-	75.156,50	-
Rio Brilhante/MS	-	-	-	37.578,30	-
Alto Araguaia/MT	-	-	-	74.887,00	-
Rondonópolis/MT	-	-	-	262.105,00	-
Camaçari/BA	-	43.969,30	-	-	-
Candeias/BA	-	131.908,00	-	-	-
Feira de Santana/BA	-	21.984,70	-	-	-
Luis Eduardo Magalhães/BA	-	21.984,70	-	-	-
Maruim/SE	11.344,70	-	-	-	-
Rosário do Catete/SE	7.563,13	-	-	-	-
Serra/ES	-	-	-	-	71.079,10
Viana/ES	-	-	-	-	35.539,60
Alfenas/MG	-	-	-	-	89.057,10
Araxá/MG	-	59.371,40	-	-	-
Guaxupé/MG	1.646,50	-	-	-	28.039,20
Iguatama/MG	29.685,70	-	-	-	-
Manhuaçu/MG	-	-	-	-	29.685,70
Martins Soares/MG	-	-	-	-	29.685,70
Matozinhos/MG	-	-	-	-	29.685,70
Pato de Minas/MG	59.371,40	-	-	-	-
São João de Manhuaçu/MG	-	-	-	-	29.685,70
Sete Lagoas/MG	-	29.685,70	-	-	-
Três Corações/MG	-	-	-	-	29.685,70
Ubá/MG	-	-	-	-	29.685,70
Uberaba/MG	178.114,00	-	-	-	-
Uberlândia/MG	29.685,70	-	-	-	-
Varginha/MG	-	-	-	-	29.685,70



Destino	Origem				
	UFN -SE	UFN - BA	UFN - PR	UFN - III	UFN - IV
Araçatuba/SP	-	-	-	18.417,20	-
Assis/SP	-	-	-	18.417,20	-
Atibaia/SP	-	-	-	-	18.417,20
Batatais/SP	18.417,20	-	-	-	-
Bebedouro/SP	-	-	-	36.834,40	-
Bonfim Paulista/SP	-	18.417,20	-	-	-
Canitar/SP	-	-	-	18.417,20	-
Cosmópolis/SP	-	-	-	-	12.975,20
Ibaté/SP	-	-	-	18.417,20	-
Igarapava/SP	18.417,20	-	-	-	-
Itapetininga/SP	-	-	10.265,90	-	-
Jales/SP	-	-	-	18.417,20	-
Jardinópolis/SP	36.834,40	-	-	-	-
Limeira/SP	-	-	-	-	18.417,20
Mogi das Cruzes/SP	-	-	-	-	18.417,20
Monte Nor/SP	-	-	-	-	18.417,20
Olímpia/SP	-	-	-	18.417,20	-
Ourinhos/SP	-	-	-	18.417,20	-
Pederneiras/SP	-	-	-	18.417,20	-
Santo Antônio de Posse/SP	-	-	-	-	18.417,20
Suzano/SP	-	-	-	-	17.006,70
Vargem Grande do Sul/SP	-	-	-	-	18.417,20
Almirante Tamandaré/PR	-	-	18.604,10	-	-
Araucária/PR	-	-	37.208,20	-	-
Cascavel/PR	-	-	2.182,40	35.025,80	-
Curitiba/PR	-	-	74.416,40	-	-
Maringá/PR	-	-	-	18.604,10	-
Paranaguá/PR	-	-	168.568,00	-	-
Ponta Grossa/PR	-	-	18.604,10	-	-
Rio Branco do Sul/PR	-	-	18.604,10	-	-
Sertanópolis/PR	-	-	-	18.604,10	-
Toledo/PR	-	-	-	18.604,10	-
Garuva/SC	-	-	35.773,40	-	-
Mafrá/SC	-	-	35.773,40	-	-

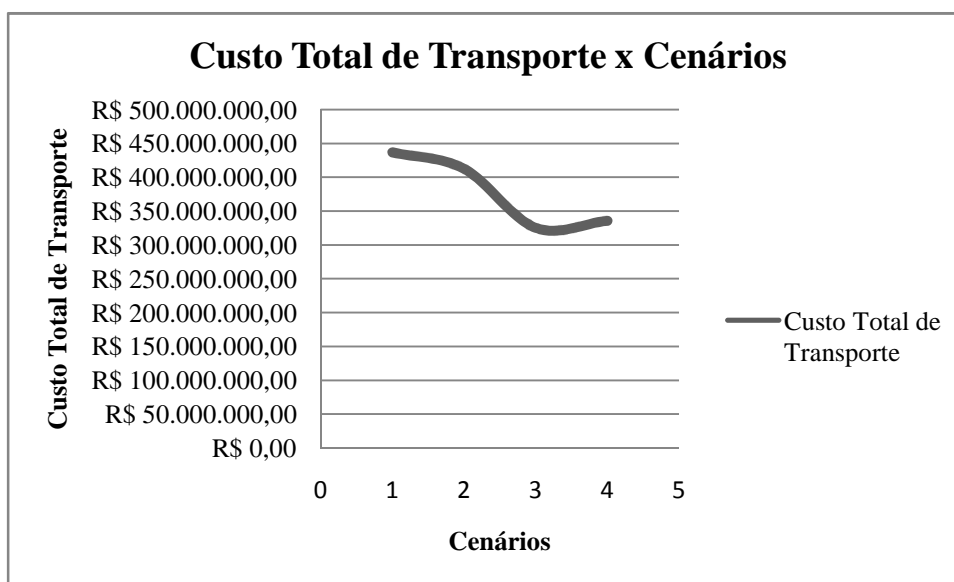
À medida que novas UFN's são inseridas na rede logística da XPTO o custo de transporte para o fertilizante uréia sofre alterações.

Até a inserção da UFN-IV os custos de transporte para alocação da demanda nacional diminuem a cada cenário, uma vez que assim os clientes ficam mais próximos, reduzindo a distância entre origens e destino, conseqüentemente reduzindo o custo de transporte.

Entende-se aqui que há uma relação direta entre as distâncias percorridas e os custos de transportes: quanto menor for a distância a ser percorrida entre o ponto de origem e o ponto de destino, menor será o custo de transporte e/ou deslocamento.

Entretanto com a inserção da UFN-IV em Linhares, Espírito Santo, o custo de transporte aumentou, refutando o exposto acima e indo ao encontro de Wanke (2003), que afirma que o custo total de transporte reduz-se até certo nível à medida que novas instalações são inseridas na rede logística, conforme mostra o gráfico 7.

**Gráfico 7:** Custo Total de Transporte



Contudo deve se ter em mente que o custo de transporte por si só não é conclusivo. É necessário considerar o custo total, a armazenagem e o preço do produto dentre outros na busca pela vantagem competitiva. Pois a cadeia de valor de uma empresa ultrapassa os limites físicos da organização, inserindo-a em um sistema maior, através de um processo de inter-relações e interdependência, envolvendo agentes internos e externos, viabilizando o suprimento de insumos, a transformação e a distribuição de produtos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo explorou a realocação da demanda a cada instalação de UFN inserida na rede logística da XPTO, com o intuito de minimizar o custo de transporte e melhorar o desempenho desta como um todo, a partir da modelagem centrada no fator transporte com a utilização do PCT.

Em acréscimo, por se tratar de um problema de programação linear, houve a utilização do software AMPL e do solver CPLEX que foram cruciais para a aplicação do PCT no estudo de caso, uma vez que a ferramenta Solver da planilha eletrônica MS Excel<sup>®</sup> não solucionou a matriz.

A partir da aplicação prática do PCT no estudo de caso foi possível analisar as inserções de novas UFN's na rede logística da empresa XPTO através da mensuração do custo de transporte otimizado por intermédio das simulações dos cenários.

Entretanto deve ser levado em consideração que a abordagem do trabalho se restringiu somente ao custo de transporte, não sendo considerados outros custos neste trabalho. Mas para o fertilizante o custo de transporte é muito significativo na formação de seu preço. Fatores como a localização da demanda distante dos pontos de oferta, o baixo valor agregado do produto, o volume transportado e a falta de isonomia tributária entre o produto nacional e o importado fazem com que o custo de transporte se torne uma variável importante.

Portanto, o alcance dos objetivos se deu a partir dos resultados gerados pelas simulações de cenários. Neste contexto, constatou-se que, à medida que se insere uma nova UFN, a demanda de fertilizante uréia é realocada e os custos de transporte diminuem. Entretanto com a inserção da última UFN na rede logística da empresa XPTO houve aumento do custo de transporte.

Por fim, dada a natureza do estudo de caso, é possível considerar que a realocação da demanda em um Planejamento de Redes Logísticas é um importante instrumento capaz de contribuir com a otimização na distribuição do produto, reduzindo o custo de transporte.

Os resultados observados no capítulo 6 fornecem *insights* aos tomadores de decisão do segmento industrial analisado e comprova a relevância da reavaliação da rede logística, mais especificamente a realocação dos mercados consumidores às novas instalações de UFN's, considerando o impacto direto no custo de distribuição por influenciar o custo de transporte.

Além do exposto acima, o estudo em questão contribui tanto para o campo acadêmico como para a prática ao reunir conceitos de logística e pesquisa operacional, aproximando a teoria com a realidade vivenciada pela organização. Profissionais e docentes podem utilizar da modelagem matemática da rede logística para desenvolver a integração da teoria com a realidade da tomada de decisão.

Para a sociedade o trabalho contribui no que se refere à alocação da demanda por uréia com menor custo de transporte, para que o produto se torne competitivo frente ao produto importado.

Com relação às limitações da pesquisa, a consideração das previsões das capacidades de oferta para as unidades de fertilizantes nitrogenados que estão em fase de construção/projeto pode ser uma limitação, visto que as mesmas poderão não estar de acordo com a realidade destas quando em operação.

A capacidade ilimitada dos portos em receber fertilizantes também pode ser considerada uma limitação, pois dentre estes podem existir portos com capacidade restrita de recebimento.

Outras limitações apontadas são: a não consideração dos custos totais, a consideração exclusiva do transporte rodoviário em detrimento de outros modos de transporte, o estabelecimento de um valor médio do frete levando a omissão das variações nos custos de transportes tais como condições de vias, pedageamento e frete de retorno, por exemplo, bem como a não consideração de aspectos tributários, pois estes geram impactos na rede logística.

Com base nas limitações acima citadas, emergem como aspectos a serem trabalhados em estudos futuros:

- A correta informação sobre a capacidade de oferta das unidades de fertilizantes nitrogenados que estão em fase de construção/projeto.
- A consideração de diferentes modos de transporte, como por exemplo, hidroviário.
- A consideração de outras variáveis relevantes para o cálculo dos custos efetivos de transportes de modo mais amplo, como combustível, mão-de-obra, depreciação, manutenção, seguro do veículo, entre outras.
- A consideração da estrutura do ICMS, que está associado ao planejamento de redes logísticas.

## 8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGROBRASCONSULT. Disponível em: <http://www.agrobrasconsult.com.br/?p=9&a=open:TableItem:showNewsletter:83:2:2>. Acessado em 13 de nov. de 2012.

Associação Das Misturadoras De Adubos – AMA. Disponível em: <http://www.amabrasil.agr.br>. Acessado em 14 de nov. 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. **Setor de Fertilizantes - Anuário Estatístico 2012**. São Paulo 2013.

\_\_\_\_\_. **Investimentos no Brasil**. Julho/2011. Acesso em 14 de Julho de 2012. Disponível em: [www.anda.org.br/multimedia/investimentos.pdf](http://www.anda.org.br/multimedia/investimentos.pdf)

BALLOU, R. H. Unresolved Issues in Supply Chain Network Desing. **Information System Frontiers**. Vol. 3, n. 4, p.417-426, 2001.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. Porto Alegre. Bookman, 2006.

BELFIORE, P.; FÁVEROL. P. **Pesquisa Operacional Para cursos de Administração, Contabilidade e Economia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BERTRAND, J. W. M., FRANSOO, J. C. Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22, n. 2, p.241-264, 2002.

BORELLA, M. R. de C., PADULA, A. D. Alignment Between The Supply, Manufacturing And Distribution Strategies And The Business Strategy. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, Vol.3, n. 2, p. 44 – 60, 2010.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS D. J.; COOPER, M. B. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CANTARELLA, H. Uso de Inibidor da Urase para Aumentar a Eficiência da Uréia. **International Plant Nutrition Institute – IPNI**. Informações Agronômicas n 117, p.1-4, Mar. 2007.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Pearson, 2010.

DIAS, V. P, FERNANDES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. Banco Nacional para Desenvolvimento Social - BNDES. Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B. A.; MATHEUS, R. R. **Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 203-228, mar. 2009.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano Estratégico da Petrobrás 2020**. Disponível: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/plano-estrategico-petrobras-2020-e-plano-de-investimentos-2011-2015-jul2011>. Acessado em 05 de out. de 2012.

FIXEN, P. E. Reservas Mundiais de Nutrientes dos Fertilizantes. **International Plant Nutrition Institute – IPNI**. Informações Agronômicas n.126, p. 8-14, jun. 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS INTERNATIONAL - FAO. **Fertilizer Strategies**. Fertilizer Industry Association. Revised version, published by FAO and IFA. Rome, November 2011.

FOURER, R.; GAY, D. M.; KERNIGHAN, B.W. **AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming**. 2 ed, p. 517, CA, EUA, Thomson, 2003.

FRANCO, J. A. M. Análise do Mercado de Fertilizantes. XPTO, 2009. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/AnaliseMercado.pdf>. Acessado em 03 de maio de 2012.

GONÇALVES, J. S.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; SOUZA, S. A. M. Produção nacional de fertilizantes, processo de desconcentração regional e maior dependência externa. **Informações Econômicas**, v.38, Agosto, 2008.

GURGEL, F. A. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2000.

IBM - <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer>. Acessado em 04 de Junho de 2014.

JAYARAMAN, V.;PIRKUL, H. Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. **European Journal of Operational Research**. Vol.133, n. (2), p.394-408, 2001.

JAYARAMAN, V.; ROSS, A. A simulated annealing methodology to distribution network design and management. **European Journal of Operational Research**, Vol.144, n.3. p. 629-645, 2003.

JOSHI, M.; KATHURIA, R.; PORTH, S. J. Alignment of strategic priorities and performance: an integration of operations and strategic management perspectives. **Journal of Operation Management**, Vol 21, p.353-369, 2003.

KOUVELIS, P.; CHAMBERS, C.; WANG, H. Supply Chain Management Research and Production and Operations Management: review, trends and opportunities. **Production and Operations Management**, Vol. 15, n. 3, p.449 – 469, 2006.

