

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

**SILVANA PEREIRA DETRO**

**OTIMIZAÇÃO NA LOCALIZAÇÃO E NA CAPACIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO  
PARA O ESTADO DO PARANÁ**

**CURITIBA  
2013**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

**SILVANA PEREIRA DETRO**

**OTIMIZAÇÃO NA LOCALIZAÇÃO E NA CAPACIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO  
PARA O ESTADO DO PARANÁ**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para a realização do exame de obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Osíris Canciglieri Junior

Coorientadora: Maria Teresinha Arns Steiner

**CURITIBA  
2013**

**SILVANA PEREIRA DETRO**

**OTIMIZAÇÃO NA LOCALIZAÇÃO E NA CAPACIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE SOJA E MILHO  
PARA O ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Área de concentração - Logística, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Dr. Osiris Canciglieri Jr.  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PPGEPS

---

Dra. Maria Teresinha Arns Steiner  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PPGEPS

---

Dra. Deise Maria Bertholdi Costa  
Universidade Federal do Paraná, PPGMNE e PPGEF

---

Dr. Pedro José Steiner Neto  
Universidade Federal do Paraná, PPGAD

Curitiba, 06 de abril de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, não somente pela conclusão deste projeto, mas, por todas as coisas que aprendi durante o seu desenvolvimento.

À minha família, a base da minha vida, pelo apoio. E, principalmente à minha mãe, sem ela esse projeto não teria nem mesmo começado.

Aos meus orientadores, professor Osiris Canciglieri Jr. e professora Maria Teresinha Arns Steiner e que me indicaram o caminho a seguir.

A todos os meus amigos, que sempre me impulsionam e não me deixam desanimar.

O Senhor é o meu pastor, nada me  
faltará. Deitar-me faz em verdes pastos,  
guia-me mansamente a águas tranquilas.  
Refrigera a minha alma; guia-me pelas  
veredas da justiça, por amor do seu  
nome. Ainda que eu andasse pelo vale da  
sombra da morte, não temeria mal  
algum, porque tu estás comigo.  
Bíblia Sagrada, Salmos 23.

## RESUMO

Os métodos de localização de facilidades definem, de forma otimizada, a localização para diversos tipos de instalações, de forma a atender da melhor maneira possível os requisitos definidos. Esta pesquisa tem como objetivo analisar a capacidade atual dos armazéns paranaenses comparando-a com a produção de soja e milho do estado, além de simular cenários para eventual expansão da capacidade de armazenagem. O problema de localização de instalações ou, também chamado, de problema de  $p$ -medianas, formulado como um modelo matemático de Programação Linear Inteiro Binário pode ser utilizado para simular as localizações ótimas para suas expansões. Este modelo matemático pode ser resolvido através do *software LINGO*. O problema aqui abordado é de Otimização Combinatória *NP-hard* e, assim, o modelo matemático não permite a consideração de todos os 399 municípios paranaenses. Por este motivo, foi utilizada a classificação do IBGE, que divide o estado em 39 microrregiões, sendo que destas, 37 possuem armazéns. Foram realizados cinco cenários. O cenário 1 analisa a situação atual, buscando alocar toda a produção nos armazéns existentes, caso isto fosse necessário, o que se mostrou impossível. O cenário 2 busca a otimização da situação atual, considerando a capacidade de armazenagem ilimitada (superior à capacidade total existente no estado) para todas as microrregiões. O cenário 3 simula o número de medianas (regiões que possuem armazéns) em 38 e o cenário 4, considera todas as 39 microrregiões paranaenses como medianas. O cenário 5 considera apenas a produção que não é atendida pelos armazéns existentes no estado, analisando o custo total ou distância total considerando de 1 a 39 medianas, mostrando que a medida que o número de medianas aumenta, o custo total diminui. Neste cenário 5 também é apresentado um exemplo de otimização da capacidade para a produção não atendida, considerando 5 medianas, mostrando, além do custo total, a capacidade otimizada. As simulações mostram que a capacidade de armazenagem do Paraná é crítica havendo necessidade urgente de sua expansão e, se possível, de forma otimizada.

**Palavras-chave:** Métodos de Localização. Problema das  $p$ -mediana. Capacidade de Armazenagem.

## ABSTRACT

The methods of locating facilities define optimally, the location for many types of facilities, to meet the best possible manner the requirements defined. The goal of this work is to analyse the actual capacity of the warehouses of Paraná state in order to compare it with the production of corn and soybeans in the state and simulate scenarios to define what warehouses expand. The  $p$ -median problem, formulated as a mathematical model of Binary Integer Linear Programming can be used for simulations, which can be solved through software LINGO. The problem addressed is NP-hard combinatorial optimization, and thus the mathematical model doesn't allow considering all the 339 state's municipalities. For this reason, we used the IBGE classification, which divides the state into 39 microregions, and of these, 37 have warehouses. It was done five scenarios. Scenario 1 analyzes the current situation, trying to allocate all production in existing warehouses, if it were needed, that proved impossible. Scenario 2 seeks to optimize the current situation, considering the storage capacity unlimited (up to the total existing capacity in the state) for each of the microregion. Scenario 3 simulates the number of medians (regions that have warehouses) in 38 and the scenario 4 considers all 39 microregions of Parana as medians. Scenario 5 considers only production that is not attended by existing warehouses in the state, considering 5 medians, showing, besides of total cost, the production and the capacity optimized. The simulations show that the storage capacity of Paraná is critical and need urgently to expand and, if possible, in an optimized way.

**Key-words:** Location Method.  $P$ -Median Problems. Storage Capacity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1 Produção mundial de grãos
- Figura 3.2 Produção brasileira de farelo e óleo de soja
- Figura 3.3 Utilização da soja
- Figura 3.4 Principais países produtores de soja e milho
- Figura 3.5 Principais produtores de milho
- Figura 3.6 Sistema agroindustrial brasileiro do milho
- Figura 3.7 Principais produtores e consumidores de milho
- Figura 3.8 Produção dos principais produtos agrícolas brasileiros
- Figura 3.9 Delimitação da cadeia produtiva da soja brasileira
- Figura 3.10 Comparação entre os custos de transporte
- Figura 3.11 Regiões produtoras de soja no Estado do Paraná
- Figura 3.12 Regiões produtoras de milho no Estado do Paraná
- Figura 3.13 Evolução da produção de grãos e da capacidade útil brasileira
- Figura 3.14 Evolução da produção de grãos e da capacidade de armazenagem no Paraná
- Figura 3.15 Evolução da produção de soja e milho e da capacidade de armazenagem no Paraná
- Figura 3.16 O estado do Paraná e suas 39 microrregiões
- Figura 4.1 Definição do ponto central na microrregião de Paranavaí
- Figura 4.2 Definição dos pontos centrais nas microrregiões do Paraná
- Figura 4.3 Modelo matemático para o problema considerando a capacidade infinita para cada microrregião
- Figura 4.4 Otimização da situação atual
- Figura 4.5 Otimização com 38 medianas

Figura 4.6 Otimização com cinco medianas

## **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 4.1 Produção total e capacidade de armazenagem no estado do Paraná
- Tabela 4.2 Otimização da situação atual
- Tabela 4.3 Simulação com 38 medianas
- Tabela 4.4 Simulação com 39 medianas
- Tabela 4.5 Produção não atendida pela capacidade atual
- Tabela 4.6 Custo total considerando de uma a 13 medianas
- Tabela 4.7 Custo total considerando 14 a 26 medianas
- Tabela 4.8 Custo total considerando 27 a 33 medianas
- Tabela 4.9 Custo total considerando 34 a 39 medianas
- Tabela 4.10 Otimização considerando cinco medianas

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
PENSA	Programa de Estudos e Negócios Sobre a Agricultura
PMP	Problema de p-mediana
PO	Pesquisa Operacional
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	14
1.2 MOTIVAÇÃO .....	16
1.3 JUSTIFICATIVA .....	16
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	17
1.5 OBJETIVOS .....	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES .....	20
2.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES .....	20
<b>2.1.2 Métodos Exatos</b> .....	24
<b>2.1.3 Simulação</b> .....	27
<b>2.1.4 Multicritério</b> .....	28
<b>2.1.5 Algoritmos Heurísticos</b> .....	29
<b>2.1.6 Algoritmos Meta-heurísticos</b> .....	31
2.2 PROBLEMA DAS <i>P</i> -MEDIANAS .....	33
2.2.1 Modelagem Matemática do Problema das PM.....	35
2.4 TRABALHOS CORRELATOS .....	37
CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	41
3.1 CONTEXTO DA SOJA E MILHO NO MUNDO E NO BRASIL.....	41
3.2 SOJA E MILHO NO ESTADO DO PARANÁ.....	51
3.5 ASPECTOS REFERENTES À ARMAZENAGEM .....	54
3.5.1 Armazenagem de Soja e Milho no Brasil e no Estado do Paraná .....	58
3.7 PRODUÇÃO E CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM NO ESTADO DO PARANÁ .....	61
CAPÍTULO 4 - RESOLUÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	63
4.2 CENÁRIOS .....	66
4.2.1 CENÁRIO 1: ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL.....	66
4.2.2 CENÁRIO 2: OTIMIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	67
4.2.3 CENÁRIO 3 – SIMULAÇÃO COM 38 MEDIANAS.....	71
4.2.4 CENÁRIO 4 – SIMULAÇÃO COM 39 MEDIANAS.....	73

4.2.5 CENÁRIO 5 – OTIMIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO NÃO ATENDIDA PELA CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM ATUAL .....	75
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.	83
ANEXO A - MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, PRODUÇÃO E CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM.....	99

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os métodos de localização de facilidades definem, de forma otimizada, a localização para diversos tipos de instalações/facilidades como hospitais, lojas, fábricas, armazéns, creches, dentre outros. A definição de “quantas” instalações e “onde” instalar facilidades é uma importante decisão, principalmente por ser de difícil alteração.

Ao longo do tempo, vários métodos têm sido desenvolvidos para a resolução de problemas de instalações ou, também conhecidos, como problema de  $p$ -medianas. Este problema tem como objetivo encontrar a localização de  $p$  facilidades, minimizando a distância total entre a demanda e a oferta, enquanto os fluxos entre as facilidades e os clientes são alocados.

A produção agrícola tornou-se, há alguns anos, um dos pilares e impulsionadores da economia brasileira tornando o país um forte concorrente global. Com o crescimento da economia mundial e da demanda de produtos agrícolas, espera-se um aumento na produção agroindustrial de milho e soja e, por este motivo, o Brasil tem expandido sua área de plantio e investido em tecnologias para a expansão da produção.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja com produção estimada de 68,55 milhões de toneladas em 2011, atrás apenas dos Estados Unidos. Estes países também são os maiores exportadores de soja juntamente com a Argentina. O país também é o terceiro maior produtor mundial de milho, com uma produção estimada em 52,55 mil toneladas de grãos (USDA - *United States Department of Agriculture*, 2012).

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, sendo que seus derivados possuem diversas utilizações, dentre as quais estão o suprimento da demanda mundial de óleos vegetais, a produção de ração animal, a alimentação humana e a aplicação industrial.

O milho é o grão dominante negociado nos mercados internacionais, seu principal destino no Brasil é para ração animal e uma porção da produção destina-se ao consumidor brasileiro. O grão é transformado em óleo, farinha, amido, margarina, entre outros.

De acordo com previsões realizadas pela USDA (2012), o comércio mundial de soja deverá aumentar rapidamente, mas a um ritmo mais lento do que nos últimos anos,

devendo atingir 137 milhões de toneladas na próxima década. As previsões também apontam que até 2021, o Brasil será o maior exportador de soja.

Em relação ao milho, as previsões indicam um crescimento na produção mundial entre as safras de 2012/13 a 2021/22 de 31 para 131 milhões de toneladas. Este aumento é devido, principalmente, à expansão da produção de etanol e biodiesel.

Entretanto, mesmo possuindo um amplo espaço para crescimento e para a incorporação de novas tecnologias, o Brasil sofre uma forte concorrência de países exportadores, principalmente do Mercosul, que possuem vantagens na sua produtividade e nos custos de produção.

A capacidade brasileira de armazenamento é considerada significativamente menor do que a metade da produção para a maioria das culturas a granel como soja, milho e trigo, deixando para o sistema de transporte a difícil tarefa de lidar com culturas na colheita, já que a infraestrutura de transporte é considerada o maior obstáculo para a agricultura brasileira. Além disso, a capacidade deficiente dos armazéns obriga os produtores a se desfazer dos grãos à medida que são colhidos, para evitar a exposição destes às condições climáticas desfavoráveis.

O transporte dos grãos é realizado, praticamente em sua totalidade, pelo modal rodoviário gerando altos custos e afetando a rentabilidade dos produtores. Estudos mostram que o valor da soja pode aumentar em até 35% devido às taxas de fretes brasileiras.