KOH, C. E.; NAM, K. Business use of the internet: A longitudinal study from a value chain perspective. **Industrial Management & Data Systems**, v. 105, n.1, p. 82-95, 2005.

KULAIF. Y. Perfil dos Fertilizantes N-P-K. Relatório Técnico 75. **PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA. PROJETO ESTAL** - Ministério de Minas e Energia – MME, 2009.

MARTINEZ. F. F. **Fertilizantes Nitrogenados**. Abril de 2009. Audiência Pública. Comissão de Agricultura e Reforma Agrária do Senado Federal. Disponível em:

[http://www.senado.leg.br/comissoes/CRA/AP/AP20090414\\_Dr\\_Fernando\\_Fernandes\\_Martinez.pdf](http://www.senado.leg.br/comissoes/CRA/AP/AP20090414_Dr_Fernando_Fernandes_Martinez.pdf). Acesso em 20 de Setembro de 2012.

MEDEIROS. V. Z.; CALDEIRA. A. M.; PACHECO. G.L.; MACHADO. M. A. S.; GASSENFERTH. W. **Métodos Quantitativos com Excel**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MELO, M. T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management - A review. **European Journal of Operational Research**, vol.196, n.2, p. 401-412, 2009.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Publicações Sobre Fertilizantes**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes/publicacoes>. Acesso em 20 de Setembro, 2012.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **SAFARI DE ESTRATÉGIA. UM ROTEIRO PELA SELVA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO**. Porto Alegre Bookman, 2010.

OLIVEIRA, J. B.; LEITE, M. S. A. Modelo analítico de suporte à configuração e integração da cadeia de suprimentos. **Gestão Produção**, v. 17, n. 3, p. 447-463, São Carlos, 2010.

PAGH, J. D.; COOPER, M. C. Supply Chain Postponement and Speculation Strategies: How to Choose the Right Strategy. **Journal of Business Logistics**, vol. 19, n. 2, p. 13 – 33, 1998.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

\_\_\_\_\_. **Estratégia competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

RAGEL, S. **Introdução à Construção de Modelos de Otimização Linear e Inteira**. São Carlos, SP: Plêiade, 2005

RESENDE, P. T. V.; MENDONÇA, G. D. Práticas de Gestão de Estoques, Armazenagem e Transporte nos Canais de Distribuição Brasileiros. **XXXI Encontro da ANPAD**. Rio de Janeiro/RJ – 22 a 26 de setembro de 2007.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração**. São Paulo. Atlas, 2007.

SAAB, A. A.; PAULA, R. A. O Mercado de Fertilizantes no Brasil. Diagnósticos e propostas de políticas. **Revista de Política Agrícola**. Ano XVII, n 2, Abr./Maio/Jun.2008

SECRETARIA DE ACOMPANHAMENTO ECONÔMICO – SEAE. Ministério de Fazenda. Assunto: **Panorama do mercado de fertilizantes – Maio/2011**. Disponível em: <http://www.seae.fazenda.gov.br/central-de-documentos/panoramas-setoriais/Fertilizantes.pdf>. Acesso em 20 de março de 2012.

SILVA, C. L. Competitividade internacional da indústria brasileira exportadora de papel de imprimir e escrever à luz da cadeia de valor. **Revista Produção**, v.15, n. 1, p. 114-126, Jan./Abr. 2005.

SYARIF, A.; YUN, Y.; GEN, M. Study on multi-stage logistic chain network: a spanning tree-based genetic algorithm approach. **Computers & Industrial Engineering**, vol. 43, n.1-2, p. 299-314, 2002.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES – SIFRECA. **Anuário 2012**. Disponível em <http://esalqlog.esalq.usp.br/files/biblioteca/606.pdf> . Acesso em: Julho 14, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de Caso. Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Artmed, 2010

YOSHIZAKI, H. T. Y. **Projeto de Redes de Distribuição Física Considerando a Influência do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços**. São Paulo: USP, 2002. 144p. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, 2002.

WHEELWRIGHT, S. C. Manufacturing Strategy: defining the missing link. **Strategic Management Journal**, vol. 5, n.1, p.77 – 91. 1984.



## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Localização das misturadoras associadas ANDA 2012**

Empresa	Cidade	Estado
Adm do Brasil Ltda	São Paulo	SP
	Catalão	GO
	Paranaguá	PR
	Uberaba	MG
	Rondonópolis	MT
	Rio Grande	RS
Adubos Sudoeste	Jataí	GO
	Paranaguá	PR
	Rondonópolis	MT
	Catalão	GO
	Rosário do Catete	SE
Adubos Araguaia Indústria e Comércio Ltda	Anápolis	GO
	Brasília	DF
	Sorriso	MT
	Catalão	GO
	Rondonópolis	MT
Aubos Marisa S/A Indústria, Comércio e Transportes	Ubá	MG
Adubos Real Ltda	Pouso Alegre	MG
Adubos Vera Cruz Ltda	Ibaté	SP
Adufértil Fertilizantes Ltda	Jundiaí	SP
Agrária Indústria e Comércio Ltda	Jardinópolis	SP
Agro Hemar Ltda	Bonfim Paulista	SP
Agro Industrial São Luiz Ltda	Paranaguá	PR
Agro Safra Indústria e Comércio de Adubos Ltda	Osasco	SP
Agrocampo Ltda	Guaxupé	MG
Agroplanta Indústria Química	Batatais	SP
Biosafra Fertilizantes Ltda	Maruim	SE
Boa Safra Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Itumbiara	GO
Boutin Fertilizantes Ltda	Curitiba	PR
Bunge Fertilizantes S/A	São Paulo	SP
Buschle & Lepper S/A	Joinville	SC
Café Brasil Indústria, Comércio, Imp. e Exp. Ltda	Alfenas	MG
Cibrafertl Companhia Brasileira de Fertilizantes	Camaçari	BA

Empresa	Cidade	Estado
Coop.Agroindl.dosProds.Rurais do Sudoeste Goiano Ltda	Rio Verde	GO
Cooperativa Agropecuária Cascavel Ltda Coopavel	Cascavel	PR
Cooperativa Central de Fertilizantes Cooperfertil	Campinas	SP
Coxilha Indústria de Fertilizantes Ltda	Tapejara	RS
	Rio Grande	RS
DDL Agroindústria Ltda	Paulínia	SP
Delta Fertilizantes Ltda	Paranaguá	PR
Extrafertil Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Paulínia	SP
Fertial Fertilizantes de Alagoas Ltda	Maceió	AL
Fertigran Fertilizantes Vale do Rio Grande Ltda	Uberaba	MG
	Igarapava	SP
	Catalão	GO
Fertinor	Maruim	SE
Fertilizantes Piratini Ltda	Porto Alegre	RS
	Rio Grande	RS
Fertine Fertilizantes do Nordeste Ltda	Recife	PE
Fertipar Bandeirantes Ltda	Campo Limpo	SP
	Campinas	SP
Fertipar Mato Grosso	Rondonópolis	MT
Fertipar Fertilizantes do Maranhão Ltda	São Luís	MA
Fertipar Fertilizantes do Nordeste Ltda	Candeias	BA
	Curitiba	PR
	Dourados	MS
	Canitar	SP
	Mafra	SC
Fertipar Fertilizantes do Paraná Ltda	Paranaguá	PR
	Varginha	MG
	Martins Soares	MG
Fertipar Sudoeste Adubos e Corretivos Agrícolas Ltda	Serra	ES
	Jardinópolis	SP
Ferticentro Indústria de Fertilizantes Ltda	Bebedouro	SP
Ferticitrus Indústria e Comércio Ltda	Araçatuba	SP
	Jales	SP
Fertilizantes Aliança Ltda	Aparecida de Goiânia	GO
Fertilizantes Tocantins Ltda	Porto Nacional	TO
	Itaquí	MA
	Querência	MT

Empresa	Cidade	Estado
Fertilizantes Heringer S/A	Rosário do Catete	SE
	Camaçari	BA
	Pato de Minas	MG
	Uberaba	MG
	Manhuaçu	MG
	Iguatama	MG
	Três Corações	MG
	S.João de Manhuaçu	MG
	Viana	ES
	Cubatão	SP
	Paulínia	SP
	Ourinhos	SP
	Bebedouro	SP
	Paranaguá	PR
	Porto Alegre	RS
	Rio Grande	RS
	Anápolis	GO
	Rio Verde	GO
	Catalão	GO
	Dourados	MS
Rondonópolis	MT	
Fertilizantes Multifétil Indústria e Comércio Ltda	Santa Maria	RS
Fertilizantes Santa Catarina Ltda - Fertisanta	Imbituba	SC
Fertilize Agrícola Ltda	Araucária	PR
	Almir.Tamandaré	PR
FertimanInd.e Com.de Produtos Químicos Ltda	Congonhal	MG
Fertion Indústria de Fertilizantes Ltda	Rio Branco do Sul	PR
Fertiplanta Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Vargem Gra. do Sul	SP
Fertivale Fertilizantes Vale do Tietê Ltda -	Pederneiras	SP
Galvani Indústria, Comércio e Serviços Ltda	Alto Araguaia	MT
	Luis E. Magalhães	BA
	Maruim	SE
	Fortaleza	CE
Granphos Fertilizantes Ltda	Feira de Santana	BA
Herbioeste Herbicidas Ltda	Toledo	PR
Ilsa Brasil Indústria de Fertilizantes Ltda	Portão	RS
Indústria e Comércio de Adubos Brasil Atibaia Ltda	Atibaia	SP

Empresa	Cidade	Estado
Indústria e Comércio de Fertilizantes RifétilLtda	Rio Verde	GO
	Catalão	GO
Indústria Química KimberlitLtda	Olimpia	SP
Josapar Joaquim Oliveira S/A Participações	Pelotas	RN
Koch Fertilizantes do Brasil Ltda	Paranaguá	PR
Limeirense Fertilizantes Ltda	Limeira	SP
Macro & Micro Comércio de Adubos Ltda	Matozinhos	MG
Macrofertil Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Assis	SP
	Caarapó	MS
	Garuva	SC
	Jataí	GO
	Nova Mutum	MT
	Paranaguá	PR
	Ponta Grossa	PR
MCM Química Industrial Ltda	Cesário Lange	SP
Microquímica Indústrias Químicas Ltda	Monte Nor	SP
Mosaic Fertilizantes do Brasil Ltda	Candeias	BA
	Rio Verde	GO
	Alfenas	MG
	Uberaba	MG
	Campo Grande	MS
	Alto Araguaia	MT
	Sorriso	MT
	Cascavel	PR
	Paranaguá	PR
	Passo Fundo	RS
Rio Grande	RS	
Multitécnica Industrial Ltda	Cubatão	SP
	Sete Lagoas	MG
Nativa Fertilizantes Ltda	Candeias	BA
Nitrobrás Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Araucária	PR
Nitrofosfertil Indústria e Comércio Ltda	Araxá	MG
Nutrisafra Fertilizantes Ltda	Mogi das Cruzes	SP
	Cosmópolis	SP
Ourofétil Fertilizantes Ltda	Pelotas	RS
Paranaíba Fertilizantes Indústria e Comércio Ltda	Uberlândia	MG
Paulifertil Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	São Paulo	SP

Empresa	Cidade	Estado
Península International Ltda	Curitiba	PR
	Paranaguá	PR
	Rio Brilhante	MS
	Rondonópolis	MT
Península Norte Fertilizantes	São Luís	MA
Plant Bem Fertilizantes Ltda	Maringá	PR
	Paranaguá	PR
Plantanense Agroindústria Ltda	Paranaguá	PR
Produquímica Indústria e Comércio Ltda	Suzano	SP
Proflora Indústria, Comércio e Representações Ltda	Alfenas	MG
Samaritá Indústria e Comércio Ltda	Artur Nogueira	SP
Sanfertil Santo Antonio Fertilizantes Ltda	Maceió	AL
Seara Indústria Comércio Produtos Agropecuários Ltda	Sertanópolis	PR
		PR
Sipal Indústria e Comércio Ltda	Curitiba	PR
Somafertil S/A	Goiânia	GO
SQM - Vitas Brasil Ltda	Candeias	BA
Stoller do Brasil Ltda Divisão Arbore	Campinas	SP
Sudoeste Agropecus Indústria e Comércio Ltda	Araxá	MG
Sul Goiânia Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Goiatuba	GO
		GO
Terrena Agronegócios Ltda	Patos de Minas	MG
Timac Agro Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Rio Grande	RS
	Candeias	BA
	Santa Luzia	AL
Uby Agroquímica Ltda	Uberaba	MG
Unifertil Universal de Fertilizantes S/A	Canoas	RS
Utilfertil Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda	Itapetininga	SP
	Rio Grande	RS
	São Luís	MA
	Olinda	PE
	Candeias	BA
	Serra	ES
	Uberaba	MG
	Rondonópolis	MT
	S. Antônio de Posse	SP
	Cubatão	SP
Paranaguá	PR	