O agronegócio também possui grande importância para a economia do estado do Paraná, que é atualmente o segundo maior produtor de grãos do país, participando com 19,6% da produção nacional de grãos. O estado é o segundo maior produtor de milho e soja com 12,5 e 15,4 milhões de toneladas, respectivamente, na safra de 2011 (IBGE, 2011). O porto de Paranaguá, localizado no estado, também é o segundo maior exportador de grãos, principalmente de soja e milho. Esta proximidade com o porto de Paranaguá permite que o Paraná possa ter menores custos de escoamento do que os outros estados brasileiros.

O Paraná está entre os estados que possuem as maiores capacidades de armazenagem total de grãos do país, entretanto a sua capacidade não é suficiente para armazenar toda a sua produção.

A baixa capacidade dos armazéns e a grande demanda por transportes na época das colheitas elevam os fretes e os produtores se veem diante de duas alternativas: submeter-se aos fretes elevados ou, então, utilizar armazéns terceirizados. Além disso,

alguns municípios não possuem armazéns, logo, os produtores destes locais são obrigados a transportar a sua carga para armazéns de outras regiões elevando, novamente, os seus custos.

Outro problema gerado pela baixa capacidade de armazenamento do estado é a formação de filas no porto de Paranaguá, pois, sem local para estocar os grãos, o produto deve ser vendido pouco antes da colheita.

Neste contexto, este trabalho tem como foco analisar a capacidade de armazenagem dos municípios paranaenses e, utilizando o problema de  $p$ -medianas, propor possíveis cenários para a otimização na instalação de novos armazéns e/ou silos.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

O Brasil está inserido na economia mundial graças, principalmente, a soja e ao milho e, é o país que possui maiores chances de, nos próximos anos, se tornar o maior produtor deste grão do mundo.

A produção destes grãos também é uma das principais culturas do estado do Paraná, porém, a competitividade dos grãos brasileiros depende da manutenção de custos baixos, pois o seu preço é estabelecido globalmente. Entretanto, a infraestrutura dos armazéns e dos meios de transportes e os elevados custos dos fretes estão entre as principais dificuldades para a elevação da competitividade dos produtos agrícolas do país.

Portanto, para aumentar a capacidade do país de atrair investimentos e principalmente para aumentar a sua competitividade a nível mundial é necessário que mudanças ocorram, principalmente em relação à modernização e a ampliação dos sistemas logísticos. Neste cenário, este trabalho visa propor possíveis cenários para a ampliação da capacidade de armazenagem no estado do Paraná impulsionando, assim, a economia do estado.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Espera-se um crescimento da produção de grãos na ordem de 78 milhões de toneladas para a safra 2012/2013 e é essencial que haja melhorias na qualidade da prestação de serviços de todos os modais brasileiros e que a capacidade de armazenamento de grãos seja mais adequada à produção do País.

Estudos apresentados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontam que a capacidade de armazenagem brasileira está aquém da sua produção agrícola. Além disso, a capacidade existente é dividida entre os diversos tipos de grãos e esta situação é amenizada, em parte, pelos diferentes períodos de colheita entre eles.

Um dos problemas gerados pela capacidade insuficiente de armazenagem é a movimentação dos grãos logo após a colheita, gerando mais custos relacionados ao transporte, além de contribuir negativamente com as filas no porto de Paranaguá.

O país usa demasiadamente o modal rodoviário para o transporte de vários produtos, incluindo o transporte dos grãos. Este modal é carente de investimentos em sua infraestrutura e a sua utilização para movimentar este grão por longas distâncias encarece em muito o custo do produto.

Além disso, são poucos os estudos sobre a localização de armazéns de grãos e na avaliação e simulação das capacidades dos armazéns paranaenses, sendo a maioria voltada para os aspectos técnicos de guarda e conservação de mercadorias.

#### 1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para atingir os objetivos definidos é preciso definir uma metodologia de pesquisa clara, à qual talvez possua perguntas a serem respondidas, que por sua vez, exigem componentes de teoria versus prática ou blocos de construção; e o uso de conceitos, constructos e definições (COOPER e SCHINDLER, 2003).

Uma pesquisa pode ser definida como uma atividade básica na procura e na descoberta da realidade, sendo formada por um conjunto de ações, que têm como objetivo encontrar a solução de um problema, tendo por base procedimentos racionais e sistemáticos (SILVA e MENEZES, 2001; MINAYO *apud* MORESI, 2003).

A presente pesquisa é de natureza aplicada objetivando gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (SILVA e MENEZES, 2001). De acordo com Ander-Egg *apud* Marconi e Lakatos, 1996, a pesquisa aplicada caracteriza-se pelo seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade.

A abordagem é quantitativa e qualitativa. A abordagem qualitativa busca aproximar a teoria e os fatos, através da descrição e interpretação de episódios isolados ou únicos, privilegiando o conhecimento da relação entre o contexto e a ação. Já a

abordagem quantitativa baseia-se em métodos lógico-dedutivos, buscando explicar relações de causa/efeito (BERTO e NAKANO, 1999).

O objetivo científico é exploratório e de acordo com Beuren e Raupp (2003), a pesquisa exploratória ocorre quando há pouco conhecimento sobre a temática a ser abordada proporcionando aprofundamento de conceitos preliminares sobre a mesma, tornando o assunto mais claro e possibilitando a construção de questões importantes para a condução da mesma.

Esta pesquisa tem como procedimentos técnicos a revisão bibliográfica em conjunto com o estudo de caso. A revisão bibliográfica apresenta-se como uma importante atividade para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento, permitindo a identificação de perspectivas para pesquisas futuras, contribuindo com sugestões de ideias para o desenvolvimento de novos projetos de pesquisa (NORONHA e FERREIRA *apud* MIGUEL, 2007).

O estudo de caso, por sua vez, é uma estratégia de pesquisa que foca na compreensão da dinâmica presente dentro de uma única configuração, podendo focar em um único caso ou em múltiplos. O estudo de caso pode possuir vários níveis de análise em um único estudo de caso e, tipicamente, combina métodos de coleta de dados, podendo ser utilizados para descrever, testar ou gerar uma teoria (EISENHARDT, 1989).

## 1.5 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a situação atual da armazenagem de soja e milho do estado do Paraná e utilizar o problema de  $p$ -medianas para propor cenários, visando a otimização quanto à expansão da capacidade e/ou instalação de novos armazéns.

Para alcançar o objetivo geral, faz-se necessário traçar objetivos específicos, os quais são:

- ✓ Identificar a produção de soja e milho nos municípios paranaenses, bem como a sua capacidade de estocagem;
- ✓ Identificar técnicas de Pesquisa Operacional adequadas para a sua resolução;

- ✓ Apresentar a situação atual de armazenagem no estado do Paraná, identificando qual seria a sua capacidade ideal de seus silos;
- ✓ Analisar diversos cenários prevendo a localização ideal de novos armazéns de tal forma que a capacidade de armazenagem seja suficiente para atender a produção de soja e milho paranaense.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa é composta por cinco capítulos, sendo que, além deste capítulo 1, tem-se o capítulo 2 que apresenta o referencial teórico a respeito dos métodos de localização de facilidades, incluindo os métodos exatos, simulação, métodos multicritérios e algoritmos heurísticos e meta-heurísticos, além do problema de  $p$ -mediana e o problema inteiro binário, bem como os trabalhos correlatos.

O capítulo 3 descreve o problema, abordando questões referentes à soja e ao milho, bem como sua armazenagem, desde sua situação mundial, brasileira e no estado do Paraná. O capítulo 4 apresenta os cenários e a análise dos resultados.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

Este capítulo aborda o conhecimento teórico, com informações relevantes, a respeito dos métodos de localização de facilidades, apresentando um breve histórico sobre seu desenvolvimento, suas particularidades e os métodos utilizados, bem como suas respectivas características. É apresentado também o problema de  $p$ -mediana e a sua formulação como Problema de Programação Linear Inteiro Binário.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

Os métodos de localização objetivam encontrar o melhor local para a instalação de uma ou mais facilidades. As facilidades podem ser variadas como, por exemplo, fábricas, armazéns, lojas de varejo, hospitais, clínicas e centrais telefônicas. Segundo Revelle e Eiselt (2005), a análise de localização se refere à modelagem, formulação e solução de uma classe de problemas que pode ser descrita como situar instalações em determinado espaço.

O objetivo deste tipo de problema é determinar a localização de instalações de tal forma que as “vantagens” máximas possam ser obtidas em virtude da localização, em termos de medidas de desempenho desejáveis (RANDHAWA e WEST, 1995).

A decisão a respeito da localização de facilidades é uma das mais importantes decisões, tanto para empresas públicas quanto privadas, pois define o sucesso do negócio, envolve grandes investimentos e é muito difícil de ser desfeita.

Vários fatores influenciam na decisão da localização como, por exemplo, a minimização de custos, a proximidade dos fornecedores e dos consumidores, a infraestrutura local, a localização dos competidores, barreiras governamentais, impacto econômico, danos ambientais, determinação do número de instalações que são necessárias para garantir aconselhável nível de serviço, entre outros, variando de acordo com o tipo de empresa (PERIÇARO, VOLPI e SANTOS, 2007; BARRETO, 2004; MAPA E LIMA, 2007; LOPES E ALMEIDA, 2008; CARRARA, 2007; CURRENT, MIN e SCHILLING, 1990; RANDHAWA e WEST, 1995).

No que diz respeito à localização de armazéns, Korpela e Tuominen *apud* Romero (2006), consideram que a decisão de locais possui um efeito significativo nos tipos de transporte, nos mercados a serem servidos e no nível de serviço oferecido. A

disponibilidade e confiabilidade dos serviços de transportes são fatores importantes, que devem ser considerados na seleção de locais.

O primeiro problema com o objetivo de encontrar um ponto minimizando o somatório das distâncias entre três pontos em um plano foi formulado por Fermat no século XVII. Dando seguimento ao trabalho, Alfred Weber, apresentou um estudo para obter a localização ótima de infraestruturas considerando diferentes pesos para cada ponto periférico (PLASTRIA *apud* FRIAS, 2010).

Quando o economista alemão Joachim von Thünen escreveu “The Isolated State” foi reconhecida a importância da análise da localização da rede estrutural. O autor tinha como princípio básico que o valor de um produto perde-se com a distância até o mercado de venda primário (BOWERSOX, GLOSS e COOPER, 2006).

Um dos problemas de localização de instalações mais significativas foi proposto pela primeira vez por Cooper (1963). Nele, o número de instalações era conhecido e os custos fixos eram os mesmos para todas elas. Outro tipo especial de problema de localização foi apresentado pela primeira vez por Church e Reville (1974), e tinha como objetivo garantir um conjunto de facilidades para cada cliente (NOOR-E-ALAM, MAH e DOUCETTE, 2012).

Desde então, os modelos se tornaram cada vez mais complexos, abrangendo o máximo possível de variáveis pertinentes ao sistema. No ano de 1964, a teoria da localização ganhou impulso considerável com a publicação do trabalho de Hakimi, considerando o problema geral de localizar uma ou mais instalações em uma rede para minimizar a soma das distâncias ou a máxima distância entre as instalações e outros pontos da rede (MONTEIRO e LEAL, 2008; SILVA, 2006; NOVAES, 2007).

Ao longo das últimas décadas, os problemas de localização de facilidades têm sido amplamente estudados em uma variedade de setores, resultando no desenvolvimento de diversos métodos e um número notável de soluções particularmente concebidas para os vários tipos de problemas de localização. Os exemplos podem incluir instalações públicas, tais como escolas e bibliotecas que estão localizadas para melhor atender às comunidades, como também empresas privadas (SONMEZ e LIN, 2012; NOOR-E-ALAM, MAH e DOUCETTE, 2012; BALLOU, 2001; MONTEIRO E LEAL, 2008).

Segundo Marianov e Serra *apud* Farias, (2010), os modelos são considerados públicos quando pretendem minimizar os custos sociais, universalidade dos serviços,

eficiência ou equidade, ou privados quando objetivam a maximização do lucro ou a obtenção de cotas de mercado dos competidores.

Os modelos de localização normalmente otimizam um ou mais objetivos sujeitos a restrições físicas, estruturais e políticas. A complexidade do problema de localização depende de sua natureza e do critério a ser considerado para a decisão, porém eles possuem duas características distintas, são de difícil resolução, pois mesmo sua versão mais simples é NP-Difícil (Não-Polinomial-Difícil), termo relacionado à complexidade do algoritmo e, segundo, pela capacidade de modelar ou aparecer como subproblemas de vários outros problemas (DIAS, 2008; CURRENT, RATICK e REVELLE, 1997; NOOR-E-ALAM, MAH e DOUCETTE, 2012).

Os problemas de localização podem ocorrer em dois ambientes de referência, plano e rede. No plano podem ser utilizadas as distâncias euclidianas, em que se aplica o princípio que a distância mais curta entre dois pontos é dada pelo segmento da reta que os une. Na rede, os possíveis caminhos entre os pontos são levados em consideração (PIZZOLATO, RAUPP e ALZAMORA, 2012).

De acordo com Current, Min e Schilling (1990), Owen e Daskin (1998), Bandeira (2006) e Queiroz (2008) modelos de localização de facilidades podem ser caracterizados como:

- Problemas de instalações capacitados ou não capacitados (nestes, assume-se que cada unidade não tem limites em sua capacidade). Nesse caso, cada cliente recebe toda a demanda necessária de uma instalação. Quando cada unidade tem uma capacidade limitada é chamado de problema de localização de facilidade capacitada, neste caso, cada cliente só pode ser atendido por uma instalação (HOLMBERG, RÖNNQVIST e YUAN, 1999);
- Problemas de localização simples ou de múltiplas instalações – segundo Arabani e Farahani (2012), no caso de localização simples, a nova facilidade deve ser localizada de modo que as distâncias com as demais instalações sejam minimizadas tanto quanto possível. O problema de múltiplas instalações é similar, porém várias novas instalações deverão ser alocadas em locais ótimos.
- Espaço de busca contínuo, discreto ou de rede – no espaço contínuo as instalações podem ser localizadas em qualquer lugar na região de estudo. No segundo, as localizações potenciais são limitadas a um número finito de

locais discretos, enquanto que, na rede, os locais potenciais da facilidade estão situados ao longo de alguma rede subjacente.

- Modelos determinísticos, no qual a saída é determinada uma vez que as configurações de entrada e os relacionamentos no modelo foram especificados. Modelos estocásticos são aqueles em que, pelo menos uma variável precisa ser representada por uma distribuição de probabilidade.
- Modelo estático ou dinâmico na natureza. Nos modelos estáticos todas as facilidades são abertas uma vez e permanecem abertas pelo horizonte do planejamento. Os modelos dinâmicos reconhecem que os parâmetros do problema podem variar com o passar do tempo, assim, tentam explicar estas mudanças sobre um período de tempo. Ou seja, estes modelos são designados para os problemas onde as facilidades serão abertas e, possivelmente, fechadas com o passar do tempo, de acordo com mudanças nos parâmetros do problema.

Rocha (2008) adiciona a estes, os modelos de alocação e roteamento onde o problema pode ser de Localização-Alocação, nos quais os pontos de demanda absorvem as demandas totais, sendo alocados de forma otimizada às facilidades ou Localização-Roteamento, onde a eficácia total da posição da facilidade depende não somente das distâncias individuais para cada cliente, mas também da eficiência das rotas dos veículos, necessárias para servir os vários pontos de demanda.

Segundo Romero (2006), os modelos e métodos de localização de facilidade podem ser divididos em: otimização ou Programação Linear (métodos exatos), simulação, heurísticas e métodos multicritérios.

Os *clusters*, agrupamentos de pontos de demanda em torno das medianas, também podem ser utilizados no estudo de localização de facilidades. Matteucci *apud* Vallim Filho (2007) define *clusterização* como o processo de organizar elementos em grupos cujos membros são similares de alguma forma. Jain e Dubes *apud* Barreto *et al.* (2007), definem *cluster* como regiões que são conectadas em um espaço multidimensional contendo pontos de alta densidade, separadas por outras regiões contendo pontos de baixa densidade.

Bandeira (2006) afirma que a escolha do modelo a ser utilizado na análise de localização varia de acordo com a precisão desejada para os resultados, com as

características da rede e com a disponibilidade de recursos financeiros e de tempo. Nas próximas seções são apresentados alguns métodos de localização de facilidade.

### 2.1.2 Métodos Exatos

De acordo com Luna *apud* Silva (2006), a Pesquisa Operacional (PO) é a ferramenta de apoio à tomada de decisão mais tradicional, caracterizando-se pela abordagem da solução de problemas através da modelagem matemática.

A área de PO fornece ferramentas quantitativas no processo de análise de decisões. É uma técnica importante para determinar a melhor utilização de recursos e otimizar processos (ALES, 2008).

Esta área consiste no desenvolvimento e aplicação de métodos científicos de sistemas complexos, com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas. Uma das características da PO é o ponto de vista abrangente, desta forma ela tenta solucionar os conflitos de interesses entre as unidades da organização de maneira a selecionar uma solução ótima para o problema considerado (ARENALES *et al.*, 2011; HILLIER E LIEBERMAN, 2010).

Os modelos de programação matemática são exemplos de métodos exatos que se referem a procedimentos com capacidade de garantir uma solução matematicamente ótima para o problema de localização ou, pelo menos, uma solução de acurácia conhecida. Entretanto, os métodos exatos podem resultar em um consumo de tempo de processamento de computador muito longo, uma grande necessidade de memória e em uma definição de problema comprometida quando aplicada aos problemas práticos (BALLOU, 2001).

Para Wagner *apud* Silva (2006), os modelos de Programação Linear estão entre as abordagens mais bem sucedidas de PO, em virtude de suas aplicações serem as de maior impacto econômico.

Assim, a PO pode ser utilizada para resolver os problemas de localização de instalação. Um dos primeiros trabalhos a serem realizados foi o de Geoffrion e Graves (1974), que apresentou um modelo de rede de distribuição de *multi-comodities* utilizando Programação Inteira Mista e a decomposição de Benders para convergir mais rapidamente para a solução (VALLIM FILHO, 2007; MONTEIRO E LEAL, 2008).

De acordo com Goldbarg *apud* Peričaro, Volpi e Santos (2007), uma importante característica da PO é a utilização de modelos que são representações simplificadas da

realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada. Esses modelos permitem a realização de experimentos permitindo que uma decisão possa ser avaliada e testada antes de ser implementada.

As técnicas mais utilizadas de PO incluem a Programação Linear, Programação Inteira, Programação Dinâmica, Programações por Metas, entre outras (BANDEIRA, 2006). Ehrlich (1982), Andrade (2009), Lachtermacher (2004), Chopra e Meindl, (2003) apresentam algumas definições destas técnicas:

- Programação Inteira – uma ou mais variáveis de decisão são representadas apenas por valores inteiros. Estes problemas podem apresentar dois tipos básicos:
  - ✓ Programação Inteira Total (Pura): todas as variáveis de decisão são do tipo inteiro;
  - ✓ Programação Inteira Mista: apenas uma parte das variáveis é do tipo inteiro, enquanto outras são do tipo real. Tem como objetivo alocar a demanda de mercados diferentes em diversos depósitos de modo a minimizar o custo total de instalações, transporte e estoque.
- Programação Binária – as variáveis só podem assumir valores “0” ou “1”. Em geral, qualquer problema de Programação Inteira pode ser reformulado como de Programação Binária.
- Programação Linear – Algumas situações reais podem ser descritas por uma função objetivo, a ser maximizada ou minimizada, satisfazendo restrições lineares de igualdade ou de desigualdade (ALES, 2008). Na Programação Linear todas as funções-objetivo e restrições são representadas por funções lineares;
- Programação Não-Linear – problemas de otimização em que a função objetivo e/ou pelo menos uma das restrições envolvidas não são funções lineares das variáveis de decisão.
- Programação Dinâmica – é uma técnica que pode ser utilizada para resolver problemas de Programação Linear, Programação Inteira e Programação Não-Linear. Além disso, ela possui uma capacidade superior no tratamento de problemas em que as decisões são sequenciais e com horizonte não necessariamente finito. Esta técnica possui alguns inconvenientes, como a

dificuldade em se padronizar a modelagem dos problemas e algumas limitações computacionais;

- Programação por Metas – faz parte do “acervo” de solução de problemas reais da Programação Linear. Útil em ambientes em que o tomador de decisão é “forçado” a resolver um problema que possui múltiplos objetivos. Por este motivo, muitas vezes a Programação por Metas é classificada como pertencendo à otimização linear de múltiplos objetivos. Esse mesmo tipo de problema pode ser resolvido por outras técnicas probabilísticas, mas no caso em que as decisões são determinísticas, a Programação por Metas é uma das ferramentas mais poderosas.

De acordo com Romero (2006), o modelo de cobertura, modelo do centro de gravidade e o problema das medianas são os modelos de otimização para resolução de problemas de localização discutidos com mais frequência.

Os modelos de cobertura têm como objetivo minimizar o custo de localização de uma facilidade, maximizando a área de cobertura. Este tipo de modelo pode ser dividido em *Location Set Covering Problem* (conjunto de problemas de cobertura) e *Maximal Covering Problem* (problemas de máxima cobertura) (SANTOS, 2012).

Segundo Owen e Daskin (1998), o conjunto de problemas de cobertura tem como objetivo minimizar o custo da localização da instalação de tal forma que um nível específico de cobertura seja obtido. Este método permite examinar quantas instalações são necessárias para garantir certo nível de cobertura para todos os clientes, porém em muitas aplicações práticas, os recursos não são suficientes para construir as instalações determinadas pelo nível desejado de cobertura.

Desta forma, o problema de localização de máxima cobertura, formulado por Church e Reville em 1974, tem como objetivo localizar facilidades que atendam o maior número de indivíduos de uma população, considerando uma determinada distância ou um tempo padrão do ponto de demanda (CÔRREA e LORENA, 2006).

Segundo Romero (2006), o problema das medianas possui um número fixo de instalações e busca maximizar a acessibilidade e efetividade do sistema, minimizando o custo total da distribuição.

### 2.1.3 Simulação

De acordo com Ballou (2001), um modelo de simulação de localização de instalação refere-se a uma representação matemática de um sistema logístico por demonstrações algébricas e lógicas que podem ser manipuladas por meio de um computador.

A simulação na PO envolve a construção de um modelo que é predominantemente matemático. O modelo de simulação descreve a operação do sistema em termos dos eventos individuais de cada componente do sistema (HILLIER e LIEBERMAN *apud* GAVIRA, 2003).

Conforme Queiroz (2008), os métodos de simulação são aplicados na existência de situações incertas, quando a complexidade do sistema dificulta a compreensão para o exato equacionamento do sistema ou quando a magnitude do modelo de otimização o torna computacionalmente inviável.

A simulação permite a avaliação do desempenho de diversas alternativas e também uma descrição detalhada do problema, tornando seu tratamento mais realista (ROMERO, 2006).

As técnicas de simulação podem ser estáticas ou dinâmicas, determinísticas ou estocásticas e discretas ou contínuas. Os modelos estáticos avaliam os fluxos de produtos como se todos ocorressem em um único ponto no período analisado e, os dinâmicos consideram as mudanças ao longo do tempo (BANDEIRA, 2006).

Modelos determinísticos não contêm variáveis aleatórias, possuem um conjunto conhecido de entradas as quais irão resultar em um único conjunto de saídas. Modelos estocásticos possuem uma ou mais variáveis aleatórias de entrada que geram saídas também aleatórias. Nos modelos de simulação discretos, as mudanças no estado do sistema ocorrem somente em pontos isolados de tempo, considera-se que o estado do sistema não se altera ao longo do intervalo compreendido entre dois eventos consecutivos. Já na simulação contínua, o modelo trata mudanças de comportamento continuamente no tempo (BARBOZA, 2005).

Os modelos de simulação têm como vantagem o fato de serem mais realistas, aplicáveis a processos de modelagem evolutivos e a problemas mal estruturados; possuem facilidade de comunicação, soluções rápidas, grande flexibilidade, exploração de possibilidades, entre outros. Como desvantagens, os modelos de simulação podem apresentar resultados de difícil interpretação, a modelagem e simulação são

dispendiosas em termos de custo e tempo, sua modelagem é difícil, entre outros (GAVIRA, 2003).

#### 2.1.4 Multicritério

No que diz respeito aos métodos multicritério, Iañez *apud* Romero (2006), afirma que a sua utilização tem como objetivo auxiliar a tomada de decisão em problemas onde não existe uma solução ótima, sendo necessária a análise de *trade-offs* existentes e subsequente escolha da melhor alternativa.

Métodos multicritérios podem ser definidos como a avaliação das alternativas para fins de seleção ou classificação, utilizando um número de critérios qualitativos e/ou quantitativos que têm diferentes unidades de medida (ÖZCAN, ÇELEBI e ESNAF, 2011).

De acordo com Randhawa e West (1995), a estrutura do modelo multicritério permite a consideração de fatores que têm medidas diferentes, níveis diferentes de importância para a decisão, e aqueles que podem apresentar objetivos conflitantes. O modelo de decisão multicritério envolve um processo de cinco etapas: identificar um conjunto de atributos para avaliar locais candidatos, desenvolver pesos de atributos que refletem a importância relativa dos atributos no ambiente de decisão, avaliar ou medir cada local com respeito a cada atributo, agregar os pesos de atributos e medidas em uma classificação de mérito global de cada local e realizar a análise de sensibilidade.

A aplicação real de métodos multicritério exige o processamento de dados imprecisos, incertos, qualitativos ou vagos (DHEENA e MOHANRAJ, 2011).