**APÊNDICE B - Custo de transporte por tonelada (Distância (Km) x R\$/t.Km 0,1091(valor médio))**

Destino	Origem												
	UFN - SE (Laranjeiras/ SE)	UFN - BA (Camaçari/ BA)	UFN - PR (Araucária/ PR)	UFN - III (Três Lagoas/ MS)	UFN - IV (Linhares/ ES)	Itaquí (MA)	Recife (PE)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	Imbituba (SC)	Rio Grande (RS)	Porto Alegre (RS)
Alfenas-MG	210,67	186,56	80,84	79,75	97,75	303,84	258,89	87,72	41,57	81,06	116,74	190,49	156,78
Almirante Tamandaré-PR	277,66	253,66	4,80	83,90	154,81	348,14	329,15	140,41	44,40	11,46	43,97	117,72	84,01
Alto Araguaia-MT	257,59	233,47	140,96	58,80	189,18	260,20	303,19	182,52	129,83	151,43	182,20	229,66	205,33
Aparecida de GoiâniaGO	203,04	179,03	129,39	73,10	150,34	217,98	248,64	150,01	107,03	144,56	180,12	253,88	220,16
Araçatuba-SP	242,75	218,64	71,57	16,26	155,14	288,24	294,46	150,78	66,01	82,15	112,92	173,69	139,98
Araucária-PR	279,84	255,84	0,00	82,37	156,99	347,16	331,55	142,81	46,80	11,78	41,57	115,32	81,61
Araxá-MG	191,47	167,47	106,81	69,28	103,32	271,55	243,29	96,34	69,39	106,92	142,59	216,35	182,63
Artur Nogueira-SP	229,98	205,98	61,42	61,97	120,56	302,43	281,70	105,94	23,89	61,42	97,10	170,85	137,14
Assis-SP	256,28	232,16	49,42	36,11	155,79	300,57	308,10	141,39	56,62	60,11	90,88	151,65	117,94
Atibaia-SP	226,71	202,71	53,90	72,66	108,99	312,90	278,21	94,70	14,40	53,90	89,46	163,32	129,61
Batatais-SP	214,93	190,93	83,35	55,86	115,54	281,91	266,75	108,45	46,04	83,57	119,14	192,89	159,18
Bonfim Paulista-SP	221,04	197,03	78,55	52,26	119,46	283,44	272,75	112,37	41,24	78,77	114,34	188,09	154,38
Caarapó-MS	302,32	278,21	88,70	51,17	218,09	338,10	354,58	204,02	119,25	99,39	130,16	149,03	124,59
Campo Grande-MS	280,93	256,82	108,01	35,57	206,53	308,86	333,08	202,16	117,28	118,59	149,36	177,72	153,29
Campo Limpo-SP	214,16	190,16	90,44	62,84	112,15	318,24	282,02	98,08	9,34	46,04	81,61	155,47	121,76
Canitar-SP	254,86	230,86	44,84	44,62	148,81	304,39	306,46	134,63	49,86	55,53	86,19	147,07	113,35
Canoas-RS	355,34	331,34	81,17	149,25	232,49	437,71	407,27	218,53	122,52	80,30	40,15	35,68	1,94
Cascavel-PR	303,08	279,08	53,57	70,81	205,87	349,67	355,01	192,02	97,75	64,15	94,92	110,63	86,30
Cesário Lange-SP	245,58	221,47	43,97	55,97	124,70	310,50	299,15	110,41	25,64	50,73	81,72	155,58	121,86
Congonhal-MG	213,84	189,83	70,81	77,68	104,41	305,59	265,55	89,79	31,64	71,13	106,70	180,45	146,74
Cosmópolis-SP	231,40	207,29	60,22	62,51	119,46	302,86	283,11	104,85	22,80	60,33	96,01	169,76	136,05
Feira de Santana-BA	34,91	10,80	245,26	217,22	103,32	159,29	86,52	117,61	205,98	245,48	281,04	354,79	321,08
Fortaleza-CE	112,92	127,10	361,45	305,81	220,16	94,59	82,15	234,13	322,28	361,78	397,45	471,20	437,49
Garuva-SC	285,19	261,19	11,13	93,17	162,34	367,56	337,01	148,27	52,26	9,86	30,66	104,41	70,70
Goiânia-GO	201,62	177,61	131,25	72,12	153,61	216,35	247,22	151,87	108,88	146,41	182,09	255,84	222,13
Goiatuba-GO	220,16	196,16	114,56	61,31	142,59	236,20	266,86	140,30	97,32	134,85	170,41	244,27	210,56
Guaxupé-MG	212,31	188,31	77,13	69,06	109,21	295,66	263,80	98,52	39,71	77,24	112,81	186,67	152,96
Ibaté-SP	231,29	207,18	73,21	50,40	132,56	288,90	283,11	118,70	36,44	73,97	109,54	183,29	149,58

Destino	Origem												
	UFN - SE (Laranjeiras/ SE)	UFN - BA (Camaçari/ BA)	UFN - PR (Araucária/ PR)	UFN - III (Três Lagoas/ MS)	UFN - IV (Linhares/ ES)	Itaquí (MA)	Recife (PE)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	Imbituba (SC)	Rio Grande (RS)	Porto Alegre (RS)
Igarapava-SP	205,87	181,87	93,83	57,28	119,36	269,48	257,69	112,37	56,40	93,94	129,50	203,36	169,65
Imbituba-SC	315,74	291,62	41,57	123,61	192,78	398,11	367,56	178,81	82,81	40,69	0,00	74,30	40,59
Itapetininga-SP	250,60	226,60	37,86	60,33	126,77	313,88	301,33	112,48	27,71	44,51	75,61	149,36	115,65
São Luís-MA	168,45	169,87	347,16	288,02	259,77	0,00	169,98	275,04	325,01	362,54	398,11	471,97	438,25
Itumbiara-GO	212,96	188,85	108,88	56,51	136,92	238,60	264,35	129,61	86,63	124,16	159,83	233,58	199,87
Jales-SP	233,47	209,47	83,90	18,77	152,74	277,00	285,73	155,14	72,88	94,37	125,14	185,91	152,19
Jardinópolis-SP	218,53	194,53	81,28	53,24	118,92	280,50	268,71	114,88	45,60	83,13	118,81	192,56	158,85
Joinville-SC	289,33	265,33	15,16	97,21	166,38	371,70	341,16	152,41	56,40	14,18	27,17	100,92	67,21
Jundiá-SP	231,73	207,62	51,39	68,84	114,56	311,26	283,33	100,15	13,86	51,39	87,06	160,81	127,10
Limeira-SP	232,71	208,60	60,99	59,90	121,54	300,24	283,99	107,25	23,67	61,21	96,77	170,52	136,81
Luis Ed. Magalhães-BA	126,01	102,01	210,13	153,29	153,83	155,58	174,01	165,29	172,60	210,13	245,69	319,55	285,84
Maceió-AL	28,48	60,11	307,44	279,51	162,67	169,98	28,37	176,96	268,28	307,77	343,45	417,20	383,49
Mafra-SC	289,88	265,88	11,46	88,15	167,03	352,39	341,16	152,41	56,40	21,38	41,24	97,64	63,93
Maringá-PR	274,06	249,95	45,60	41,79	176,74	320,64	325,88	163,00	78,12	56,30	87,06	139,54	109,65
Martins Soares-MG	159,07	135,07	131,25	139,98	30,77	279,84	210,78	24,11	90,88	131,14	166,81	240,57	206,85
Matozinhos-MG	171,51	147,39	115,54	112,37	67,97	259,77	223,22	60,88	76,15	115,65	151,21	225,07	191,36
Mogi das Cruzes-SP	231,62	207,51	54,77	78,66	106,48	323,05	283,55	92,41	10,70	54,88	90,55	164,30	130,59
Monte Mor-SP	236,20	212,20	57,82	62,62	118,92	306,03	287,81	104,52	21,38	52,59	88,26	162,01	128,30
Nova Mutum-MT	315,74	291,62	211,22	131,14	261,40	271,00	361,12	254,20	201,51	221,25	252,02	280,39	256,06
Olimpia-SP	221,36	197,25	93,83	38,40	131,68	272,42	273,08	126,88	56,62	94,15	129,83	203,58	169,87
Olinda-PE	53,57	85,10	332,32	304,28	187,65	170,63	0,95	202,05	293,15	332,65	368,21	441,96	408,25
Osasco-SP	235,22	211,11	46,26	70,81	110,85	316,83	286,71	96,55	12,22	46,91	82,59	156,34	122,63
Passo Fundo-RS	337,01	313,01	57,28	123,17	214,05	389,92	388,94	200,20	104,19	69,17	53,35	59,79	31,53
Pederneiras-SP	239,26	215,15	59,46	40,59	140,85	296,21	290,75	126,56	44,29	66,88	97,97	161,58	127,87
Pelotas-RS	382,72	358,61	108,55	173,58	259,77	464,98	434,44	245,69	149,79	107,57	67,42	6,46	28,04
Ponta Grossa-PR	283,11	259,00	11,78	70,59	164,41	335,48	334,83	150,23	55,97	22,37	53,13	113,90	80,19
Portão-RS	358,83	334,72	69,61	145,76	235,87	411,20	410,65	221,91	125,90	83,68	43,53	39,06	5,31
Porto Nacional-TO	172,81	148,81	214,60	155,36	200,63	139,54	205,00	211,87	192,34	229,87	265,44	339,19	305,48
Pouso Alegre-MG	212,53	188,42	68,51	79,42	103,10	304,28	264,24	88,48	29,24	68,73	104,30	178,16	144,45
Querência-MT	250,82	226,71	204,67	122,52	232,49	204,45	294,46	232,27	190,93	215,36	246,13	302,53	273,19
Rio Branco do Sul-PR	279,41	255,29	6,50	85,53	156,45	344,54	331,77	142,92	47,68	14,73	47,13	120,99	87,28



Destino	Origem												
	UFN - SE (Laranjeiras/ SE)	UFN - BA (Camaçari/ BA)	UFN - PR (Araucária/ PR)	UFN - III (Três Lagoas/ MS)	UFN - IV (Linhares/ ES)	Itaquí (MA)	Recife (PE)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	Imbituba (SC)	Rio Grande (RS)	Porto Alegre (RS)
Rio Brilhante-MS	294,46	270,46	94,26	43,31	210,34	325,77	346,61	196,05	111,28	104,95	135,72	160,27	135,94
Santa Luzia-AL	27,17	58,80	306,24	278,21	161,36	168,12	27,82	175,65	266,97	306,46	342,14	415,89	382,18
Santa Maria-RS	366,36	342,36	86,63	144,01	243,40	418,83	417,85	229,11	133,10	98,08	70,59	38,29	31,86
St. Antônio de Posse-SP	229,76	205,76	60,11	65,24	119,57	305,59	281,70	105,17	22,58	60,11	95,79	169,54	135,83
São Paulo-SP	233,47	209,36	47,57	72,66	109,10	317,26	284,86	94,70	7,83	47,57	83,24	156,99	123,28
Serra-ES	146,74	121,54	145,65	169,54	11,78	271,44	198,45	2,59	105,17	145,43	181,11	254,86	221,15
Sertanópolis-PR	265,33	241,33	45,93	38,84	164,85	309,63	317,15	150,67	65,90	56,40	87,17	147,94	114,23
Sete Lagoas-MG	168,67	144,67	115,86	112,81	70,48	257,04	220,49	63,50	76,70	116,19	151,76	225,51	191,80
Suzano-SP	232,49	208,38	53,57	77,35	107,35	321,74	284,42	93,28	9,30	53,68	89,24	163,00	129,28
Tapejara-RS	332,65	308,53	54,11	121,76	209,69	388,40	387,41	198,67	102,66	67,75	49,86	65,46	32,08
Toledo-PR	304,28	280,17	58,04	66,11	206,96	350,87	356,21	193,22	102,23	68,73	99,50	114,45	90,01
Ubá-MG	175,43	151,32	111,94	122,96	56,62	289,99	227,26	45,39	71,90	112,26	147,83	221,69	187,98
Uberlândia-MG	198,23	174,23	109,43	54,22	122,30	253,11	249,84	115,10	71,90	109,43	145,10	218,85	185,14
Vargem Grande do Sul- SP	220,38	196,27	70,59	65,02	114,01	299,81	271,88	102,88	33,06	70,59	106,15	180,02	146,30
Rosário do Catete-SE	2,27	34,04	280,71	253,55	136,48	166,92	50,84	150,89	242,20	281,70	317,37	391,12	357,41
Camaçari-BA	32,29	0,00	255,29	228,13	109,97	169,87	84,23	124,16	216,56	256,06	291,62	365,49	331,77
Patos de Minas-MG	175,54	151,87	117,06	78,66	106,37	254,75	227,36	100,15	86,63	124,16	159,83	233,58	199,87
Uberaba-MG	200,31	176,63	90,88	56,84	115,43	264,79	253,22	108,55	60,22	97,75	133,32	207,07	173,36
Manhuaçu-MG	156,67	132,99	128,30	138,01	32,95	277,66	208,60	26,18	87,83	128,08	163,76	237,51	203,80
Iguatama-MG	187,22	163,54	100,59	86,08	89,13	280,50	240,35	83,46	63,39	100,92	136,59	210,34	176,63
Três Corações-MG	201,29	177,72	79,21	89,90	92,30	293,37	253,33	82,04	40,59	80,08	115,76	189,51	155,79
São João de Manhuaçu- MG	154,05	130,37	134,08	137,79	36,44	277,88	208,82	30,00	84,88	125,25	160,81	234,57	200,85
Viana-ES	151,43	126,34	140,08	166,27	16,80	276,57	203,58	2,48	101,14	141,39	177,07	250,82	217,11
Cubatão-SP	238,71	215,15	45,71	80,08	115,32	325,88	290,75	101,24	1,85	46,48	82,15	155,90	122,19
Paulínia-SP	234,46	210,78	57,17	64,59	117,83	304,83	286,39	103,21	20,73	58,26	93,94	167,69	133,97
Ourinhos-SP	253,66	229,98	44,19	43,53	149,25	303,30	306,57	134,74	49,86	54,77	85,43	146,30	112,59
Bebedouro-SP	220,38	196,71	77,90	44,73	128,08	274,93	273,95	121,21	50,84	88,37	123,94	197,69	163,98
Paranaguá-PR	280,06	256,39	11,67	92,63	157,87	351,63	332,10	143,36	47,35	0,00	40,59	114,34	80,62
Porto Alegre-RS	355,67	331,99	73,75	148,38	233,47	438,04	407,49	218,75	122,85	80,62	40,59	34,69	0,00

Destino	Origem												
	UFN - SE (Laranjeiras/ SE)	UFN - BA (Camaçari/ BA)	UFN - PR (Araucária/ PR)	UFN - III (Três Lagoas/ MS)	UFN - IV (Linhares/ ES)	Itaquí (MA)	Recife (PE)	Vitória (ES)	Santos (SP)	Paranaguá (PR)	Imbituba (SC)	Rio Grande (RS)	Porto Alegre (RS)
Rio Grande-RS	389,27	365,70	107,68	180,02	267,19	473,49	442,95	254,20	156,56	34,69	74,30	0,00	34,80
Anápolis-GO	195,62	171,94	141,72	78,44	147,39	212,31	241,55	147,39	114,77	261,51	187,87	261,62	227,91
Rio Verde-GO	226,60	205,11	122,08	47,02	158,63	241,11	272,53	151,87	108,88	227,69	166,92	227,69	193,98
Catalão-GO	202,93	179,25	113,90	66,01	129,83	241,77	254,97	122,96	83,24	229,98	156,45	230,20	196,49
Dourados-MS	301,01	277,33	122,08	48,77	216,13	332,86	352,07	201,62	116,74	154,16	135,39	154,16	129,83
Rondonópolis-MT	273,51	249,84	159,94	81,39	211,87	275,04	325,66	205,00	152,41	231,29	202,93	231,29	206,85
Curitiba-PR	276,35	252,78	3,77	83,03	154,27	349,01	328,28	139,43	43,53	114,34	40,80	114,56	80,84
Recife-PE	52,70	84,44	331,01	303,84	186,89	169,87	0,00	201,18	292,50	441,20	367,56	441,31	407,60
Candeias-BA	33,38	3,31	252,35	225,18	106,59	166,92	85,53	120,88	213,73	362,43	288,79	362,65	328,94
Varginha-MG	203,25	179,58	80,30	86,63	94,26	295,33	255,29	84,01	41,68	190,38	116,85	190,60	156,89
Campinas-SP	232,49	208,93	55,10	64,91	115,86	305,92	284,42	101,24	18,33	165,18	91,53	165,29	131,57
Maruim-SE	1,46	33,28	279,95	252,78	135,61	167,36	51,60	150,12	241,44	390,14	316,50	390,25	356,54
Brasília-DF	179,58	155,90	148,38	94,48	136,59	214,49	225,29	136,48	117,39	264,13	190,49	264,35	230,64
Sorriso-MT	317,92	294,35	226,27	147,72	272,20	254,09	344,10	269,80	218,75	297,62	269,26	297,62	273,19
Jataí-GO	236,31	212,64	126,99	45,17	168,34	251,58	283,01	162,23	113,79	229,76	169,00	229,76	196,05