Alguns exemplos deste método são o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), AHP (*Analytic Hierarchy Problem*), entre outros (Queiroz, 2008). Segundo Romero (2006), o AHP foi desenvolvido por Thomas Lorie Saaty na década de 70, sendo que neste método um sistema decisório complexo deve ser definido através de uma estrutura hierárquica. De acordo com Kuo, Chi e Kao (2002), uma das principais vantagens deste método é a relativa facilidade com que ele manipula os vários critérios. Em adição a isto, o AHP é mais fácil de entender e pode, eficazmente, tratar os dados qualitativos e quantitativos.

TOPSIS é uma metodologia de tomada de decisão de critérios múltiplos que determina alternativas de solução a partir de um conjunto finito, maximizando a

distância entre o ponto negativo ideal e minimizando a distância entre o ponto ideal positivo (ÖZCAN, ÇELEBI e ESNAF, 2011).

### 2.1.5 Algoritmos Heurísticos

Outra abordagem utilizada para a solução de problemas de localização de instalações são os métodos heurísticos que, de acordo com Pirlot *apud* Vallim Filho (2007), utilizam princípios organizados em torno de uma estratégia geral de busca que levam a uma solução para o problema.

Os métodos heurísticos podem ser definidos como qualquer princípio ou conceito que contribui para reduzir o tempo médio de pesquisa de uma solução. Estes métodos não garantem uma solução ótima, mas sim, benefícios de tempo de processamento de computador e necessidades de memória razoável, boas representações da realidade e uma qualidade de solução satisfatória.

Segundo Hinkle e Kuehn *apud* Bandeira (2006), a heurística é um processo análogo ao de tentativa e erro humano para pesquisar soluções aceitáveis para problemas nos quais os algoritmos de otimização não estão disponíveis.

Os métodos heurísticos podem fazer uso de meta-heurísticas como ferramenta algorítmica geral que pode ser aplicada a diferentes problemas de otimização com modificações relativamente pequenas, para torná-la adaptável a um problema específico conduzindo a uma boa solução de um problema, porém sem garantir uma solução ótima, (BECCENNERI *apud* CARRARA, 2007).

Os métodos heurísticos podem ser subdivididos em Algoritmos Heurísticos Construtivos, que utilizam técnicas de adição na construção do problema com um processo contínuo e gradativo. Ou podem ser de melhoramento ou evolutivos que são técnicas em que, a partir de uma solução inicial, são feitas trocas com o objetivo de melhorá-la. A cada passo são feitas trocas a fim de diminuir o custo original da rota, no caso de se estar trabalhando com um Problema de Roteamento de Veículos. As tentativas de troca são realizadas até um determinado critério de parada pré-estabelecido, tais como um determinado número de iterações, tempo de processamento ou não existência de soluções melhores a partir de determinado número de tentativas (SCHEPKE *et al.* *apud* GOMES, 2011; QUEIROZ, 2008).

Alguns exemplos de modelos heurísticos são:

- algoritmos *ADD* e *DROP* (Incluir e Excluir) - inicialmente propostas por Kuehn e Hamburger (1963) e Feldman, Leher e Ray (1966), respectivamente, para o caso de problemas de localização não capacitados, são heurísticas *greedy* (conhecida como ‘gulosa’ porque seleciona uma instalação com base no que é melhor em cada iteração, sem olhar à frente). A heurística *ADD* inicia o processo com todas as facilidades fechadas e vai abrindo a que for mais econômica. O processo termina quando não for mais possível abrir alguma facilidade que possa melhorar o custo total. Ao contrário, a heurística *DROP* inicia com todas as facilidades abertas e vai fechando aquela que for menos econômica. Tais heurísticas foram generalizadas para o caso capacitado por Jacobsen (1983), que também apresentou adaptações nas mesmas, usando formas aproximadas para cálculo das variações nos custos de atendimento ao se abrir ou fechar uma facilidade (DIAS, 2008);
- algoritmo de Gillett e Johnson – segundo Tibúrcio (2012), este algoritmo consiste em designar cada ponto de demanda a uma mediana, dentre as definidas anteriormente através do processo *ADD* e *DROP*, utilizando como fator de decisão um valor que representa a urgência com que o ponto de demanda deve ser alocado. O critério originalmente utilizado para definir a urgência de designação é a razão entre a primeira e a segunda menor distância do ponto de demanda até a mediana;
- algoritmos *greedy-adding* e *greedy-adding with substitution* - comumente utilizado para resolver problemas de localização, é um algoritmo ‘guloso’, pois ao encontrar a primeira instalação que otimiza o objetivo, adiciona essa facilidade para o conjunto selecionado, e escolhe como a próxima instalação, combinada com as instalações já selecionadas, na tentativa de otimizar o objetivo. Em seguida, ele acrescenta a facilidade para o conjunto selecionado, e repete isso até que o número desejado de instalações seja escolhido (LIM e KUBY, 2010). Segundo Arakaki (2003), o resultado é a máxima cobertura, porém, isto não garante que se encontre a solução ótima. O algoritmo *Greedy-Adding with substitution* tenta melhorar a solução parcial em cada iteração, pois procura trocar as facilidades por outras que ainda não foram selecionadas;

- algoritmo de  $p$ -medianas de Teitz e Bart – segundo Alves *et al.* (2011), esta heurística é baseada na substituição de vértices e seu objetivo é, a partir de uma solução inicial, melhorar o valor da função objetivo a cada iteração. Rosa (2011) ressalta que este algoritmo apenas indica quais são os vértices que minimizam a soma das distâncias aos demais vértices não escolhidos, porém o algoritmo não indica quais vértices serão atendidos pelas medianas;
- algoritmo de *savings* (economias) de Clarke e Wright - proposto pelos pesquisadores que deram o nome ao algoritmo (Clarke e Wright, 1964), este algoritmo inicia com um processo iterativo que visa percorrer todas as cidades duas a duas, de maneira a calcular as economias deste deslocamento considerando ainda, o custo de retornar ao ponto inicial (SCHEPKE *et al. apud* GOMES, 2011; QUEIROZ, 2008).

### 2.1.6 Algoritmos Meta-heurísticos

Meta-heurísticas são consideradas heurísticas de uso e aplicação geral destinadas a encontrar uma boa solução, eventualmente a ótima, consistindo na aplicação em cada passo, de uma heurística subordinada, a qual tem que ser modelada para cada problema específico (GOMES, 2011; CHAVES *apud* KONOWALENKO, 2012).

De acordo com Farahani, SteadieSeifi e Asgari (2010) são abordagens de pesquisa mais eficientes para problemas maiores e mais complicados.

Segundo Gomes (2011), uma meta-heurística tem como característica fundamental a habilidade de diversificar o campo de soluções e “escapar” de um ótimo local. No processo iterativo de busca de soluções, as meta-heurísticas ao atingirem ótimos locais executam mecanismos de “fuga” dessa região de soluções de diversas maneiras diferentes, dentre as quais se destacam a permissão de soluções inferiores em casos de maximização ou superiores em caso de funções-objetivo de minimização.

Segundo Rocha (2008), Dias *apud* Rosa (2011), Mladenović *et al.* (2007), Samarghandi e Eshghi (2010), Yamamoto (2004) as meta-heurísticas mais citadas na literatura são:

- Algoritmos Genéticos (AG) - criados por Holland (1975), são baseados nos processos observados na evolução natural das espécies e têm sido muito utilizados nas últimas duas décadas. Segundo Gurgel (2010), estes

algoritmos fazem analogia com o fenômeno biológico da reprodução evolucionária utilizando operadores de cruzamento e mutação, ou seja, um grupo de soluções é adotado e evolui continuamente. Segundo Puente-Maury, Mejía-Alvarez e Levya-del-Foyo (2011), uma das desvantagens destes algoritmos, assim como das redes neurais, é que para problemas NP-Difícies não oferecem melhor desempenho que um algoritmo especialmente concebido para um determinado problema. Por isto, os AG têm sido utilizados na obtenção de soluções aproximadas em tempo polinomial. Alves *et al.* (2011), afirmam que os AG diferem dos métodos exatos de busca e otimização em três aspectos: trabalham a partir de um grupo de soluções, utilizam informações de custo ou recompensa e não utilizam “derivadas” ou outro conhecimento auxiliar, mas apenas regras de transição probabilísticas e não determinísticas;

- Busca Local (BL) - começa com uma determinada solução inicial e confere seus vizinhos, procurando melhores soluções. Se tais soluções existirem, então a busca local designa a melhor solução achada nos vizinhos como a solução atual e repete o processo. No caso dos vizinhos da solução atual não possuírem nenhuma solução melhor, o método retorna a solução atual e termina;
- Busca Tabu (BT): desenvolvido por Glover (1986), cria procedimentos adaptativos para guiar uma heurística de busca local, visando encontrar soluções espaciais além do ótimo local. Tal método segue o princípio básico da busca local, movendo-se, a cada iteração, para a melhor solução disponível nos vizinhos. Depois de cada iteração, o movimento selecionado para a obtenção da solução atual é colocado em uma lista tabu e fica lá por um número pré-definido de iterações, não podendo participar em movimentos durante este período, a menos que tais movimentos satisfaçam um “critério de aspiração” pré-estabelecido. Esta estrutura permite que a BT continue explorando os espaços de soluções, sem parar pela ausência de movimentos de melhora e sem voltar a um ótimo local do qual acabou de sair. A BT também utiliza mecanismos como a diversificação e intensificação. Diversificação garante que o algoritmo procure em todas as zonas do espaço de solução antes de convergir para a solução final. A

intensificação força o algoritmo a procurar o grupo de soluções com especificações desejáveis mais abrangentes;

- *Greedy Randomised Adaptive Search Procedure (GRASP)*: este é um método iterativo “multi-arranque”, onde a cada iteração é usado um algoritmo construtivo guloso aleatorizado para gerar uma solução admissível, que é, em seguida, submetida a um processo de melhoramento por pesquisa local. Cada iteração consiste de duas fases, uma fase de construção e outra de busca local. Segundo Santos, Vianna e Vianna (2011), na fase construtiva cria-se uma solução viável utilizando-se um algoritmo guloso aleatorizado, cuja vizinhança é explorada até um ótimo local ser encontrado na etapa de busca local. A melhor entre todas as soluções é retornada como resultado;
- *Particle Swarm Optimization (PSO)* – proposto por Kennedy e Eberhart (1995), esta meta-heurística é destinada à resolução de problemas irrestritos de otimização não-linear. Neste método, gera-se uma população inicial de partículas (indivíduos), cada qual numa posição inicial do espaço de soluções e dotada de uma velocidade inicial. Cada partícula percorrerá o espaço de busca  $n$ -dimensional e terá sua velocidade atualizada de acordo com a velocidade das demais partículas. Partículas que estiverem distantes das regiões promissoras do espaço de busca terão sua velocidade incrementada, enquanto as que estiverem próximas terão sua velocidade moderada (PRATA, 2012);
- *Simulated Annealing (SA)*: técnica meta-heurística utilizada em problemas de otimização combinatória. É um algoritmo de descida, ou seja, procura por um valor mínimo, que inicia com uma solução inicial, gerando outras soluções vizinhas, e calcula os custos de todas elas. Se o custo for o menor, então esta nova solução é aceita, caso contrário, a solução é descartada. O processo é repetido até que não haja melhorias.

## 2.2 PROBLEMA DAS $P$ -MEDIANAS

O método das  $p$ -medianas tem como objetivo encontrar a localização de  $p$  facilidades tal que a soma das distâncias entre os centros de demanda e oferta seja minimizada, alocando simultaneamente, os fluxos entre as facilidades e os clientes. O fato de um ponto não poder pertencer a dois grupos ao mesmo tempo pode ser obtido

através da integralidade das variáveis do problema (OWEN e DASKIN, 1998; KLOSE e DREXL, 2005; PARKER e HARDIN *apud* SCARPIN, 2007).

Em 1964, Hakimi propôs inicialmente o problema de  $p$ -mediana para uma única mediana. Em 1965, o problema foi generalizado para múltiplas medianas, propondo um simples processo de enumeração para o problema (ARAKAKI, 2003; PEREIRA, 2007; ROCHA, 2008).

Desde o seu desenvolvimento, este método recebeu grande atenção, pois é apropriado para muitas decisões de localização de instalações e é utilizado como base para problemas mais complexos (REVELLE e EISELT, 2005).

Segundo Pereira (2007) e Scarpin (2007), geralmente há apenas uma solução ótima para o problema, mas podem ocorrer casos em que existam mais de uma configuração de custo mínimo. Os dados relevantes para um problema de  $p$ -mediana são:

- a matriz de distância entre os  $n$  vértices e os locais candidatos. Tais distâncias podem ser calculadas sobre a rede de caminhos que conectam os pontos, ou como distâncias euclidianas;
- o número  $p$  de facilidades a serem instaladas;
- um número finito de pontos ( $n$ ) ou vértices, denominados pontos de demanda;
- um número finito de locais candidatos para a instalação de facilidades.

Hakimi (1965) mostrou que, para casos de problema em rede, existe uma solução ótima para a qual todas as localizações de facilidades estão nos nós da rede. Esta descoberta lhe permitiu formular a versão da rede do PMP como um Programa Inteiro Binário. Como o número de restrições aumenta exponencialmente com o tamanho do problema, a versão de Programação Linear do problema pode ser computacionalmente intratável (ROLLAND, SCHILLING e CURRENT, 1996; PEREIRA, 2007; REVELLE e EISELT, 2005; ROCHA, 2008).

Ao longo do tempo foram desenvolvidos métodos para a solução de problemas de  $p$ -mediana como heurísticos e métodos que exploram uma busca em árvore (Maranzana 1964; Teitz e Bart, 1968), que utilizam o método *branch-and-bound* (Jarvinen e Rajala 1972 e El-Shaieb, 1973), a heurística *Simulated Annealing* (Galvão e Chiyoshi, 2000), heurísticas construtivas (Rosing e Revelle, 1997), Busca Tabu

(Rolland *et al.*, 1996; Mladenovic *et al.*, 1996; Voss, 1996), *Variable Neighborhood Search* (VNS; Hansen e Mladenovic, 1997; Hansen *et al.*, 2001), *GRASP* (Resende e Werneck, 2002), Algoritmos Genéticos (Hosage e Goodchild, 1986; Erkut *et al.*, 1997; Correa *et al.*, 2004) e Algoritmo Genético Construtivo (Lorena e Furtado, 2001), técnicas baseadas em relaxação Lagrangeana iniciando-se com os trabalhos de Narula *et al.* (1977) e Cornuejols *et al.* (1977) e otimização de sub-gradientes (Beasley e Chiyoshi, 1993) e a heurística Lagrangeana/*surrogate* (Lorena *et al.*, 2001). Também foram desenvolvidas abordagens baseadas em Programação Linear (Revelle e Swain, 1970; Swain, 1974; Garfinkel *et al.*, 1974), Programação Dinâmica (Jensen, 1969), entre outros (PEREIRA, 2007; DETOFENO, 2009).

A próxima seção apresenta o problema de localização de  $p$ -medianas como um Problema de Programação Linear Inteira Binário.

### 2.2.1 Modelagem Matemática do Problema das PM

Nesta pesquisa será utilizado o modelo matemático de Programação Linear Inteiro Binário para apresentar os diferentes cenários, tendo-se em vista a otimização com relação à localização e ao número de instalações. Conforme já apresentado, nos modelos de Programação Binária, cada variável só pode assumir o valor “0” ou “1”. Este fato representa a seleção ou rejeição de uma opção, uma resposta sim/não entre muitas outras situações (CHINNECK, 2004).

A Programação Linear Inteira Binária é uma extensão da Programação Linear, sendo utilizada para problemas nos quais os recursos em questão têm apenas duas possibilidades: serem utilizados ou não (ANDRADE, SCARPIN E STEINER, 2012).

A função objetivo busca minimizar a distância total entre cada vértice de demanda e a mediana mais próxima. O modelo matemático (EHRlich, 1982) é apresentado a seguir.

Sendo  $x_{i,j}$  a matriz de alocações, onde:

- $x_{i,j} = 1$ , se o vértice  $x_j$  é alocado ao vértice  $x_i$  e
- $x_{i,j} = 0$ , caso contrário e, além disso,
- $x_{i,i} = 1$ , se o vértice  $x_i$  é um vértice-mediana e
- $x_{i,i} = 0$ , caso contrário.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{i,j} x_{i,j} \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \text{ para } j = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ii} = p \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \leq x_{ii}, \text{ para } i, j = 1, \dots, n \quad (2.4)$$

$$x_{ij} = 1 \text{ ou } 0 \quad (2.5)$$

onde:

- A função objetivo, apresentada na equação (2.1), minimiza as distâncias ponderadas  $d_{i,j}$ ;
- As restrições em (2.2) garantem que todo vértice  $x_j$  é alocado a um e somente um vértice-mediana  $x_i$ ;
- A restrição (2.3) garante que existem apenas  $p$  vértices medianas;
- As restrições em (2.4) garantem que as alocações só podem ser feitas a vértices-medianas;
- As restrições em (2.5) impõem a integralidade, isto é,  $x_{i,j}$  são variáveis binárias podendo assumir os valores “0” ou “1”.

O modelo apresentado pode ser solucionado através do Método Simplex. Como, provavelmente, os valores obtidos para as variáveis não serão binários, dá-se prosseguimento fazendo uso do método *branch-and-bound* ou algum outro método que seja “capaz” de transformar seus valores em binários.

Os problemas de Programação Inteira Binária com  $n$  variáveis possuem  $2^n$  soluções a serem consideradas, nas quais algumas delas podem ser descartadas posteriormente, pois violam as restrições funcionais. Portanto, cada vez que  $n$  for incrementado em um, o número de soluções dobra (HILLIER & LIEBERMAN, 2010).

Se o problema for capacitado, a restrição (2.6), a seguir, deverá ser adicionada ao modelo anteriormente apresentado:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} d_j \leq x_{ii} c_i, \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

As restrições em (2.6) consideram as demandas  $d_j$  dos pontos  $x_{ij}$  e as capacidades  $c_i$  das medianas (armazéns)  $x_{ii}$ , garantindo que a capacidade dos armazéns não seja ultrapassada.

## 2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Tcha e Lee (1984) discutem o problema de localização de instalações em um sistema de distribuição multinível onde *commodities* são enviadas do nível origem para pontos de destino através de um número de instalações de nível intermediário. O problema é formulado como um Problema Linear Inteiro Misto e resolvido através do uso do método *Branch-and-Bound*.

Kim e Kim (2010) utilizam o algoritmo *Branch-and-Bound* para definir locais de sistemas de saúde voltados aos cuidados às pessoas idosas, com o objetivo de equilibrar o número de pacientes designados para as instalações.

Klose e Görtz (2007) utilizam o método *Branch-and-Price* para solucionar o problema de localização de instalação capacitado. Este é um problema de otimização combinatória com aplicações em distribuição e planejamento da produção, consistindo na seleção de plantas a partir de um conjunto finito de locais potenciais e exigências dos clientes a fim de minimizar os custos de operação e de transporte.

Beasley (1988) utiliza um algoritmo baseado na relaxação lagrangeana de Programação Inteira Mista para localização de armazéns.

Hinojosa, Puerto e Fernández (2000) tratam de um problema de localização de instalações onde se deseja estabelecer instalações em dois diferentes níveis de distribuição, selecionando os períodos de tempo. O problema é resolvido por meio de uma formulação como um Problema de Programação Inteira Mista e Relaxação Lagrangeana.

Rolland, Schilling e Current (1996) apresentam uma heurística para a solução do problema de  $p$ -mediana. O algoritmo é baseado em princípios de Busca Tabu. Samarghandi e Eshghi (2010) utilizam a meta-heurística Busca Tabu para o problema de localização de uma única facilidade.

Brandeau e Chiu (1989), Owen e Daskin (1998), Hale e Moberg (2003) e Revelle e Eiselt (2005) utilizam os modelos de localização de instalações em diversas áreas, tais como sistemas de distribuição, redes de telecomunicações, redes de transporte e sistemas de saúde. Correa *et al.* (2004), Osman e Ahmadi (2007) consideram problemas de encontrar locais das instalações com o objetivo de minimizar o custo, distância de viagem ponderada ou o número de instalações.

Revelle, Eiselt e Daskin (2008) apresentam uma revisão bibliográfica em trabalhos recentes em localização discreta e modelagem. Os artigos revisados são relacionados aos problemas de  $p$ -mediana que utilizam os métodos de heurística langrangeana, Algoritmos Genéticos, Busca Tabu, Programação Dinâmica, *Simulated Annealing*, GRASP modificado, *Branch-and-Bound*, Teitz e Bart, Decomposição Lagrangeana, *Branch-and-Price*, dentre outros.

Klose e Drexl (2005) realizam uma revisão das contribuições para o estado da arte nos problemas de localização de facilidade, focando nos pressupostos fundamentais, modelos matemáticos e referências específicas para abordagens de solução.

Revelle e Eiselt (2005) e Owen e Daskin (1998) apresentam uma revisão a respeito dos problemas de localização. Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) abordam tipologias metodológicas, examinando problemas de localização no plano e em redes, com destaque para o modelo da  $p$ -mediana e suas múltiplas extensões. O trabalho também aborda alguns métodos de solução, tanto heurísticos como exatos. Sridharan (1995) apresenta uma revisão de métodos de solução para o problema de localização de facilidade capacitada, considerando procedimentos heurísticos e exatos. Já Nagi e Salhi (2007) propuseram um esquema de classificação para algoritmos exatos e heurísticos e apresentam sugestões para futuras pesquisas.

Aikens (1985) analisa algumas das importantes contribuições que foram feitas no estado relevante e atual do conhecimento, como formulações de modelos e abordagens de solução, que abordam o problema de localização de armazéns.

Mladenović *et al.* (2007) analisam o problema de  $p$ -mediana, com o objetivo de proporcionar uma visão geral sobre os avanços em resolvê-lo através de procedimentos recentes baseados em regras meta-heurísticas.

Zhu, Chu e Sun (2010) utilizam relaxação lagrangeana para tratar do problema de localização de facilidade capacitada considerando clientes e fornecedores, ou seja, a

distribuição do produto a partir das plantas aos clientes e o fornecimento de material dos fornecedores para as plantas são consideradas em conjunto.

Lim e Kuby (2010) apresentam três algoritmos heurísticos, *greedy*, *greedy* com substituição e Algoritmo Genético para a determinação da localização ótima para estações de reabastecimento de combustíveis alternativos, como o hidrogênio, álcool, biodiesel, gás natural ou eletricidade. Um modelo de Programação Linear Inteira Mista foi formulado para se obter uma solução ótima.

Yao *et al.* (2010) utilizam a Programação Não-Linear Inteira Mista para determinar o número e a localização de armazéns, distribuição da demanda de clientes e os níveis de estoque dos armazéns. O objetivo é minimizar o custo total esperado garantindo o nível de serviço desejado.

Arakaki e Lorena (2006) desenvolveram uma nova heurística de localização-alocação (HLA), para problemas de localização de facilidades. A HLA foi aplicada a dois problemas: o problema de localização de máxima cobertura e o problema de  $p$ -mediana capacitado com o intuito de uma possível integração a Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Noor-E-Alam, Mah e Doucette (2012) desenvolveram modelos de Programação Linear Inteira para problemas de localização de lâmpadas em um parque. Santos, Souza Junior e Bouzada (2012) utilizam a Programação Inteira para solucionar um problema característico de logística da Marinha do Brasil atinente à alocação, transporte e distribuição de gêneros frigorificados para as Organizações Militares da área do Grande Rio (RJ).

Sonmez e Lim (2012) discutem duas situações que ocorrem simultaneamente, a mudança da demanda futura e a incerteza no número de futuras instalações. Os autores fazem uso da Programação Inteira e de um algoritmo de decomposição.

Habibi, Masehian e Beheshti (2007) realizam o planejamento da trajetória de robôs em ambiente 2D, utilizando Programação Inteira Binária. Carmo (2008) utiliza a Programação Linear Inteira Binária para determinar a configuração ótima para a localização de uma agro-indústria avícola e sua rede.

Current, Ratick e ReVelle (1997) apresentam dois métodos relacionados para analisar os problemas de instalação de localização dinâmica em que o número total de unidades a serem localizadas é incerto. O procedimento é apresentado no contexto do problema de localização de  $p$ -mediana formulado como Problema Linear Inteiro Binário.

Van den Berg *et al.* (1998) apresentam um modelo com uma restrição sobre a atividade de reabastecimento. Os autores modelam o problema como Programação Binária e algumas heurísticas.

Barcelos, Pizzolato e Lorena (2004) avaliaram a atual localização das escolas públicas, identificando regiões onde há excesso ou escassez de vagas e apresentaram uma proposta de localização resultante da aplicação do modelo da  $p$ -mediana. Além disso, consideram o modelo das  $p$ -medianas capacitado supondo unidades escolares com capacidade definida.

Rozental e Pizzolato (2009) estudam a localização de *shopping-centers*, denominados de vizinhança, direcionados às pequenas compras de rotina, usando o modelo das  $p$ -medianas.

Rosa (2011) comparou a distribuição dos colégios estaduais atendidos pelas equipes/viaturas do Batalhão de Patrulha Escolar Comunitária, no município de Curitiba/PR, utilizando o problema de  $p$ -medianas formulado como um Problema de Programação Inteira Binária como nova proposta de designação, reagrupando os setores de forma a ficar distribuída uniformemente a quantidade de colégios por viatura.

## CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo descreve o desenvolvimento de soja e milho no âmbito mundial, brasileiro e paranaense, incluindo sua situação atual. Também são descritos os aspectos relacionados aos armazéns, analisando a capacidade de armazenagem no estado do Paraná.

### 3.1 CONTEXTO DA SOJA E MILHO NO MUNDO E NO BRASIL

Segundo a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012), a soja é uma leguminosa domesticada pelos chineses há cerca de cinco mil anos. A espécie mais antiga é a soja selvagem, que crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos nas proximidades dos lagos e rios da China Central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento.

No Brasil, a soja chegou com os primeiros imigrantes japoneses em 1908, mas foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul em 1914. Porém, a expansão da soja no país aconteceu somente nos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e a demanda do mercado internacional.

Já os primeiros registros do cultivo de milho datam de cerca de 7.300 anos e foram feitos em pequenas ilhas próximas ao litoral mexicano, espalhando-se rapidamente pelo México. O milho já era cultivado pelos índios antes da chegada dos portugueses (EMBRAPA, 2012). Segundo a USDA (2011), o milho é o cereal mais produzido no mundo, com uma produção mundial de 778,8 milhões de toneladas na safra 2010/11, sendo o grão de alimentação dominante negociado nos mercados internacionais.

A soja é considerada a *commoditie* – produto de baixo valor agregado - mais importante do mundo e o complexo soja – grão, óleo e farelo - tem ganhado cada vez mais mercado. Sua produção mundial na safra 2010/11 foi de 264,12 milhões de toneladas (Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, 2011).

No Brasil, o milho é usado na alimentação animal, humana e na indústria de alta tecnologia. Contudo, aproximadamente 70% do milho destinam-se para a produção de ração para a avicultura, bovinocultura e a suinocultura, as quais são de grande importância econômica, tanto no âmbito mundial, como nacional.

A partir do milho, obtêm-se mais de 500 derivados, que podem ser empregados nas indústrias alimentícia, química, mecânica, em bebidas, na fermentação e rações (PONCIANO, SOUZA e REZENDE, 2003).

A Figura 3.1 mostra que o milho, o trigo, o arroz e a soja são os grãos de maior produção no âmbito mundial.

Figura 3.1 – Produção mundial de grãos



Fonte: Adaptado USDA, 2012.

\* - Centeio, cevada, aveia e sorgo.

No início da industrialização da soja, o óleo era considerado seu principal produto. Porém, o farelo da soja demonstrou ser um excelente alimento de consumo animal e, por esse motivo, a sua produção é significativamente maior do que do óleo como mostra a Figura 3.2 (OLIVEIRA, 2001; COSTA, 1981).

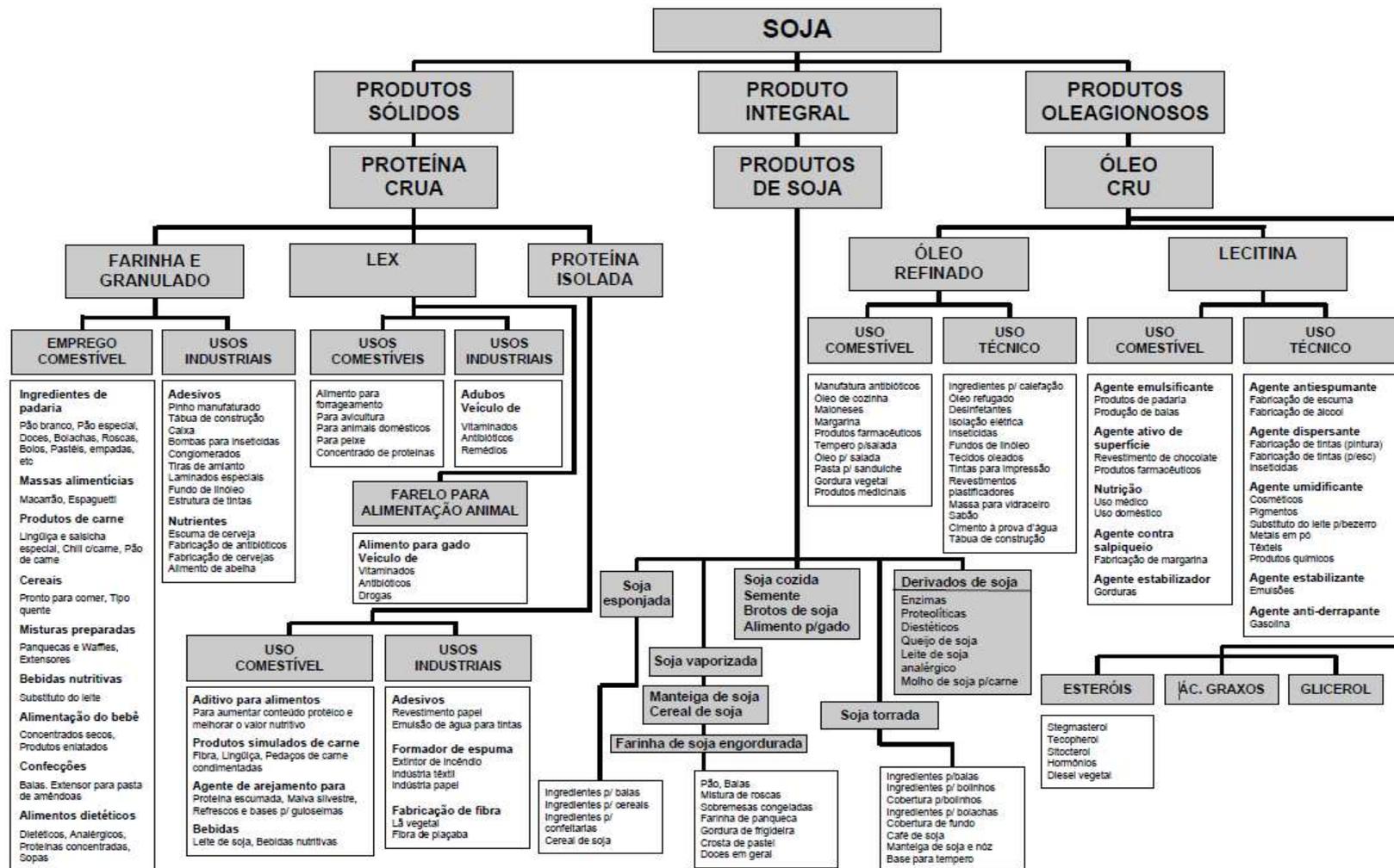
Figura 3.2 – Produção brasileira de farelo e óleo de soja



Fonte: Adaptado ABIOVE, 2012.

Os derivados da soja possuem ampla aplicação na indústria de alimentos, como por exemplo, massas alimentícias, produtos de carne, cereais, misturas preparadas, bebidas nutritivas, alimentação de bebês, fabricação de alimentos dietéticos, além da utilização em medicamentos e na produção de cosméticos. A Figura 3.3 apresenta alguns dos produtos originários da soja (ROESSING e SANTOS, 1997).

Figura 3.3 – Utilização da soja



Fonte – Paula e Favaret Filho, 1998.

A soja transgênica é outra variedade que, segundo a EMBRAPA (2012), contém um ou mais genes transferidos através do processo de transformação genética. A variedade de soja transgênica só difere da variedade convencional em algumas características que, quase sempre, não podem ser detectadas visualmente em condições normais. As características da soja transgênica variam de acordo com o gene que for introduzido como, por exemplo: soja resistente a herbicida, a insetos, com alto teor de ácido oleico, etc.

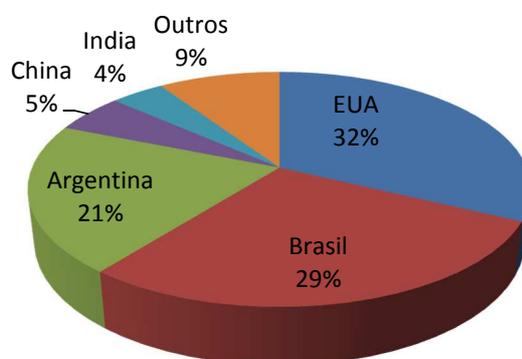
Muitos países rejeitam completamente a soja transgênica, como é o caso da China. Recentemente, a Europa aprovou a comercialização da soja transgênica, porém, segundo pesquisa realizada pelo *Greenpace* Internacional (2012), 90% dos maiores varejistas e 73% dos grandes fabricantes de alimentos e bebidas da União Europeia adotaram uma política de não utilização de transgênicos em seus negócios no mercado europeu. Até mesmo os Estados Unidos, que produz basicamente soja transgênica, utiliza mais a soja convencional.

Segundo a EMBRAPA, a soja surgiu no Brasil como uma opção de verão, substituindo o trigo, que até então era a principal cultura do sul do país. Nesta mesma época, iniciava-se um esforço para produção de aves e suínos, gerando demanda por farelo de soja.

Nesta época, o Brasil já se beneficiava de uma vantagem competitiva em relação aos outros países produtores de soja, pois o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações.

Atualmente os maiores produtores de soja, em ordem decrescente de produção, são os Estados Unidos, Brasil, Argentina e China, como apresentado na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Principais países produtores de soja

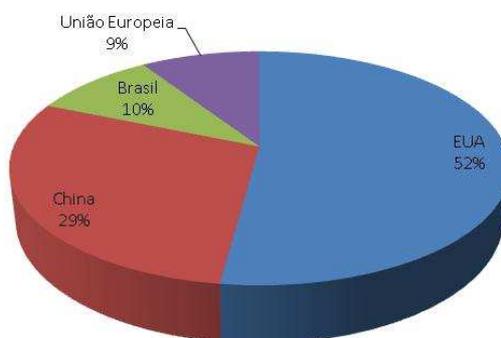


Fonte: Adaptado SEAB, 2012.

De acordo com a Figura 3.4, a América Latina, através da produção do Brasil e da Argentina, é responsável por 50% da produção de soja. Somando-se a produção do Paraguai, a participação sobe para 52%.

Os principais produtores de milho são os Estados Unidos, China e Brasil. A produção brasileira foi de 52,55 mil toneladas na safra 2010/11 e a produção cresceu 40% desde 1990. Os maiores consumidores deste cereal são os Estados Unidos, a China e a União Europeia. O consumo mundial do milho aumentou 12% nas últimas cinco safras. A Figura 3.5 apresenta os principais produtores de milho.

Figura 3.5 – Principais produtores de milho



Fonte: Adaptado de USDA, 2012.

Por meio da Figura 3.5 verifica-se que os Estados Unidos e a China são responsáveis pelo consumo de 54% do total da produção mundial de milho. De acordo com previsões da USDA (2012), a demanda por milho continuará a subir lentamente até o ano de 2020. Este aumento deve-se em parte à crescente demanda por biocombustível e à comercialização mundial de carne de porco e de aves, impulsionando a demanda por milho e também por farelo de soja. A previsão é que o comércio mundial de milho aumente de 31 milhões de toneladas para 131 milhões de toneladas entre as safras 2012/13 e 2021/22, considerando que o período analisado é entre o ano de 1999 e 2020.

Já o sistema agroindustrial brasileiro do milho compreende os fornecedores, a produção primária, a comercialização e armazenamento, o processamento primário e secundário e a distribuição e mercado e é apresentado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Sistema agroindustrial brasileiro do milho

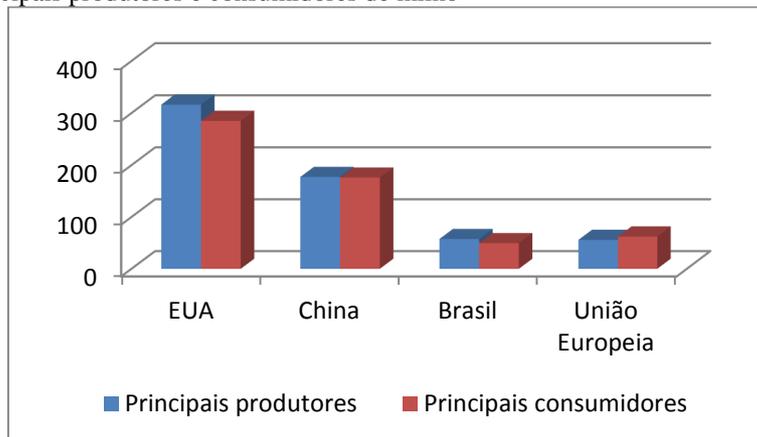


Fonte: Sousa, Azevedo, Saes *apud* Ponciano, Souza e Rezende, 2003.

Por meio da Figura 3.6, verifica-se que o primeiro segmento compreende os insumos de produção, abrangendo os setores de máquinas e equipamentos, produção de sementes e indústria de defensivos e fertilizantes. No segundo segmento, encontra-se a produção de milho, e o terceiro refere-se à comercialização e armazenagem, destacando-se as cooperativas, os armazéns e o Governo. Logo após há o segmento do processamento primário, composto pela produção de rações, moagem úmida e a seco. O processamento secundário é o quinto segmento composto pela indústria pecuária, bebidas, sopas, entre outros. O último segmento compõem-se da distribuição e mercado (PONCIANO, SOUZA E REZENDE, 2003).