## APÊNDICE C – Código para o PCT escrito na linguagem do software AMPL.

transp.mod

set ORIG; # origins

set DEST; # destinations

param supply {ORIG} >= 0; # amounts available at origins

param demand {DEST} >= 0; # amounts required at destinations

#check: sum {i in ORIG} supply [i] = sum {j in DEST} demand [j];

param cost {ORIG, DEST} >= 0; # shipment costs per unit

var Trans {ORIG, DEST} >= 0; # units to be shipped

minimize Total\_Cost:

sum {i in ORIG, j in DEST} cost [i,j] \* Trans [i,j];

subject to Supply {i in ORIG}:

sum {j in DEST} Trans [i,j] = supply [i];

subject to Demand {j in DEST}:

sum {i in ORIG} Trans [i,j] = demand [j];

transp1.dat

param: ORIG:                    supply :=                    # defines set "ORIG" and param "supply"

O1                    580000.00

  O2                    375000.00

  O6                    433608.80

  O7                    433608.80

  O8                    433608.80

O9 433608.80  
O910 433608.80  
O911 433608.80  
O912 433608.80  
O913 433608.80;

param: DEST: demand:= # defines "DEST" and "demand"

D1 11058.26  
D12 42368.99  
D13 21184.49  
D14 127106.96  
D15 21184.49  
D16 21184.49  
D17 21184.49  
D18 42368.99  
D19 84737.97  
D910 37578.26  
D911 37578.26  
D912 75156.52  
D913 37578.26  
D914 74887.02  
D915 37443.51  
D916 37443.51  
D917 262104.58  
D918 74887.02  
D919 27387.83  
D920 13693.91  
D921 43969.30  
D922 131907.91  
D923 21984.65  
D924 21984.65  
D925 8863.04  
D926 34535.22

D927	19862.61
D928	19862.61
D929	11344.70
D930	7563.13
D931	84815.22
D932	71079.13
D933	35539.57
D934	89057.11
D935	59371.40
D936	29685.70
D937	29685.70
D938	29685.70
D939	29685.70
D940	29685.70
D941	29685.70
D942	59371.40
D943	29685.70
D944	29685.70
D945	29685.70
D946	29685.70
D947	29685.70
D948	178114.21
D949	29685.70
D950	29685.70
D951	18417.20
D952	18417.20
D953	18417.20
D954	18417.20
D955	18417.20
D956	36834.40
D957	18417.20
D958	55251.60
D959	18417.20
D960	18417.20

D961	18417.20
D962	18417.20
D963	55251.60
D964	18417.20
D965	18417.20
D966	18417.20
D967	18417.20
D968	36834.40
D969	18417.20
D970	18417.20
D971	18417.20
D972	18417.20
D973	18417.20
D974	18417.20
D975	18417.20
D976	55251.60
D977	18417.20
D978	18417.20
D979	55251.60
D980	18417.20
D981	18417.20
D982	18604.11
D983	37208.21
D984	37208.21
D985	74416.43
D986	18604.11
D987	241853.38
D988	18604.11
D989	18604.11
D990	18604.11
D991	18604.11
D992	78762.88
D993	39381.44
D994	39381.44

D995 39381.44  
D996 78762.88  
D997 275670.08  
D998 39381.44  
D999 39381.44  
D9991 35773.37  
D99911 35773.37  
D99912 35773.37  
D99913 35773.37;

param cost:

D1	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D910	D911	D912
D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924
D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936
D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948
D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960
D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972
D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984
D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996
D997	D998	D999	D9991	D99911	D99912	D99913	:=				
O1	179.58	195.62	203.04	202.93	201.62	220.16	212.96	236.31	226.60	302.32	
	280.93	301.01	294.46	257.59	315.74	250.82	273.51	317.92	28.48	27.17	32.29 33.38
	34.91	126.01	112.92	168.45	53.57	52.70	1.46	2.27	172.81	146.74	151.43
	210.67	191.47	213.84	212.31	187.22	156.67	159.07	171.51	175.54	212.53	154.05
	168.67	201.29	175.43	200.31	198.23	203.25	242.75	229.98	256.28	226.71	214.93
	220.38	221.04	232.49	214.16	254.86	245.58	231.40	238.71	231.29	205.87	250.60
	233.47	218.53	231.73	232.71	231.62	236.20	221.36	235.22	253.66	234.46	239.26
	229.76	233.47	232.49	220.38	277.66	279.84	303.08	276.35	274.06	280.06	283.11
	279.41	265.33	304.28	355.34	337.01	382.72	358.83	355.67	389.27	366.36	332.65
	285.19	315.74	289.33	289.88							
O2	155.90	171.94	179.03	179.25	177.61	196.16	188.85	212.64	205.11	278.21	
	256.82	277.33	270.46	233.47	291.62	226.71	249.84	294.35	60.11	58.80	0.00 3.31

10.80 102.01 127.10 169.87 85.10 84.44 33.28 34.04 148.81 121.54 126.34  
 186.56 167.47 189.83 188.31 163.54 132.99 135.07 147.39 151.87 188.42 130.37  
 144.67 177.72 151.32 176.63 174.23 179.58 218.64 205.98 232.16 202.71 190.93  
 196.71 197.03 208.93 190.16 230.86 221.47 207.29 215.15 207.18 181.87 226.60  
 209.47 194.53 207.62 208.60 207.51 212.20 197.25 211.11 229.98 210.78 215.15  
 205.76 209.36 208.38 196.27 253.66 255.84 279.08 252.78 249.95 256.39 259.00  
 255.29 241.33 280.17 331.34 313.01 358.61 334.72 331.99 365.70 342.36 308.53  
 261.19 291.62 265.33 265.88  
 O6 214.49 212.31 217.98 241.77 216.35 236.20 238.60 251.58 241.11 338.10  
 308.86 332.86 325.77 260.20 271.00 204.45 275.04 254.09 169.98 168.12 169.87  
 166.92 159.29 155.58 94.59 0.00 170.63 169.87 167.36 166.92 139.54 271.44  
 276.57 303.84 271.55 305.59 295.66 280.50 277.66 279.84 259.77 254.75 304.28  
 277.88 257.04 293.37 289.99 264.79 253.11 295.33 288.24 302.43 300.57 312.90  
 281.91 274.93 283.44 305.92 318.24 304.39 310.50 302.86 325.88 288.90 269.48  
 313.88 277.00 280.50 311.26 300.24 323.05 306.03 272.42 316.83 303.30 304.83  
 296.21 305.59 317.26 321.74 299.81 348.14 347.16 349.67 349.01 320.64 351.63  
 335.48 344.54 309.63 350.87 437.71 389.92 464.98 411.20 438.04 473.49 418.83  
 388.40 367.56 398.11 371.70 352.39  
 O7 225.29 241.55 248.64 254.97 247.22 266.86 264.35 283.01 272.53 354.58  
 333.08 352.07 346.61 303.19 361.12 294.46 325.66 344.10 28.37 27.82 84.23 85.53  
 86.52 174.01 82.15 169.98 0.95 0.00 51.60 50.84 205.00 198.45 203.58  
 258.89 243.29 265.55 263.80 240.35 208.60 210.78 223.22 227.36 264.24 208.82  
 220.49 253.33 227.26 253.22 249.84 255.29 294.46 281.70 308.10 278.21 266.75  
 273.95 272.75 284.42 282.02 306.46 299.15 283.11 290.75 283.11 257.69 301.33  
 285.73 268.71 283.33 283.99 283.55 287.81 273.08 286.71 306.57 286.39 290.75  
 281.70 284.86 284.42 271.88 329.15 331.55 355.01 328.28 325.88 332.10 334.83  
 331.77 317.15 356.21 407.27 388.94 434.44 410.65 407.49 442.95 417.85 387.41  
 337.01 367.56 341.16 341.16  
 O8 136.48 147.39 150.01 122.96 151.87 140.30 129.61 162.23 151.87 204.02  
 202.16 201.62 196.05 182.52 254.20 232.27 205.00 269.80 176.96 175.65 124.16  
 120.88 117.61 165.29 234.13 275.04 202.05 201.18 150.12 150.89 211.87 2.59 2.48  
 87.72 96.34 89.79 98.52 83.46 26.18 24.11 60.88 100.15 88.48 30.00 63.50  
 82.04 45.39 108.55 115.10 84.01 150.78 105.94 141.39 94.70 108.45 121.21  
 112.37 101.24 98.08 134.63 110.41 104.85 101.24 118.70 112.37 112.48 155.14



114.88 100.15 107.25 92.41 104.52 126.88 96.55 134.74 103.21 126.56 105.17 94.70  
 93.28 102.88 140.41 142.81 192.02 139.43 163.00 143.36 150.23 142.92 150.67  
 193.22 218.53 200.20 245.69 221.91 218.75 254.20 229.11 198.67 148.27 178.81  
 152.41 152.41  
 O9 117.39 114.77 107.03 83.24 108.88 97.32 86.63 113.79 108.88 119.25  
 117.28 116.74 111.28 129.83 201.51 190.93 152.41 218.75 268.28 266.97 216.56  
 213.73 205.98 172.60 322.28 325.01 293.15 292.50 241.44 242.20 192.34 105.17  
 101.14 41.57 69.39 31.64 39.71 63.39 87.83 90.88 76.15 86.63 29.24 84.88  
 76.70 40.59 71.90 60.22 71.90 41.68 66.01 23.89 56.62 14.40 46.04 50.84  
 41.24 18.33 9.34 49.86 25.64 22.80 1.85 36.44 56.40 27.71 72.88 45.60  
 13.86 23.67 10.70 21.38 56.62 12.22 49.86 20.73 44.29 22.58 7.83 9.30  
 33.06 44.40 46.80 97.75 43.53 78.12 47.35 55.97 47.68 65.90 102.23  
 122.52 104.19 149.79 125.90 122.85 156.56 133.10 102.66 52.26 82.81 56.40 56.40  
 O910 264.13 261.51 144.56 229.98 146.41 134.85 124.16 229.76 227.69 99.39  
 118.59 154.16 104.95 151.43 221.25 215.36 231.29 297.62 307.77 306.46 256.06  
 362.43 245.48 210.13 361.78 362.54 332.65 441.20 390.14 281.70 229.87 145.43  
 141.39 81.06 106.92 71.13 77.24 100.92 128.08 131.14 115.65 124.16 68.73  
 125.25 116.19 80.08 112.26 97.75 109.43 190.38 82.15 61.42 60.11 53.90 83.57  
 88.37 78.77 165.18 46.04 55.53 50.73 60.33 46.48 73.97 93.94 44.51 94.37  
 83.13 51.39 61.21 54.88 52.59 94.15 46.91 54.77 58.26 66.88 60.11 47.57  
 53.68 70.59 11.46 11.78 64.15 114.34 56.30 0.00 22.37 14.73 56.40 68.73  
 80.30 69.17 107.57 83.68 80.62 34.69 98.08 67.75 9.86 40.69 14.18 21.38  
 O911 190.49 187.87 180.12 156.45 182.09 170.41 159.83 169.00 166.92 130.16  
 149.36 135.39 135.72 182.20 252.02 246.13 202.93 269.26 343.45 342.14 291.62  
 288.79 281.04 245.69 397.45 398.11 368.21 367.56 316.50 317.37 265.44 181.11  
 177.07 116.74 142.59 106.70 112.81 136.59 163.76 166.81 151.21 159.83 104.30  
 160.81 151.76 115.76 147.83 133.32 145.10 116.85 112.92 97.10 90.88 89.46  
 119.14 123.94 114.34 91.53 81.61 86.19 81.72 96.01 82.15 109.54 129.50 75.61  
 125.14 118.81 87.06 96.77 90.55 88.26 129.83 82.59 85.43 93.94 97.97 95.79  
 83.24 89.24 106.15 43.97 41.57 94.92 40.80 87.06 40.59 53.13 47.13 87.17  
 99.50 40.15 53.35 67.42 43.53 40.59 74.30 70.59 49.86 30.66 0.00 27.17  
 41.24  
 O912 264.35 261.62 253.88 230.20 255.84 244.27 233.58 229.76 227.69 149.03  
 177.72 154.16 160.27 229.66 280.39 302.53 231.29 297.62 417.20 415.89 365.49

362.65 354.79 319.55 471.20 471.97 441.96 441.31 390.25 391.12 339.19 254.86  
 250.82 190.49 216.35 180.45 186.67 210.34 237.51 240.57 225.07 233.58 178.16  
 234.57 225.51 189.51 221.69 207.07 218.85 190.60 173.69 170.85 151.65 163.32  
 192.89 197.69 188.09 165.29 155.47 147.07 155.58 169.76 155.90 183.29 203.36  
 149.36 185.91 192.56 160.81 170.52 164.30 162.01 203.58 156.34 146.30 167.69  
 161.58 169.54 156.99 163.00 180.02 117.72 115.32 110.63 114.56 139.54 114.34  
 113.90 120.99 147.94 114.45 35.68 59.79 6.46 39.06 34.69 0.00 38.29 65.46  
 104.41 74.30 100.92 97.64  
 O913 230.64 227.91 220.16 196.49 222.13 210.56 199.87 196.05 193.98 124.59  
 153.29 129.83 135.94 205.33 256.06 273.19 206.85 273.19 383.49 382.18 331.77  
 328.94 321.08 285.84 437.49 438.25 408.25 407.60 356.54 357.41 305.48 221.15  
 217.11 156.78 182.63 146.74 152.96 176.63 203.80 206.85 191.36 199.87 144.45  
 200.85 191.80 155.79 187.98 173.36 185.14 156.89 139.98 137.14 117.94 129.61  
 159.18 163.98 154.38 131.57 121.76 113.35 121.86 136.05 122.19 149.58 169.65  
 115.65 152.19 158.85 127.10 136.81 130.59 128.30 169.87 122.63 112.59 133.97  
 127.87 135.83 123.28 129.28 146.30 84.01 81.61 86.30 80.84 109.65 80.62 80.19  
 87.28 114.23 90.01 1.94 31.53 28.04 5.31 0.00 34.80 31.86 32.08 70.70  
 40.59 67.21 63.93;