Os EUA são os maiores exportadores, respondendo, em média, por 50% do comércio internacional de milho. Em segundo, encontra-se a China que comercializou, em média, 14,8 milhões de toneladas anuais, o que representa 16% das vendas internacionais do grão. O próximo é o Brasil, exportando, em média, 8,6 milhões de toneladas por ano (USDA, 2012). A Figura 3.7 mostra os principais produtores e consumidores de milho.

Figura 3.7 - Principais produtores e consumidores de milho



Fonte: Adaptado de USDA, 2012.

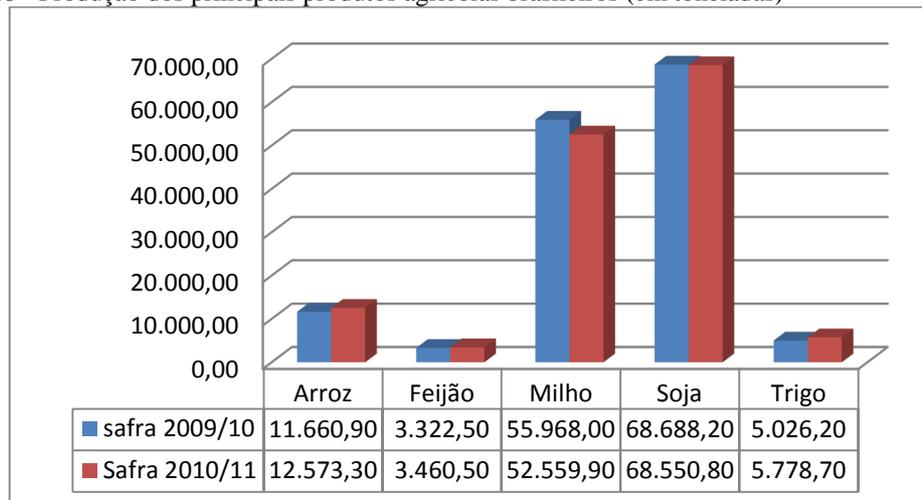
Os Estados Unidos têm perdido espaço, enquanto países como a Ucrânia e Sérvia vêm expandindo sua participação. Na safra 2010/11, o Brasil foi o terceiro maior exportador, porém, de acordo com previsões da USDA (2012), na safra 2011/12 a Ucrânia assumirá esta posição, deixando o Brasil em quarto lugar.

As previsões da USDA (2012) indicam que a produção e exportação brasileira de milho deverão aumentar em resposta aos preços mundiais, que deverão ser altos, especialmente durante a última parte do período de projeção, que consiste entre os anos de 1999 a 2020. As exportações brasileiras de milho têm sido altas durante os últimos anos, tendo como alvo a demanda da União Europeia para o grão que não é geneticamente modificado, oportunidade quem vem diminuindo conforme o país tem ampliado sua produção de variedades de milho modificado.

Cerca de catorze países concentram 82% do total das exportações brasileiras de milho em grão. Destes, 28% dos maiores exportadores são os países do Oriente Médio, sendo o principal deles o Irã e 16% refere-se à participação dos países localizados no Norte da África, como a Argélia, Egito e Marrocos (SEAB, 2011).

A Figura 3.8 apresenta a produção nacional dos principais produtos agrícolas brasileiros, incluindo a soja e o milho. De acordo com o IBGE (2012), a soja é a cultura que ocupa maior área do país, com 50,6% de participação.

Figura 3.8 - Produção dos principais produtos agrícolas brasileiros (em toneladas)



Fonte: adaptado CONAB, 2012.

A produção de soja e milho destaca-se de outros produtos agrícolas brasileiros. Na safra 2010/11, a produção total de grãos brasileira foi de 162,8 milhões de toneladas, sendo que a soja obteve uma participação de 42,10% e o milho 32,38% na produção total de grãos do país.

Além de ser o segundo maior produtor de soja, o Brasil também é o segundo maior exportador deste grão. Os Estados Unidos ocupam a primeira posição com 37,42 milhões de toneladas, o Brasil exportou 36,50 milhões e a Argentina 11,80 milhões de toneladas de soja na safra 2011/12. Conforme comentado anteriormente, a China e a União Europeia são os maiores importadores da soja brasileira, sendo somente a China responsável por 59,8% e, previsões indicam uma tendência de aumento na sua participação (USDA, 2011).

Os maiores importadores de farelo de soja são os países da União Europeia com 74%, seguida pela Ásia com 6%. Já os maiores importadores de óleo de soja incluem a China e a Índia (EMBRAPA, 2011).

A sazonalidade é uma importante característica do escoamento da soja brasileira, caracterizada pelas alterações de preços ao longo do tempo, devido principalmente à safra e a entressafra, mas também devido à mudança climática, consumo, dentre outros.

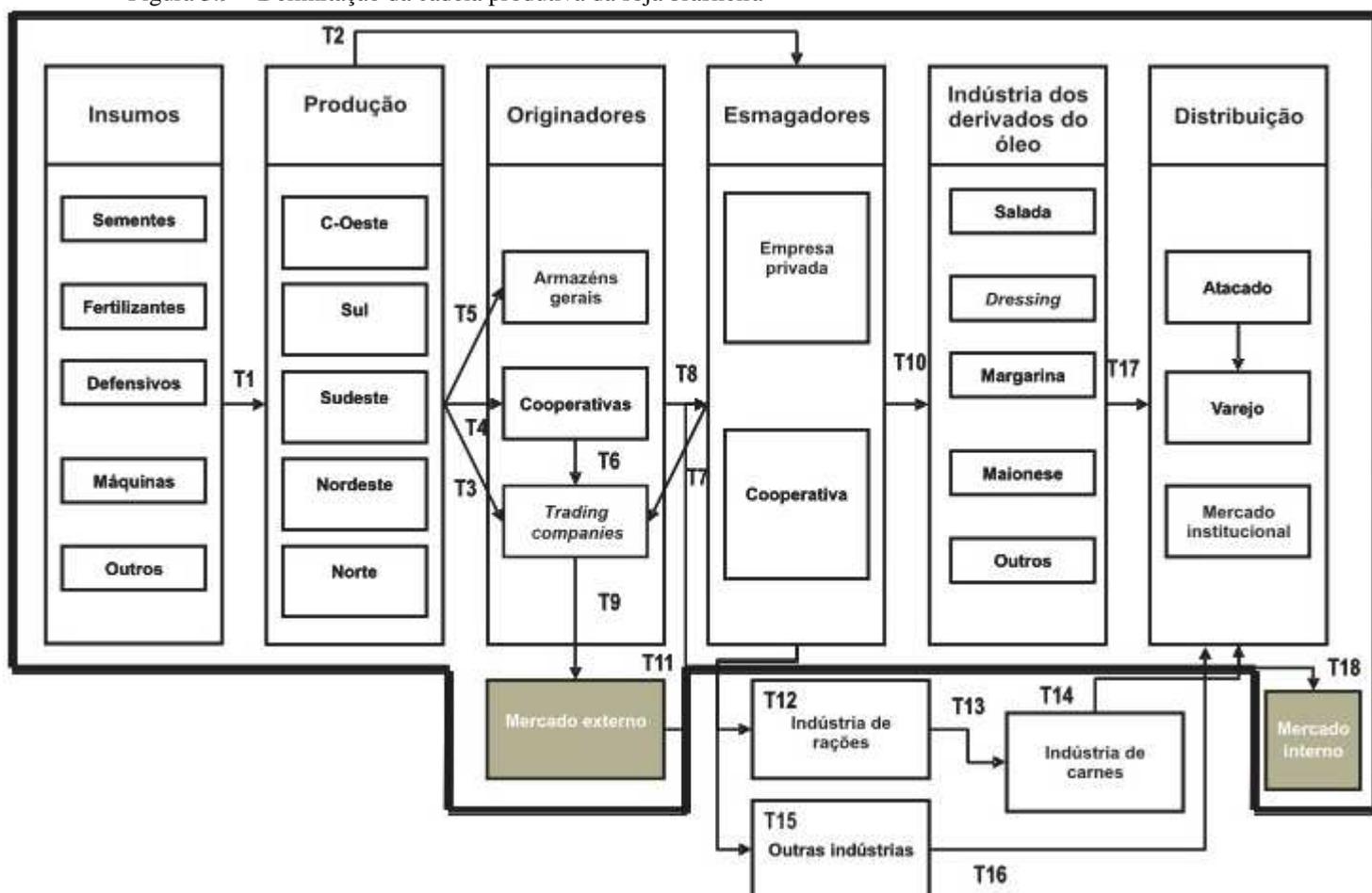
No Brasil o plantio é feito ao final do ano e a colheita no primeiro semestre assim como a exportação brasileira, concentrando o escoamento neste período. Esta concentração gera picos de necessidades na logística do país, que devem ser comportados pelos meios de transportes e pela infraestrutura de armazenagem.

Quanto à produção, não há diferenças no sistema de cultivo; todas as regiões do país utilizam o sistema convencional de semeadura. No plantio direto, o solo sempre é mantido coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais para protegê-lo.

A safra normalmente é negociada com antecipação, a fim de evitar excessiva pressão nos preços, além de financiar a lavoura trocando insumos por parte da safra. O escoamento da produção de soja ocorre em duas etapas. A primeira é o transporte das lavouras para o armazém da fazenda. Na segunda etapa, ocorre o transporte dos armazéns dos produtores diretamente para exportação ou para a indústria de processamento (COELI *apud* PONTES, CARMO e PORTO, 2009).

A cadeia produtiva da soja brasileira possui como delimitadores os insumos, a produção agrícola, os originadores, os esmagadores e refinadores e a indústria de derivados de óleo e distribuição, como mostra a Figura 3.9.

Figura 3.9 – Delimitação da cadeia produtiva da soja brasileira



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.

A cadeia produtiva da soja inicia-se com a relação entre a indústria de insumos agrícolas e a produção, que se relaciona tanto com os esmagadores e refinadores quanto com os originadores. Originadores são os agentes que realizam operações de aquisição, armazenagem e distribuição de grãos junto ao produtor.

As *tradings* operam transferindo produtos no mercado internacional e, por isto, elas prestam serviços às cooperativas e esmagadoras.

Segundo Vieira (2002), a transação entre as indústrias de esmagamento e refino e a indústria de derivados é realizada dentro das próprias firmas. Já a transação entre o mercado externo e os esmagadores e refinadores representa a possibilidade de importação da soja em grãos.

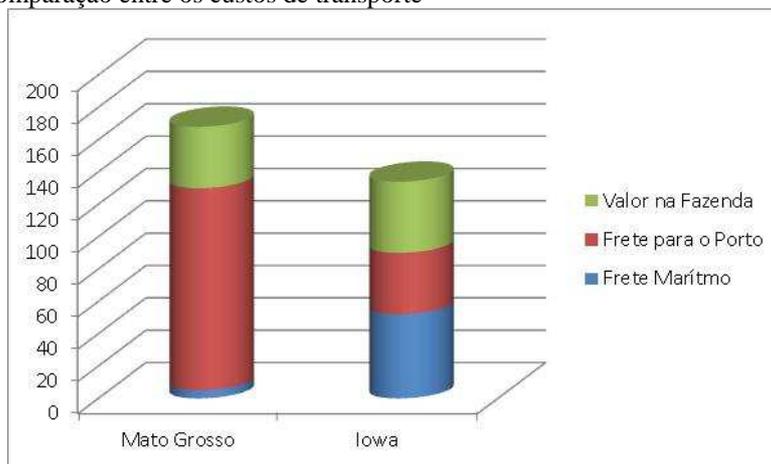
Também existe uma relação entre as indústrias de rações e carnes. Os consumidores recebem indiretamente os produtos de soja por meio destas indústrias. Os produtos processados podem se direcionar a outras indústrias como, as alimentícias, químicas e farmacêuticas, entre outras.

Os distribuidores atacadistas ou varejistas servem como ponte entre a indústria esmagadora e a de derivados de soja.

Consumidores finais são tanto os compradores industriais nas vendas externas de *tradings* e indústrias processadoras como os que consomem os derivados de óleo e carnes no mercado interno.

Entretanto, a soja brasileira também enfrenta alguns obstáculos como, por exemplo, o fato de que a cadeia agroindustrial da soja necessita de uma reestruturação interna. Conforme mencionado anteriormente, a baixa capacidade de armazenamento sobrecarrega o sistema de transporte que é considerado o maior obstáculo para a agricultura brasileira. Pesquisas indicam que, devido à ineficiência do transporte, os produtos brasileiros são, pelo menos, 20% menos rentáveis. Este prejuízo é ainda maior na região de maior produção, o centro-oeste. A Figura 3.10 mostra a diferença dos custos de transporte de soja do Mato Grosso e Iowa para a China, maior importador mundial de soja (USDA, 2012).