Transp2.dat

```

param: ORIG:          supply :=          # defines set "ORIG" and param "supply"
  O1          580000.00
  O2          375000.00
  O3          420000.00
  O6          381108.80
  O7          381108.80
  O8          381108.80
  O9          381108.80
  O910        381108.80
  O911        381108.80
  O912        381108.80
O913 381108.80;
  
```

```
param: DEST:      demand:=      # defines "DEST" and "demand"
D1   11058.26
D12  42368.99
D13  21184.49
D14  127106.96
D15  21184.49
D16  21184.49
D17  21184.49
D18  42368.99
D19  84737.97
D910 37578.26
D911 37578.26
D912 75156.52
D913 37578.26
D914 74887.02
D915 37443.51
D916 37443.51
D917 262104.58
D918 74887.02
D919 27387.83
D920 13693.91
D921 43969.30
D922 131907.91
D923 21984.65
D924 21984.65
D925 8863.04
D926 34535.22
D927 19862.61
D928 19862.61
D929 11344.70
D930 7563.13
D931 84815.22
D932 71079.13
D933 35539.57
```

D934	89057.11
D935	59371.40
D936	29685.70
D937	29685.70
D938	29685.70
D939	29685.70
D940	29685.70
D941	29685.70
D942	59371.40
D943	29685.70
D944	29685.70
D945	29685.70
D946	29685.70
D947	29685.70
D948	178114.21
D949	29685.70
D950	29685.70
D951	18417.20
D952	18417.20
D953	18417.20
D954	18417.20
D955	18417.20
D956	36834.40
D957	18417.20
D958	55251.60
D959	18417.20
D960	18417.20
D961	18417.20
D962	18417.20
D963	55251.60
D964	18417.20
D965	18417.20
D966	18417.20
D967	18417.20

D968	36834.40
D969	18417.20
D970	18417.20
D971	18417.20
D972	18417.20
D973	18417.20
D974	18417.20
D975	18417.20
D976	55251.60
D977	18417.20
D978	18417.20
D979	55251.60
D980	18417.20
D981	18417.20
D982	18604.11
D983	37208.21
D984	37208.21
D985	74416.43
D986	18604.11
D987	241853.38
D988	18604.11
D989	18604.11
D990	18604.11
D991	18604.11
D992	78762.88
D993	39381.44
D994	39381.44
D995	39381.44
D996	78762.88
D997	275670.08
D998	39381.44
D999	39381.44
D9991	35773.37
D99911	35773.37

D99912 35773.37

D99913 35773.37;

param cost:

D1	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D910	D911	D912
D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924
D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936
D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948
D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960
D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972
D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984
D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996
D997	D998	D999	D9991	D99911	D99912	D99913	:=				
O1	179.58	195.62	203.04	202.93	201.62	220.16	212.96	236.31	226.60	302.32	
	280.93	301.01	294.46	257.59	315.74	250.82	273.51	317.92	28.48	27.17	32.29
	34.91	126.01	112.92	168.45	53.57	52.70	1.46	2.27	172.81	146.74	151.43
	210.67	191.47	213.84	212.31	187.22	156.67	159.07	171.51	175.54	212.53	154.05
	168.67	201.29	175.43	200.31	198.23	203.25	242.75	229.98	256.28	226.71	214.93
	220.38	221.04	232.49	214.16	254.86	245.58	231.40	238.71	231.29	205.87	250.60
	233.47	218.53	231.73	232.71	231.62	236.20	221.36	235.22	253.66	234.46	239.26
	229.76	233.47	232.49	220.38	277.66	279.84	303.08	276.35	274.06	280.06	283.11
	279.41	265.33	304.28	355.34	337.01	382.72	358.83	355.67	389.27	366.36	332.65
	285.19	315.74	289.33	289.88							
O2	155.90	171.94	179.03	179.25	177.61	196.16	188.85	212.64	205.11	278.21	
	256.82	277.33	270.46	233.47	291.62	226.71	249.84	294.35	60.11	58.80	3.31
	10.80	102.01	127.10	169.87	85.10	84.44	33.28	34.04	148.81	121.54	126.34
	186.56	167.47	189.83	188.31	163.54	132.99	135.07	147.39	151.87	188.42	130.37
	144.67	177.72	151.32	176.63	174.23	179.58	218.64	205.98	232.16	202.71	190.93
	196.71	197.03	208.93	190.16	230.86	221.47	207.29	215.15	207.18	181.87	226.60
	209.47	194.53	207.62	208.60	207.51	212.20	197.25	211.11	229.98	210.78	215.15
	205.76	209.36	208.38	196.27	253.66	255.84	279.08	252.78	249.95	256.39	259.00

255.29 241.33 280.17 331.34 313.01 358.61 334.72 331.99 365.70 342.36 308.53  
 261.19 291.62 265.33 265.88  
 O3 148.38 141.72 129.39 113.90 131.25 114.56 108.88 126.99 122.08 88.70  
 108.01 122.08 94.26 140.96 211.22 204.67 159.94 226.27 307.44 306.24 255.29  
 252.35 245.26 210.13 361.45 347.16 332.32 331.01 279.95 280.71 214.60 145.65  
 140.08 80.84 106.81 70.81 77.13 100.59 128.30 131.25 115.54 117.06 68.51  
 134.08 115.86 79.21 111.94 90.88 109.43 80.30 71.57 61.42 49.42 53.90 83.35  
 77.90 78.55 55.10 90.44 44.84 43.97 60.22 45.71 73.21 93.83 37.86 83.90  
 81.28 51.39 60.99 54.77 57.82 93.83 46.26 44.19 57.17 59.46 60.11 47.57  
 53.57 70.59 4.80 0.00 53.57 3.77 45.60 11.67 11.78 6.50 45.93 58.04  
 81.17 57.28 108.55 69.61 73.75 107.68 86.63 54.11 11.13 41.57 15.16 11.46  
 O6 214.49 212.31 217.98 241.77 216.35 236.20 238.60 251.58 241.11 338.10  
 308.86 332.86 325.77 260.20 271.00 204.45 275.04 254.09 169.98 168.12 169.87  
 166.92 159.29 155.58 94.59 0.00 170.63 169.87 167.36 166.92 139.54 271.44  
 276.57 303.84 271.55 305.59 295.66 280.50 277.66 279.84 259.77 254.75 304.28  
 277.88 257.04 293.37 289.99 264.79 253.11 295.33 288.24 302.43 300.57 312.90  
 281.91 274.93 283.44 305.92 318.24 304.39 310.50 302.86 325.88 288.90 269.48  
 313.88 277.00 280.50 311.26 300.24 323.05 306.03 272.42 316.83 303.30 304.83  
 296.21 305.59 317.26 321.74 299.81 348.14 347.16 349.67 349.01 320.64 351.63  
 335.48 344.54 309.63 350.87 437.71 389.92 464.98 411.20 438.04 473.49 418.83  
 388.40 367.56 398.11 371.70 352.39  
 O7 225.29 241.55 248.64 254.97 247.22 266.86 264.35 283.01 272.53 354.58  
 333.08 352.07 346.61 303.19 361.12 294.46 325.66 344.10 28.37 27.82 84.23 85.53  
 86.52 174.01 82.15 169.98 0.95 0.00 51.60 50.84 205.00 198.45 203.58  
 258.89 243.29 265.55 263.80 240.35 208.60 210.78 223.22 227.36 264.24 208.82  
 220.49 253.33 227.26 253.22 249.84 255.29 294.46 281.70 308.10 278.21 266.75  
 273.95 272.75 284.42 282.02 306.46 299.15 283.11 290.75 283.11 257.69 301.33  
 285.73 268.71 283.33 283.99 283.55 287.81 273.08 286.71 306.57 286.39 290.75  
 281.70 284.86 284.42 271.88 329.15 331.55 355.01 328.28 325.88 332.10 334.83  
 331.77 317.15 356.21 407.27 388.94 434.44 410.65 407.49 442.95 417.85 387.41  
 337.01 367.56 341.16 341.16  
 O8 136.48 147.39 150.01 122.96 151.87 140.30 129.61 162.23 151.87 204.02  
 202.16 201.62 196.05 182.52 254.20 232.27 205.00 269.80 176.96 175.65 124.16  
 120.88 117.61 165.29 234.13 275.04 202.05 201.18 150.12 150.89 211.87 2.59 2.48

87.72	96.34	89.79	98.52	83.46	26.18	24.11	60.88	100.15	88.48	30.00	63.50
82.04	45.39	108.55	115.10	84.01	150.78	105.94	141.39	94.70	108.45	121.21	
112.37	101.24	98.08	134.63	110.41	104.85	101.24	118.70	112.37	112.48	155.14	
114.88	100.15	107.25	92.41	104.52	126.88	96.55	134.74	103.21	126.56	105.17	94.70
93.28	102.88	140.41	142.81	192.02	139.43	163.00	143.36	150.23	142.92	150.67	
193.22	218.53	200.20	245.69	221.91	218.75	254.20	229.11	198.67	148.27	178.81	
152.41	152.41										
O9	117.39	114.77	107.03	83.24	108.88	97.32	86.63	113.79	108.88	119.25	
117.28	116.74	111.28	129.83	201.51	190.93	152.41	218.75	268.28	266.97	216.56	
213.73	205.98	172.60	322.28	325.01	293.15	292.50	241.44	242.20	192.34	105.17	
101.14	41.57	69.39	31.64	39.71	63.39	87.83	90.88	76.15	86.63	29.24	84.88
76.70	40.59	71.90	60.22	71.90	41.68	66.01	23.89	56.62	14.40	46.04	50.84
41.24	18.33	9.34	49.86	25.64	22.80	1.85	36.44	56.40	27.71	72.88	45.60
13.86	23.67	10.70	21.38	56.62	12.22	49.86	20.73	44.29	22.58	7.83	9.30
33.06	44.40	46.80	97.75	43.53	78.12	47.35	55.97	47.68	65.90	102.23	
122.52	104.19	149.79	125.90	122.85	156.56	133.10	102.66	52.26	82.81	56.40	56.40
O910	264.13	261.51	144.56	229.98	146.41	134.85	124.16	229.76	227.69	99.39	
118.59	154.16	104.95	151.43	221.25	215.36	231.29	297.62	307.77	306.46	256.06	
362.43	245.48	210.13	361.78	362.54	332.65	441.20	390.14	281.70	229.87	145.43	
141.39	81.06	106.92	71.13	77.24	100.92	128.08	131.14	115.65	124.16	68.73	
125.25	116.19	80.08	112.26	97.75	109.43	190.38	82.15	61.42	60.11	53.90	83.57
88.37	78.77	165.18	46.04	55.53	50.73	60.33	46.48	73.97	93.94	44.51	94.37
83.13	51.39	61.21	54.88	52.59	94.15	46.91	54.77	58.26	66.88	60.11	47.57
53.68	70.59	11.46	11.78	64.15	114.34	56.30	0.00	22.37	14.73	56.40	68.73
80.30	69.17	107.57	83.68	80.62	34.69	98.08	67.75	9.86	40.69	14.18	21.38
O911	190.49	187.87	180.12	156.45	182.09	170.41	159.83	169.00	166.92	130.16	
149.36	135.39	135.72	182.20	252.02	246.13	202.93	269.26	343.45	342.14	291.62	
288.79	281.04	245.69	397.45	398.11	368.21	367.56	316.50	317.37	265.44	181.11	
177.07	116.74	142.59	106.70	112.81	136.59	163.76	166.81	151.21	159.83	104.30	
160.81	151.76	115.76	147.83	133.32	145.10	116.85	112.92	97.10	90.88	89.46	
119.14	123.94	114.34	91.53	81.61	86.19	81.72	96.01	82.15	109.54	129.50	75.61
125.14	118.81	87.06	96.77	90.55	88.26	129.83	82.59	85.43	93.94	97.97	95.79
83.24	89.24	106.15	43.97	41.57	94.92	40.80	87.06	40.59	53.13	47.13	87.17



99.50 40.15 53.35 67.42 43.53 40.59 74.30 70.59 49.86 30.66 0.00 27.17  
 41.24  
 O912 264.35 261.62 253.88 230.20 255.84 244.27 233.58 229.76 227.69 149.03  
 177.72 154.16 160.27 229.66 280.39 302.53 231.29 297.62 417.20 415.89 365.49  
 362.65 354.79 319.55 471.20 471.97 441.96 441.31 390.25 391.12 339.19 254.86  
 250.82 190.49 216.35 180.45 186.67 210.34 237.51 240.57 225.07 233.58 178.16  
 234.57 225.51 189.51 221.69 207.07 218.85 190.60 173.69 170.85 151.65 163.32  
 192.89 197.69 188.09 165.29 155.47 147.07 155.58 169.76 155.90 183.29 203.36  
 149.36 185.91 192.56 160.81 170.52 164.30 162.01 203.58 156.34 146.30 167.69  
 161.58 169.54 156.99 163.00 180.02 117.72 115.32 110.63 114.56 139.54 114.34  
 113.90 120.99 147.94 114.45 35.68 59.79 6.46 39.06 34.69 0.00 38.29 65.46  
 104.41 74.30 100.92 97.64  
 O913 230.64 227.91 220.16 196.49 222.13 210.56 199.87 196.05 193.98 124.59  
 153.29 129.83 135.94 205.33 256.06 273.19 206.85 273.19 383.49 382.18 331.77  
 328.94 321.08 285.84 437.49 438.25 408.25 407.60 356.54 357.41 305.48 221.15  
 217.11 156.78 182.63 146.74 152.96 176.63 203.80 206.85 191.36 199.87 144.45  
 200.85 191.80 155.79 187.98 173.36 185.14 156.89 139.98 137.14 117.94 129.61  
 159.18 163.98 154.38 131.57 121.76 113.35 121.86 136.05 122.19 149.58 169.65  
 115.65 152.19 158.85 127.10 136.81 130.59 128.30 169.87 122.63 112.59 133.97  
 127.87 135.83 123.28 129.28 146.30 84.01 81.61 86.30 80.84 109.65 80.62 80.19  
 87.28 114.23 90.01 1.94 31.53 28.04 5.31 0.00 34.80 31.86 32.08 70.70  
 40.59 67.21 63.93;

transp3.dat

```

param: ORIG:          supply :=          # defines set "ORIG" and param "supply"
O1                580000.00
  O2                375000.00
  O3                420000.00
  O4                927000.00
  O6                265233.80
  O7                265233.80
  O8                265233.80
  O9                265233.80
  O910             265233.80
  
```

O911 265233.80  
O912 265233.80  
O913 265233.80;

param: DEST: demand:= # defines "DEST" and "demand"

D1 11058.26  
D12 42368.99  
D13 21184.49  
D14 127106.96  
D15 21184.49  
D16 21184.49  
D17 21184.49  
D18 42368.99  
D19 84737.97  
D910 37578.26  
D911 37578.26  
D912 75156.52  
D913 37578.26  
D914 74887.02  
D915 37443.51  
D916 37443.51  
D917 262104.58  
D918 74887.02  
D919 27387.83  
D920 13693.91  
D921 43969.30  
D922 131907.91  
D923 21984.65  
D924 21984.65  
D925 8863.04  
D926 34535.22  
D927 19862.61  
D928 19862.61

D929	11344.70
D930	7563.13
D931	84815.22
D932	71079.13
D933	35539.57
D934	89057.11
D935	59371.40
D936	29685.70
D937	29685.70
D938	29685.70
D939	29685.70
D940	29685.70
D941	29685.70
D942	59371.40
D943	29685.70
D944	29685.70
D945	29685.70
D946	29685.70
D947	29685.70
D948	178114.21
D949	29685.70
D950	29685.70
D951	18417.20
D952	18417.20
D953	18417.20
D954	18417.20
D955	18417.20
D956	36834.40
D957	18417.20
D958	55251.60
D959	18417.20
D960	18417.20
D961	18417.20
D962	18417.20

D963	55251.60
D964	18417.20
D965	18417.20
D966	18417.20
D967	18417.20
D968	36834.40
D969	18417.20
D970	18417.20
D971	18417.20
D972	18417.20
D973	18417.20
D974	18417.20
D975	18417.20
D976	55251.60
D977	18417.20
D978	18417.20
D979	55251.60
D980	18417.20
D981	18417.20
D982	18604.11
D983	37208.21
D984	37208.21
D985	74416.43
D986	18604.11
D987	241853.38
D988	18604.11
D989	18604.11
D990	18604.11
D991	18604.11
D992	78762.88
D993	39381.44
D994	39381.44
D995	39381.44
D996	78762.88

D997 275670.08  
D998 39381.44  
D999 39381.44  
D9991 35773.37  
D99911 35773.37  
D99912 35773.37  
D99913 35773.37;

param cost:

D1	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D910	D911	D912
D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924
D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936
D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948
D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960
D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972
D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984
D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996
D997	D998	D999	D9991	D99911	D99912	D99913	:=				
O1	179.58	195.62	203.04	202.93	201.62	220.16	212.96	236.31	226.60	302.32	
	280.93	301.01	294.46	257.59	315.74	250.82	273.51	317.92	28.48	27.17	32.29
	34.91	126.01	112.92	168.45	53.57	52.70	1.46	2.27	172.81	146.74	151.43
	210.67	191.47	213.84	212.31	187.22	156.67	159.07	171.51	175.54	212.53	154.05
	168.67	201.29	175.43	200.31	198.23	203.25	242.75	229.98	256.28	226.71	214.93
	220.38	221.04	232.49	214.16	254.86	245.58	231.40	238.71	231.29	205.87	250.60
	233.47	218.53	231.73	232.71	231.62	236.20	221.36	235.22	253.66	234.46	239.26
	229.76	233.47	232.49	220.38	277.66	279.84	303.08	276.35	274.06	280.06	283.11
	279.41	265.33	304.28	355.34	337.01	382.72	358.83	355.67	389.27	366.36	332.65
	285.19	315.74	289.33	289.88							
O2	155.90	171.94	179.03	179.25	177.61	196.16	188.85	212.64	205.11	278.21	
	256.82	277.33	270.46	233.47	291.62	226.71	249.84	294.35	60.11	58.80	0.00
	10.80	102.01	127.10	169.87	85.10	84.44	33.28	34.04	148.81	121.54	126.34
	186.56	167.47	189.83	188.31	163.54	132.99	135.07	147.39	151.87	188.42	130.37

144.67 177.72 151.32 176.63 174.23 179.58 218.64 205.98 232.16 202.71 190.93  
 196.71 197.03 208.93 190.16 230.86 221.47 207.29 215.15 207.18 181.87 226.60  
 209.47 194.53 207.62 208.60 207.51 212.20 197.25 211.11 229.98 210.78 215.15  
 205.76 209.36 208.38 196.27 253.66 255.84 279.08 252.78 249.95 256.39 259.00  
 255.29 241.33 280.17 331.34 313.01 358.61 334.72 331.99 365.70 342.36 308.53  
 261.19 291.62 265.33 265.88  
 O3 148.38 141.72 129.39 113.90 131.25 114.56 108.88 126.99 122.08 88.70  
 108.01 122.08 94.26 140.96 211.22 204.67 159.94 226.27 307.44 306.24 255.29  
 252.35 245.26 210.13 361.45 347.16 332.32 331.01 279.95 280.71 214.60 145.65  
 140.08 80.84 106.81 70.81 77.13 100.59 128.30 131.25 115.54 117.06 68.51  
 134.08 115.86 79.21 111.94 90.88 109.43 80.30 71.57 61.42 49.42 53.90 83.35  
 77.90 78.55 55.10 90.44 44.84 43.97 60.22 45.71 73.21 93.83 37.86 83.90  
 81.28 51.39 60.99 54.77 57.82 93.83 46.26 44.19 57.17 59.46 60.11 47.57  
 53.57 70.59 4.80 0.00 53.57 3.77 45.60 11.67 11.78 6.50 45.93 58.04  
 81.17 57.28 108.55 69.61 73.75 107.68 86.63 54.11 11.13 41.57 15.16 11.46  
 O4 94.48 78.44 73.10 66.01 72.12 61.31 56.51 45.17 47.02 51.17 35.57  
 48.77 43.31 58.80 131.14 122.52 81.39 147.72 279.51 278.21 228.13 225.18  
 217.22 153.29 305.81 288.02 304.28 303.84 252.78 253.55 155.36 169.54 166.27 79.75  
 69.28 77.68 69.06 86.08 138.01 139.98 112.37 78.66 79.42 137.79 112.81 89.90  
 122.96 56.84 54.22 86.63 16.26 61.97 36.11 72.66 55.86 44.73 52.26 64.91  
 62.84 44.62 55.97 62.51 80.08 50.40 57.28 60.33 18.77 53.24 68.84 59.90  
 78.66 62.62 38.40 70.81 43.53 64.59 40.59 65.24 72.66 77.35 65.02 83.90  
 82.37 70.81 83.03 41.79 92.63 70.59 85.53 38.84 66.11 149.25 123.17  
 173.58 145.76 148.38 180.02 144.01 121.76 93.17 123.61 97.21 88.15  
 O6 214.49 212.31 217.98 241.77 216.35 236.20 238.60 251.58 241.11 338.10  
 308.86 332.86 325.77 260.20 271.00 204.45 275.04 254.09 169.98 168.12 169.87  
 166.92 159.29 155.58 94.59 0.00 170.63 169.87 167.36 166.92 139.54 271.44  
 276.57 303.84 271.55 305.59 295.66 280.50 277.66 279.84 259.77 254.75 304.28  
 277.88 257.04 293.37 289.99 264.79 253.11 295.33 288.24 302.43 300.57 312.90  
 281.91 274.93 283.44 305.92 318.24 304.39 310.50 302.86 325.88 288.90 269.48  
 313.88 277.00 280.50 311.26 300.24 323.05 306.03 272.42 316.83 303.30 304.83  
 296.21 305.59 317.26 321.74 299.81 348.14 347.16 349.67 349.01 320.64 351.63  
 335.48 344.54 309.63 350.87 437.71 389.92 464.98 411.20 438.04 473.49 418.83  
 388.40 367.56 398.11 371.70 352.39

O7 225.29 241.55 248.64 254.97 247.22 266.86 264.35 283.01 272.53 354.58  
 333.08 352.07 346.61 303.19 361.12 294.46 325.66 344.10 28.37 27.82 84.23 85.53  
 86.52 174.01 82.15 169.98 0.95 0.00 51.60 50.84 205.00 198.45 203.58  
 258.89 243.29 265.55 263.80 240.35 208.60 210.78 223.22 227.36 264.24 208.82  
 220.49 253.33 227.26 253.22 249.84 255.29 294.46 281.70 308.10 278.21 266.75  
 273.95 272.75 284.42 282.02 306.46 299.15 283.11 290.75 283.11 257.69 301.33  
 285.73 268.71 283.33 283.99 283.55 287.81 273.08 286.71 306.57 286.39 290.75  
 281.70 284.86 284.42 271.88 329.15 331.55 355.01 328.28 325.88 332.10 334.83  
 331.77 317.15 356.21 407.27 388.94 434.44 410.65 407.49 442.95 417.85 387.41  
 337.01 367.56 341.16 341.16  
 O8 136.48 147.39 150.01 122.96 151.87 140.30 129.61 162.23 151.87 204.02  
 202.16 201.62 196.05 182.52 254.20 232.27 205.00 269.80 176.96 175.65 124.16  
 120.88 117.61 165.29 234.13 275.04 202.05 201.18 150.12 150.89 211.87 2.59 2.48  
 87.72 96.34 89.79 98.52 83.46 26.18 24.11 60.88 100.15 88.48 30.00 63.50  
 82.04 45.39 108.55 115.10 84.01 150.78 105.94 141.39 94.70 108.45 121.21  
 112.37 101.24 98.08 134.63 110.41 104.85 101.24 118.70 112.37 112.48 155.14  
 114.88 100.15 107.25 92.41 104.52 126.88 96.55 134.74 103.21 126.56 105.17 94.70  
 93.28 102.88 140.41 142.81 192.02 139.43 163.00 143.36 150.23 142.92 150.67  
 193.22 218.53 200.20 245.69 221.91 218.75 254.20 229.11 198.67 148.27 178.81  
 152.41 152.41  
 O9 117.39 114.77 107.03 83.24 108.88 97.32 86.63 113.79 108.88 119.25  
 117.28 116.74 111.28 129.83 201.51 190.93 152.41 218.75 268.28 266.97 216.56  
 213.73 205.98 172.60 322.28 325.01 293.15 292.50 241.44 242.20 192.34 105.17  
 101.14 41.57 69.39 31.64 39.71 63.39 87.83 90.88 76.15 86.63 29.24 84.88  
 76.70 40.59 71.90 60.22 71.90 41.68 66.01 23.89 56.62 14.40 46.04 50.84  
 41.24 18.33 9.34 49.86 25.64 22.80 1.85 36.44 56.40 27.71 72.88 45.60  
 13.86 23.67 10.70 21.38 56.62 12.22 49.86 20.73 44.29 22.58 7.83 9.30  
 33.06 44.40 46.80 97.75 43.53 78.12 47.35 55.97 47.68 65.90 102.23  
 122.52 104.19 149.79 125.90 122.85 156.56 133.10 102.66 52.26 82.81 56.40 56.40  
 O910 264.13 261.51 144.56 229.98 146.41 134.85 124.16 229.76 227.69 99.39  
 118.59 154.16 104.95 151.43 221.25 215.36 231.29 297.62 307.77 306.46 256.06  
 362.43 245.48 210.13 361.78 362.54 332.65 441.20 390.14 281.70 229.87 145.43  
 141.39 81.06 106.92 71.13 77.24 100.92 128.08 131.14 115.65 124.16 68.73  
 125.25 116.19 80.08 112.26 97.75 109.43 190.38 82.15 61.42 60.11 53.90 83.57

88.37 78.77 165.18 46.04 55.53 50.73 60.33 46.48 73.97 93.94 44.51 94.37  
 83.13 51.39 61.21 54.88 52.59 94.15 46.91 54.77 58.26 66.88 60.11 47.57  
 53.68 70.59 11.46 11.78 64.15 114.34 56.30 0.00 22.37 14.73 56.40 68.73  
 80.30 69.17 107.57 83.68 80.62 34.69 98.08 67.75 9.86 40.69 14.18 21.38  
 O911 190.49 187.87 180.12 156.45 182.09 170.41 159.83 169.00 166.92 130.16  
 149.36 135.39 135.72 182.20 252.02 246.13 202.93 269.26 343.45 342.14 291.62  
 288.79 281.04 245.69 397.45 398.11 368.21 367.56 316.50 317.37 265.44 181.11  
 177.07 116.74 142.59 106.70 112.81 136.59 163.76 166.81 151.21 159.83 104.30  
 160.81 151.76 115.76 147.83 133.32 145.10 116.85 112.92 97.10 90.88 89.46  
 119.14 123.94 114.34 91.53 81.61 86.19 81.72 96.01 82.15 109.54 129.50 75.61  
 125.14 118.81 87.06 96.77 90.55 88.26 129.83 82.59 85.43 93.94 97.97 95.79  
 83.24 89.24 106.15 43.97 41.57 94.92 40.80 87.06 40.59 53.13 47.13 87.17  
 99.50 40.15 53.35 67.42 43.53 40.59 74.30 70.59 49.86 30.66 0.00 27.17  
 41.24  
 O912 264.35 261.62 253.88 230.20 255.84 244.27 233.58 229.76 227.69 149.03  
 177.72 154.16 160.27 229.66 280.39 302.53 231.29 297.62 417.20 415.89 365.49  
 362.65 354.79 319.55 471.20 471.97 441.96 441.31 390.25 391.12 339.19 254.86  
 250.82 190.49 216.35 180.45 186.67 210.34 237.51 240.57 225.07 233.58 178.16  
 234.57 225.51 189.51 221.69 207.07 218.85 190.60 173.69 170.85 151.65 163.32  
 192.89 197.69 188.09 165.29 155.47 147.07 155.58 169.76 155.90 183.29 203.36  
 149.36 185.91 192.56 160.81 170.52 164.30 162.01 203.58 156.34 146.30 167.69  
 161.58 169.54 156.99 163.00 180.02 117.72 115.32 110.63 114.56 139.54 114.34  
 113.90 120.99 147.94 114.45 35.68 59.79 6.46 39.06 34.69 0.00 38.29 65.46  
 104.41 74.30 100.92 97.64  
 O913 230.64 227.91 220.16 196.49 222.13 210.56 199.87 196.05 193.98 124.59  
 153.29 129.83 135.94 205.33 256.06 273.19 206.85 273.19 383.49 382.18 331.77  
 328.94 321.08 285.84 437.49 438.25 408.25 407.60 356.54 357.41 305.48 221.15  
 217.11 156.78 182.63 146.74 152.96 176.63 203.80 206.85 191.36 199.87 144.45  
 200.85 191.80 155.79 187.98 173.36 185.14 156.89 139.98 137.14 117.94 129.61  
 159.18 163.98 154.38 131.57 121.76 113.35 121.86 136.05 122.19 149.58 169.65  
 115.65 152.19 158.85 127.10 136.81 130.59 128.30 169.87 122.63 112.59 133.97  
 127.87 135.83 123.28 129.28 146.30 84.01 81.61 86.30 80.84 109.65 80.62 80.19  
 87.28 114.23 90.01 1.94 31.53 28.04 5.31 0.00 34.80 31.86 32.08 70.70  
 40.59 67.21 63.93;



transp4.dat

param: ORIG:                    supply :=                    # defines set "ORIG" and param "supply"

O1                    580000.00  
O2                    375000.00  
O3                    420000.00  
O4                    927000.00  
O5                    572000.00  
O6                    193733.80  
O7                    193733.80  
O8                    193733.80  
O9                    193733.80  
O910                    193733.80  
O911                    193733.80  
O912                    193733.80  
O913                    193733.80;

param: DEST:                    demand:=                    # defines "DEST" and "demand"

D1    11058.26  
D12    42368.99  
D13    21184.49  
D14    127106.96  
D15    21184.49  
D16    21184.49  
D17    21184.49  
D18    42368.99  
D19    84737.97  
D910    37578.26  
D911    37578.26  
D912    75156.52  
D913    37578.26  
D914    74887.02  
D915    37443.51  
D916    37443.51

D917	262104.58
D918	74887.02
D919	27387.83
D920	13693.91
D921	43969.30
D922	131907.91
D923	21984.65
D924	21984.65
D925	8863.04
D926	34535.22
D927	19862.61
D928	19862.61
D929	11344.70
D930	7563.13
D931	84815.22
D932	71079.13
D933	35539.57
D934	89057.11
D935	59371.40
D936	29685.70
D937	29685.70
D938	29685.70
D939	29685.70
D940	29685.70
D941	29685.70
D942	59371.40
D943	29685.70
D944	29685.70
D945	29685.70
D946	29685.70
D947	29685.70
D948	178114.21
D949	29685.70
D950	29685.70

D951	18417.20
D952	18417.20
D953	18417.20
D954	18417.20
D955	18417.20
D956	36834.40
D957	18417.20
D958	55251.60
D959	18417.20
D960	18417.20
D961	18417.20
D962	18417.20
D963	55251.60
D964	18417.20
D965	18417.20
D966	18417.20
D967	18417.20
D968	36834.40
D969	18417.20
D970	18417.20
D971	18417.20
D972	18417.20
D973	18417.20
D974	18417.20
D975	18417.20
D976	55251.60
D977	18417.20
D978	18417.20
D979	55251.60
D980	18417.20
D981	18417.20
D982	18604.11
D983	37208.21
D984	37208.21

D985 74416.43  
 D986 18604.11  
 D987 241853.38  
 D988 18604.11  
 D989 18604.11  
 D990 18604.11  
 D991 18604.11  
 D992 78762.88  
 D993 39381.44  
 D994 39381.44  
 D995 39381.44  
 D996 78762.88  
 D997 275670.08  
 D998 39381.44  
 D999 39381.44  
 D9991 35773.37  
 D99911 35773.37  
 D99912 35773.37  
 D99913 35773.37;

param cost:

D1	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D910	D911	D912	
D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924	
D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936	
D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948	
D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960	
D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972	
D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984	
D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996	
D997	D998	D999	D9991	D99911	D99912	D99913	:=					
O1	179.58	195.62	203.04	202.93	201.62	220.16	212.96	236.31	226.60	302.32		
	280.93	301.01	294.46	257.59	315.74	250.82	273.51	317.92	28.48	27.17	32.29	33.38

34.91 126.01 112.92 168.45 53.57 52.70 1.46 2.27 172.81 146.74 151.43  
 210.67 191.47 213.84 212.31 187.22 156.67 159.07 171.51 175.54 212.53 154.05  
 168.67 201.29 175.43 200.31 198.23 203.25 242.75 229.98 256.28 226.71 214.93  
 220.38 221.04 232.49 214.16 254.86 245.58 231.40 238.71 231.29 205.87 250.60  
 233.47 218.53 231.73 232.71 231.62 236.20 221.36 235.22 253.66 234.46 239.26  
 229.76 233.47 232.49 220.38 277.66 279.84 303.08 276.35 274.06 280.06 283.11  
 279.41 265.33 304.28 355.34 337.01 382.72 358.83 355.67 389.27 366.36 332.65  
 285.19 315.74 289.33 289.88  
 O2 155.90 171.94 179.03 179.25 177.61 196.16 188.85 212.64 205.11 278.21  
 256.82 277.33 270.46 233.47 291.62 226.71 249.84 294.35 60.11 58.80 0.00 3.31  
 10.80 102.01 127.10 169.87 85.10 84.44 33.28 34.04 148.81 121.54 126.34  
 186.56 167.47 189.83 188.31 163.54 132.99 135.07 147.39 151.87 188.42 130.37  
 144.67 177.72 151.32 176.63 174.23 179.58 218.64 205.98 232.16 202.71 190.93  
 196.71 197.03 208.93 190.16 230.86 221.47 207.29 215.15 207.18 181.87 226.60  
 209.47 194.53 207.62 208.60 207.51 212.20 197.25 211.11 229.98 210.78 215.15  
 205.76 209.36 208.38 196.27 253.66 255.84 279.08 252.78 249.95 256.39 259.00  
 255.29 241.33 280.17 331.34 313.01 358.61 334.72 331.99 365.70 342.36 308.53  
 261.19 291.62 265.33 265.88  
 O3 148.38 141.72 129.39 113.90 131.25 114.56 108.88 126.99 122.08 88.70  
 108.01 122.08 94.26 140.96 211.22 204.67 159.94 226.27 307.44 306.24 255.29  
 252.35 245.26 210.13 361.45 347.16 332.32 331.01 279.95 280.71 214.60 145.65  
 140.08 80.84 106.81 70.81 77.13 100.59 128.30 131.25 115.54 117.06 68.51  
 134.08 115.86 79.21 111.94 90.88 109.43 80.30 71.57 61.42 49.42 53.90 83.35  
 77.90 78.55 55.10 90.44 44.84 43.97 60.22 45.71 73.21 93.83 37.86 83.90  
 81.28 51.39 60.99 54.77 57.82 93.83 46.26 44.19 57.17 59.46 60.11 47.57  
 53.57 70.59 4.80 0.00 53.57 3.77 45.60 11.67 11.78 6.50 45.93 58.04  
 81.17 57.28 108.55 69.61 73.75 107.68 86.63 54.11 11.13 41.57 15.16 11.46  
 O4 94.48 78.44 73.10 66.01 72.12 61.31 56.51 45.17 47.02 51.17 35.57  
 48.77 43.31 58.80 131.14 122.52 81.39 147.72 279.51 278.21 228.13 225.18  
 217.22 153.29 305.81 288.02 304.28 303.84 252.78 253.55 155.36 169.54 166.27 79.75  
 69.28 77.68 69.06 86.08 138.01 139.98 112.37 78.66 79.42 137.79 112.81 89.90  
 122.96 56.84 54.22 86.63 16.26 61.97 36.11 72.66 55.86 44.73 52.26 64.91  
 62.84 44.62 55.97 62.51 80.08 50.40 57.28 60.33 18.77 53.24 68.84 59.90  
 78.66 62.62 38.40 70.81 43.53 64.59 40.59 65.24 72.66 77.35 65.02 83.90

82.37 70.81 83.03 41.79 92.63 70.59 85.53 38.84 66.11 149.25 123.17  
 173.58 145.76 148.38 180.02 144.01 121.76 93.17 123.61 97.21 88.15  
 O5 136.59 147.39 150.34 129.83 153.61 142.59 136.92 168.34 158.63 218.09  
 206.53 216.13 210.34 189.18 261.40 232.49 211.87 272.20 162.67 161.36 109.97  
 106.59 103.32 153.83 220.16 259.77 187.65 186.89 135.61 136.48 200.63 11.78 16.80  
 97.75 103.32 104.41 109.21 89.13 32.95 30.77 67.97 106.37 103.10 36.44 70.48  
 92.30 56.62 115.43 122.30 94.26 155.14 120.56 155.79 108.99 115.54 128.08  
 119.46 115.86 112.15 148.81 124.70 119.46 115.32 132.56 119.36 126.77 152.74  
 118.92 114.56 121.54 106.48 118.92 131.68 110.85 149.25 117.83 140.85 119.57  
 109.10 107.35 114.01 154.81 156.99 205.87 154.27 176.74 157.87 164.41 156.45  
 164.85 206.96 232.49 214.05 259.77 235.87 233.47 267.19 243.40 209.69 162.34  
 192.78 166.38 167.03  
 O6 214.49 212.31 217.98 241.77 216.35 236.20 238.60 251.58 241.11 338.10  
 308.86 332.86 325.77 260.20 271.00 204.45 275.04 254.09 169.98 168.12 169.87  
 166.92 159.29 155.58 94.59 0.00 170.63 169.87 167.36 166.92 139.54 271.44  
 276.57 303.84 271.55 305.59 295.66 280.50 277.66 279.84 259.77 254.75 304.28  
 277.88 257.04 293.37 289.99 264.79 253.11 295.33 288.24 302.43 300.57 312.90  
 281.91 274.93 283.44 305.92 318.24 304.39 310.50 302.86 325.88 288.90 269.48  
 313.88 277.00 280.50 311.26 300.24 323.05 306.03 272.42 316.83 303.30 304.83  
 296.21 305.59 317.26 321.74 299.81 348.14 347.16 349.67 349.01 320.64 351.63  
 335.48 344.54 309.63 350.87 437.71 389.92 464.98 411.20 438.04 473.49 418.83  
 388.40 367.56 398.11 371.70 352.39  
 O7 225.29 241.55 248.64 254.97 247.22 266.86 264.35 283.01 272.53 354.58  
 333.08 352.07 346.61 303.19 361.12 294.46 325.66 344.10 28.37 27.82 84.23 85.53  
 86.52 174.01 82.15 169.98 0.95 0.00 51.60 50.84 205.00 198.45 203.58  
 258.89 243.29 265.55 263.80 240.35 208.60 210.78 223.22 227.36 264.24 208.82  
 220.49 253.33 227.26 253.22 249.84 255.29 294.46 281.70 308.10 278.21 266.75  
 273.95 272.75 284.42 282.02 306.46 299.15 283.11 290.75 283.11 257.69 301.33  
 285.73 268.71 283.33 283.99 283.55 287.81 273.08 286.71 306.57 286.39 290.75  
 281.70 284.86 284.42 271.88 329.15 331.55 355.01 328.28 325.88 332.10 334.83  
 331.77 317.15 356.21 407.27 388.94 434.44 410.65 407.49 442.95 417.85 387.41  
 337.01 367.56 341.16 341.16  
 O8 136.48 147.39 150.01 122.96 151.87 140.30 129.61 162.23 151.87 204.02  
 202.16 201.62 196.05 182.52 254.20 232.27 205.00 269.80 176.96 175.65 124.16

120.88	117.61	165.29	234.13	275.04	202.05	201.18	150.12	150.89	211.87	2.59	2.48
87.72	96.34	89.79	98.52	83.46	26.18	24.11	60.88	100.15	88.48	30.00	63.50
82.04	45.39	108.55	115.10	84.01	150.78	105.94	141.39	94.70	108.45	121.21	
112.37	101.24	98.08	134.63	110.41	104.85	101.24	118.70	112.37	112.48	155.14	
114.88	100.15	107.25	92.41	104.52	126.88	96.55	134.74	103.21	126.56	105.17	94.70
93.28	102.88	140.41	142.81	192.02	139.43	163.00	143.36	150.23	142.92	150.67	
193.22	218.53	200.20	245.69	221.91	218.75	254.20	229.11	198.67	148.27	178.81	
152.41	152.41										
O9	117.39	114.77	107.03	83.24	108.88	97.32	86.63	113.79	108.88	119.25	
	117.28	116.74	111.28	129.83	201.51	190.93	152.41	218.75	268.28	266.97	216.56
	213.73	205.98	172.60	322.28	325.01	293.15	292.50	241.44	242.20	192.34	105.17
	101.14	41.57	69.39	31.64	39.71	63.39	87.83	90.88	76.15	86.63	29.24 84.88
	76.70	40.59	71.90	60.22	71.90	41.68	66.01	23.89	56.62	14.40	46.04 50.84
	41.24	18.33	9.34	49.86	25.64	22.80	1.85	36.44	56.40	27.71	72.88 45.60
	13.86	23.67	10.70	21.38	56.62	12.22	49.86	20.73	44.29	22.58	7.83 9.30
	33.06	44.40	46.80	97.75	43.53	78.12	47.35	55.97	47.68	65.90	102.23
	122.52	104.19	149.79	125.90	122.85	156.56	133.10	102.66	52.26	82.81	56.40 56.40
O910	264.13	261.51	144.56	229.98	146.41	134.85	124.16	229.76	227.69	99.39	
	118.59	154.16	104.95	151.43	221.25	215.36	231.29	297.62	307.77	306.46	256.06
	362.43	245.48	210.13	361.78	362.54	332.65	441.20	390.14	281.70	229.87	145.43
	141.39	81.06	106.92	71.13	77.24	100.92	128.08	131.14	115.65	124.16	68.73
	125.25	116.19	80.08	112.26	97.75	109.43	190.38	82.15	61.42	60.11	53.90 83.57
	88.37	78.77	165.18	46.04	55.53	50.73	60.33	46.48	73.97	93.94	44.51 94.37
	83.13	51.39	61.21	54.88	52.59	94.15	46.91	54.77	58.26	66.88	60.11 47.57
	53.68	70.59	11.46	11.78	64.15	114.34	56.30	0.00	22.37	14.73	56.40 68.73
	80.30	69.17	107.57	83.68	80.62	34.69	98.08	67.75	9.86	40.69	14.18 21.38
O911	190.49	187.87	180.12	156.45	182.09	170.41	159.83	169.00	166.92	130.16	
	149.36	135.39	135.72	182.20	252.02	246.13	202.93	269.26	343.45	342.14	291.62
	288.79	281.04	245.69	397.45	398.11	368.21	367.56	316.50	317.37	265.44	181.11
	177.07	116.74	142.59	106.70	112.81	136.59	163.76	166.81	151.21	159.83	104.30
	160.81	151.76	115.76	147.83	133.32	145.10	116.85	112.92	97.10	90.88	89.46
	119.14	123.94	114.34	91.53	81.61	86.19	81.72	96.01	82.15	109.54	129.50 75.61
	125.14	118.81	87.06	96.77	90.55	88.26	129.83	82.59	85.43	93.94	97.97 95.79
	83.24	89.24	106.15	43.97	41.57	94.92	40.80	87.06	40.59	53.13	47.13 87.17

99.50 40.15 53.35 67.42 43.53 40.59 74.30 70.59 49.86 30.66 0.00 27.17  
41.24

O912 264.35 261.62 253.88 230.20 255.84 244.27 233.58 229.76 227.69 149.03  
177.72 154.16 160.27 229.66 280.39 302.53 231.29 297.62 417.20 415.89 365.49  
362.65 354.79 319.55 471.20 471.97 441.96 441.31 390.25 391.12 339.19 254.86  
250.82 190.49 216.35 180.45 186.67 210.34 237.51 240.57 225.07 233.58 178.16  
234.57 225.51 189.51 221.69 207.07 218.85 190.60 173.69 170.85 151.65 163.32  
192.89 197.69 188.09 165.29 155.47 147.07 155.58 169.76 155.90 183.29 203.36  
149.36 185.91 192.56 160.81 170.52 164.30 162.01 203.58 156.34 146.30 167.69  
161.58 169.54 156.99 163.00 180.02 117.72 115.32 110.63 114.56 139.54 114.34  
113.90 120.99 147.94 114.45 35.68 59.79 6.46 39.06 34.69 0.00 38.29 65.46  
104.41 74.30 100.92 97.64

O913 230.64 227.91 220.16 196.49 222.13 210.56 199.87 196.05 193.98 124.59  
153.29 129.83 135.94 205.33 256.06 273.19 206.85 273.19 383.49 382.18 331.77  
328.94 321.08 285.84 437.49 438.25 408.25 407.60 356.54 357.41 305.48 221.15  
217.11 156.78 182.63 146.74 152.96 176.63 203.80 206.85 191.36 199.87 144.45  
200.85 191.80 155.79 187.98 173.36 185.14 156.89 139.98 137.14 117.94 129.61  
159.18 163.98 154.38 131.57 121.76 113.35 121.86 136.05 122.19 149.58 169.65  
115.65 152.19 158.85 127.10 136.81 130.59 128.30 169.87 122.63 112.59 133.97  
127.87 135.83 123.28 129.28 146.30 84.01 81.61 86.30 80.84 109.65 80.62 80.19  
87.28 114.23 90.01 1.94 31.53 28.04 5.31 0.00 34.80 31.86 32.08 70.70  
40.59 67.21 63.93;



**APÊNDICE D - Demanda alocada aos portos para o Cenário 1**

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Brasília	-	11.058,30	-	-	-	-	-	-
Anápolis	-	42.369,00	-	-	-	-	-	-
Aparecida de Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiatuba	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Jataí	-	42.369,00	-	-	-	-	-	-
Rio Verde	-	84.738,00	-	-	-	-	-	-
Caarapó	-	-	-	-	-	-	-	37.578,30
Campo Grande	-	-	-	-	-	6.589,06	-	30.989,20
Dourados	-	-	-	-	-	-	41.597,60	33.558,90
Rio Brilhante	-	-	-	-	-	-	37.578,30	-
Alto Araguaia	-	74.887,00	-	-	-	-	-	-
Nova Mutum	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Querência	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Rondonópolis	164.484,00	-	-	-	-	-	-	-
Sorriso	74.887,00	-	-	-	-	-	-	-
Maceió	-	27.387,80	-	-	-	-	-	-
Santa Luzia	-	13.693,90	-	-	-	-	-	-
Luis Eduardo Magalhães	-	21.984,70	-	-	-	-	-	-
Fortaleza	-	8.863,04	-	-	-	-	-	-
São Luís	34.535,20	-	-	-	-	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Olinda	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Recife	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Rosário do Catete	-	2.979,45	-	-	-	-	-	-
Porto Nacional	84.815,20	-	-	-	-	-	-	-
Serra	-	-	71.079,10	-	-	-	-	-
Viana	-	-	35.539,60	-	-	-	-	-
Alfenas	-	-	89.057,10	-	-	-	-	-
Congonhal	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Guaxupé	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Martins Soares	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Matozinhos	-	-	447,39	-	-	-	-	-
Pouso Alegre	-	-	-	29.685,70	-	-	-	-
São João de Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Três Corações	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Ubá	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Varginha	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Araçatuba	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Artur Nogueira	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Assis	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Atibaia	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Bebedouro	-	-	-	11.940,40	-	-	-	-
Bonfim Paulista	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Campinas	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Campo Limpo	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Canitar	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Cesário Lange	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Cosmópolis	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Cubatão	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Ibaté	-	-	-	5.221,51	13.195,70	-	-	-
Itapetininga	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Jales	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Jardinópolis	-	-	-	36.834,40	-	-	-	-
Jundiá	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Limeira	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Mogi das Cruzes	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Monte Nor	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Osasco	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Ourinhos	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Paulínea	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Pederneiras	-	-	-	-	12.431,10	5.986,09	-	-
Santo Antônio de Posse	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
São Paulo	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Suzano	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Vargem Grande do Sul	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Almirante Tamandaré	-	-	-	-	18.604,10	-	-	-
Araucária	-	-	-	-	-	37.208,20	-	-
Cascavel	-	-	-	-	-	-	-	37.208,20

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Curitiba	-	-	-	-	-	74.416,40	-	-
Maringá	-	-	-	-	-	18.604,10	-	-
Paranaguá	-	-	-	-	241.853,00	-	-	-
Ponta Grossa	-	-	-	-	-	18.604,10	-	-
Rio Branco do Sul	-	-	-	-	18.604,10	-	-	-
Sertanópolis	-	-	-	-	-	18.604,10	-	-
Toledo	-	-	-	-	-	-	-	18.604,10
Pelotas	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Canoas	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Passo Fundo	-	-	-	-	-	-	39.381,40	-
Portão	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Porto Alegre	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Rio Grande	-	-	-	-	-	-	275.670,00	-
Santa Maria	-	-	-	-	-	-	39.381,40	-
Tapejara	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Garuva	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Imbituba	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Joinville	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Mafra	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-

**APÊNDICE E - Demanda alocada aos portos para o Cenário 2**

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Brasília	-	11.058,30	-	-	-	-	-	-
Anápolis	-	42.369,00	-	-	-	-	-	-
Aparecida de Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiatuba	-	10.342,20	-	-	-	-	-	-
Jataí	-	25.675,40	-	-	-	-	-	-
Rio Verde	-	84.738,00	-	-	-	-	-	-
Caarapó	-	-	-	-	-	-	-	1.145,72
Dourados	-	-	-	-	-	-	-	75.156,50
Alto Araguaia	-	74.887,00	-	-	-	-	-	-
Nova Mutum	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Querência	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Rondonópolis	111.984,00	-	-	-	-	-	-	-
Sorriso	74.887,00	-	-	-	-	-	-	-
Maceió	-	27.387,80	-	-	-	-	-	-
Santa Luzia	-	13.693,90	-	-	-	-	-	-
Fortaleza	-	8.863,04	-	-	-	-	-	-
São Luís	34.535,20	-	-	-	-	-	-	-
Olinda	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Recife	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Porto Nacional	84.815,20	-	-	-	-	-	-	-
Serra	-	-	71.079,10	-	-	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Viana	-	-	35.539,60	-	-	-	-	-
Alfenas	-	-	52.656,90	36.400,20	-	-	-	-
Congonhal	-	-	-	29.685,70	-	-	-	-
Guaxupé	-	-	-	-	-	29.685,70	-	-
Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Martins Soares	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Matozinhos	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Pouso Alegre	-	-	-	29.685,70	-	-	-	-
São João de Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Sete Lagoas	-	-	14.033,30	-	-	-	-	-
Três Corações	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Ubá	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Varginha	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Artur Nogueira	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Atibaia	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Batatais	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Bonfim Paulista	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Campinas	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Campo Limpo	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Cesário Lange	-	-	-	-	-	5.989,82	-	-
Cosmópolis	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Cubatão	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Ibaté	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Jardinópolis	-	-	-	27.496,40	9.337,97	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Jundiaí	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Limeira	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Mogi das Cruzes	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Monte Nor	-	-	-	-	997,05	17.420,20	-	-
Olímpia	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Osasco	-	-	-	-	18.417,20	-	-	-
Paulínia	-	-	-	-	55.251,60	-	-	-
Santo Antônio de Posse	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
São Paulo	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Suzano	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Vargem Grande do Sul	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Cascavel	-	-	-	-	-	-	26.675,80	10.532,40
Curitiba	-	-	-	-	-	74.416,40	-	-
Paranaguá	-	-	-	-	241.853,00	-	-	-
Toledo	-	-	-	-	-	-	-	18.604,10
Pelotas	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Canoas	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Passo Fundo	-	-	-	-	-	-	39.381,40	-
Portão	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Porto Alegre	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Rio Grande	-	-	-	-	-	-	275.670,00	-
Santa Maria	-	-	-	-	-	-	39.381,40	-
Tapejara	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Garuva	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaqui	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Imbituba	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Joinville	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Mafra	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-



**APÊNDICE F - Demanda alocada aos portos para o Cenário 3**

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Brasília	-	11.058,30	-	-	-	-	-	-
Anápolis	-	42.369,00	-	-	-	-	-	-
Aparecida de Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Nova Mutum	33.552,80	-	-	-	-	-	-	-
Querência	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Sorriso	74.887,00	-	-	-	-	-	-	-
Maceió	-	27.387,80	-	-	-	-	-	-
Santa Luzia	-	13.693,90	-	-	-	-	-	-
Luis Eduardo Magalhães	-	21.984,70	-	-	-	-	-	-
Fortaleza	-	8.863,04	-	-	-	-	-	-
São Luís	34.535,20	-	-	-	-	-	-	-
Olinda	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Recife	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Porto Nacional	84.815,20	-	-	-	-	-	-	-
Serra	-	-	71.079,10	-	-	-	-	-
Viana	-	-	35.539,60	-	-	-	-	-
Alfenas	-	57.782,90	-	-	-	-	-	-
Congonhal	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Martins Soares	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Pouso Alegre	-	-	10.186,60	-	-	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
São João de Manhuaçu	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Ubá	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Artur Nogueira	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Atibaia	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Campinas	-	-	-	7.393,00	-	-	-	-
Campo Limpo	-	-	-	-	-	18.417,20	-	-
Cosmópolis	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Cubatão	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Jundiá	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Limeira	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Mogi das Cruzes	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Monte Nor	-	-	-	-	3.893,24	14.524,00	-	-
Osasco	-	-	-	-	9.050,90	-	-	-
Santo Antônio de Posse	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
São Paulo	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Suzano	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Paranaguá	-	-	-	-	241.853,00	-	-	-
Pelotas	-	-	-	-	-	10.436,30	-	68.326,60
Canoas	-	-	-	-	-	39.381,40	-	-
Passo Fundo	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Portão	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Porto Alegre	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Rio Grande	-	-	-	-	10.436,30	-	265.234,00	-
Santa Maria	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Tapejara	-	-	-	-	-	39.381,40	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Imbituba	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Joinville	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Mafra	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-

**APÊNDICE G - Demanda alocada aos portos para o Cenário 4**

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Aparecida de Goiânia	-	21.184,50	-	-	-	-	-	-
Goiânia	-	7.488,63	-	-	-	-	-	-
Nova Mutum	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Querência	37.443,50	-	-	-	-	-	-	-
Sorriso	74.887,00	-	-	-	-	-	-	-
Maceió	-	27.387,80	-	-	-	-	-	-
Santa Luzia	-	13.693,90	-	-	-	-	-	-
Fortaleza	-	8.863,04	-	-	-	-	-	-
São Luís	34.535,20	-	-	-	-	-	-	-
Olinda	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Recife	-	19.862,60	-	-	-	-	-	-
Porto Nacional	9.424,54	75.390,70	-	-	-	-	-	-
Congonhal	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Pouso Alegre	-	-	29.685,70	-	-	-	-	-
Artur Nogueira	-	-	18.417,20	-	-	-	-	-
Campinas	-	-	55.251,60	-	-	-	-	-
Campo Limpo	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Cesário Lange	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Cosmópolis	-	-	5.442,00	-	-	-	-	-
Cubatão	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Itapetininga	-	-	-	8.151,27	-	-	-	-
Jundiaí	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-

Destino	Origem							
	Porto de Itaquí	Porto de Recife	Porto de Vitória	Porto de Santos	Porto de Paranaguá	Porto de Imbituba	Porto de Rio Grande	Porto de Porto Alegre
Osasco	-	-	-	18.417,20	-	-	-	-
Paulínea	-	-	55.251,60	-	-	-	-	-
São Paulo	-	-	-	55.251,60	-	-	-	-
Suzano	-	-	-	1.410,53	-	-	-	-
Paranaguá	-	-	-	-	73.285,40	-	-	-
Pelotas	-	-	-	-	-	43.424,20	-	35.338,70
Canoas	-	-	-	-	-	39.381,40	-	-
Passo Fundo	-	-	-	-	-	-	38.512,10	869,34
Portão	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Porto Alegre	-	-	-	-	-	-	-	78.762,90
Rio Grande	-	-	-	-	120.448,00	-	155.222,00	-
Santa Maria	-	-	-	-	-	-	-	39.381,40
Tapejara	-	-	-	-	-	39.381,40	-	-
Imbituba	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-
Joinville	-	-	-	-	-	35.773,40	-	-