Figura 3.10 – Comparação entre os custos de transporte



Fonte: USDA, 2012.

A Figura 3.10 mostra que o valor de frete é a razão pela qual os produtos brasileiros perdem grande parte de sua competitividade. O produto sai da propriedade rural com preço mais baixo que o praticado em Iowa, porém, tanto o frete brasileiro rodoviário quanto o marítimo triplica o valor da soja em comparação com o americano.

O estudo do PENSA (Programa de Estudos e Negócios Sobre a Agricultura *apud* Oliveira, 2001), mostra que a competitividade da produção da soja vai somente até a porteira da fazenda, daí para frente a soja brasileira vai perdendo suas vantagens devido à situação interna em relação à infraestrutura de armazenagem, às condições das estradas, ferrovias obsoletas e ineficientes, poucas alternativas hidroviárias e portos sobrecarregados. Além disso, esta precariedade na infraestrutura de transporte e armazenagem é responsável por uma perda significativa de alimentos, representando uma evasão de recursos suficientes para modificar o perfil desses segmentos.

O Paraná possui pouco espaço para ampliação da sua produção e o estado tem mantido os índices de produtividade graças, principalmente à adoção de tecnologias. O estado é o primeiro e segundo maior produtor brasileiro de milho e soja, respectivamente (SEAB, 2011).

### 3.2 SOJA E MILHO NO ESTADO DO PARANÁ

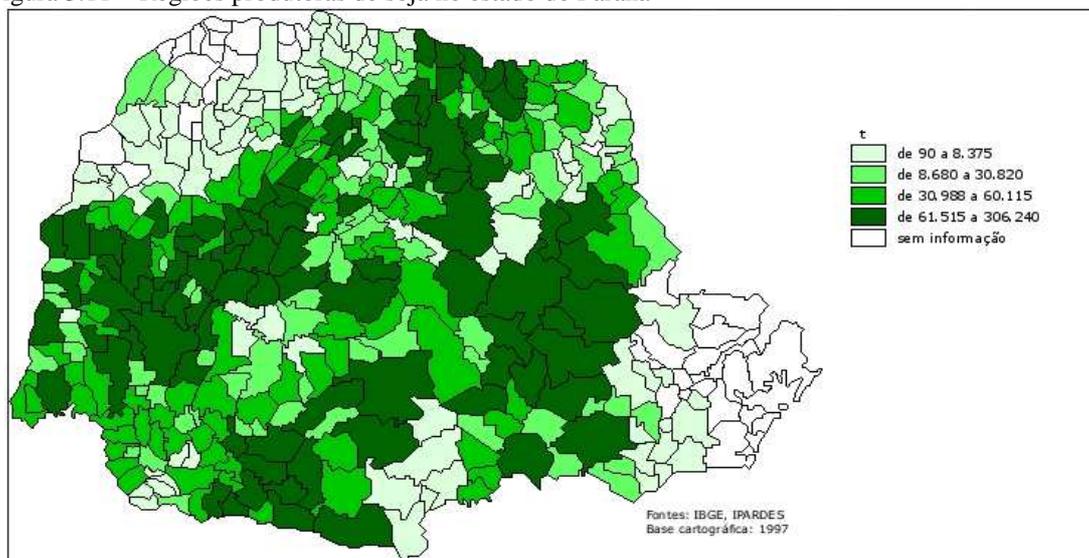
A soja chegou ao estado do Paraná em meados dos anos 50. Nesta época, as poucas e pequenas lavouras de soja se destinavam principalmente à alimentação de suínos (EMPRAPA, 2012).

No sul do Paraná, após alguns anos do plantio de arroz de sequeiro, teve início uma rápida infestação de gramíneas e a soja apresentou-se como perfeita alternativa para rotacionar com o arroz.

Segundo a EMBRAPA, no norte, noroeste, oeste e sudoeste do estado, o café, milho e o feijão eram as culturas predominantes. Em 1953, ocorreu a primeira grande geada que destruiu os cafezais no norte e noroeste do estado. Os agricultores eram estimulados a plantar cereais entre as fileiras de café queimado, provocando uma superprodução de cereais que se perdeu por falta de transporte e de mercado. Por este motivo, na segunda grande geada de 1955, os cafeicultores buscaram na soja a alternativa que os frustrara dois anos antes com o plantio de outros grãos. Em função disso, o plantio da oleaginosa no Paraná passou de 43 hectares, em 1954, para 1.922 hectares, em 1955 e para, 5.253 hectares, em 1956. Nesta época, a soja já possuía mercado externo garantido e preços compensadores.

O estado de Mato Grosso é o maior produtor de soja, seguido pelo Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (IBGE, 2012). Um levantamento da safra 2010/2011, efetuado pela CONAB (2011), mostrou uma área plantada no Paraná de 4.555.312 milhões de hectares, 1,7% maior do que a safra anterior. A produção estimada é de 15,5 milhões de toneladas, com uma produtividade recorde de 3.393 kg/ha. As microrregiões de Toledo, Cascavel e Campo Mourão foram as maiores produtoras de soja na safra 2011 (CONAB, 2011). Na Figura 3.11 são apresentadas as regiões produtoras de soja no estado do Paraná.

Figura 3.11 – Regiões produtoras de soja no estado do Paraná



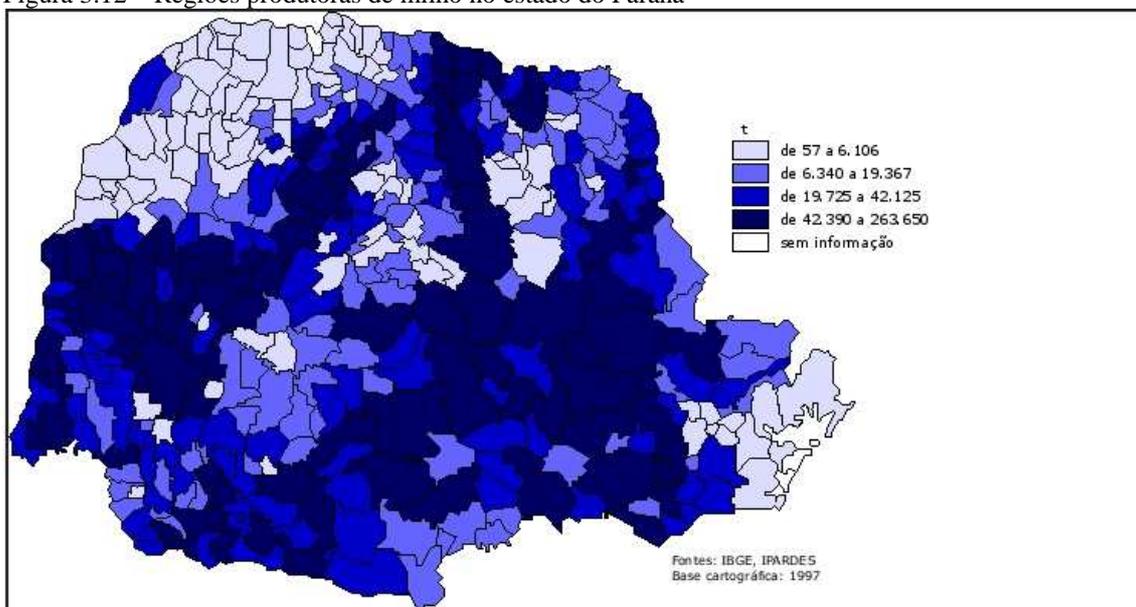
Fonte: IPARDES, 2012.

Atualmente o Paraná é um dos maiores exportadores de grãos através do porto de Paranaguá, responsável pela exportação de 34% de todos os graneis sólidos exportados pelo Brasil, seguido pelo porto do Rio Grande do Sul, que exporta 23% de todos os graneis sólidos brasileiros, seguido pelo porto de Santos com 20% das exportações. O porto de Paranaguá possui o maior complexo para embarque de graneis sólidos do Brasil e da América Latina. É através dele que são exportados os grãos provenientes de todo o estado do Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Goiás, Rondônia, São Paulo, Rio Grande do Sul, recebendo ainda grãos de países como a Bolívia, Paraguai e Argentina (MACHADO, 2012).

Em relação ao milho, o Paraná é líder na sua produção, que gira em torno de 13,39 milhões de toneladas por ano, o que corresponde a uma participação de 23% da produção total.

Considerando a produção total, ou seja, a produção da primeira e segunda safra somada, o milho paranaense representa 46% da safra total. Estima-se que o consumo médio paranaense de milho seja de 8,8 milhões de toneladas anuais, sendo que cerca de 70% é destinado à alimentação animal, e aproximadamente 62% ao segmento de avicultura de corte e suinocultura. A Figura 3.12 apresenta a distribuição da produção paranaense.

Figura 3.12 – Regiões produtoras de milho no estado do Paraná



Fonte: IPARDES, 2012

De acordo com o relatório da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (2011), na primeira safra sete estados foram responsáveis por 85% da produção brasileira e, na segunda safra, apenas os estados do Paraná e Mato Grosso foram responsáveis por 66% da produção. Estes cenários têm ocorrido nas últimas cinco safras brasileiras.

O Paraná está com a fronteira agrícola praticamente esgotada, não possuindo grandes áreas para expansão da cultura, mantendo seus níveis de produtividade e estabilidade da produção, através da adoção de práticas de conservação e manejo do solo. Tais práticas mitigam o risco inerente à atividade e também de tecnologias disponíveis, incluindo estudo sobre o déficit hídrico, melhor temperatura e manutenção da qualidade para a semente, escolha e planejamento do sistema de rotação de culturas, manejo das ervas daninhas, cuidados durante a colheita, dentre outros.

Zotarelli e Lugnani (2001) acrescentam que o crescimento da produtividade no Paraná, ao longo dos anos, mostra a existência de um ativo processo de inovação tecnológica na produção do estado.

### 3.5 ASPECTOS REFERENTES À ARMAZENAGEM

Segundo Ballou (1993), a armazenagem é um componente essencial das atividades logísticas, pois melhora a coordenação entre oferta e demanda, além de diminuir os custos totais. De acordo com o autor, os custos de armazenagem podem absorver de 12 a 40% das despesas logísticas da firma.

Segundo o IBGE (2011), 10% dos grãos são perdidos por falta de armazenagem. Júnior e Nogueira (2007) afirmam que há grande desperdício dos grãos após sua colheita e que o armazenamento adequado pode evitar que estas perdas ocorram, além de preservar a qualidade dos alimentos e suprir as demandas na entressafra.

Alvarenga e Novaes (2000) afirmam que do ponto de vista logístico, a armazenagem possui diversas funções, dependendo dos objetivos gerais da empresa e do papel desempenhado pela instalação. Além da função de armazenagem propriamente dita, um armazém pode desempenhar as seguintes funções:

- Transferência e Transbordo - na transferência, quantidades transferidas em grandes volumes são fracionadas em quantidades menores, demandadas pelos clientes. O transbordo é semelhante, porém o depósito não serve para a guarda dos produtos, mas apenas como ponto em que os grandes lotes de entrega

terminam sua viagem e em que se originam as entregas dos volumes fracionados.

- Agrupamento ou Composição: é a prática da combinação de diversas cargas em uma mesma remessa, a fim de obter economia substancial em custos de frete.
- Consolidação e Desconsolidação - a consolidação é utilizada para embarques de exportação, caracterizando-se pelo acondicionamento de um ou vários lotes de carga em determinado container. A desconsolidação ocorre para embarques de importação caracterizando-se pela retirada de um ou vários lotes de carga em determinado container.

Os principais objetivos para a utilização de armazéns são a redução dos custos de transporte, disponibilidade do produto no mercado, necessidades de produção, pois em alguns casos, a armazenagem faz parte do processo de produção, além da coordenação entre suprimento e demanda (BALLOU, 1993).

Gallardo *et al.* (2012) afirmam que com relação à classificação dos armazéns, utilizando como critério a localização, pode-se dividi-los em quatro categorias.

- armazéns localizados em regiões produtoras são aqueles estabelecidos no interior das propriedades, geralmente pertencentes a grandes produtores, uma vez que o investimento necessário para sua construção é elevado;
- armazéns das zonas rurais são, em geral, consolidadores de cargas provenientes de diferentes produtores e localizam-se nas proximidades de rodovias, ferrovias ou hidrovias para facilitar o escoamento dos produtos;
- armazéns localizados em áreas urbanas, cuja principal função é atender à demanda interna, servindo a unidades industriais de processamento;
- armazéns situados em portos, que não servem como unidades armazenadoras da produção, mas como mecanismos de apoio às operações de carga e descarga das embarcações, consolidando as cargas.

Segundo Sasseron *apud* Pontes, Carmo e Porto (2009) as funções da armazenagem estão classificadas em intrínsecas como, conservação da produção, redução de perdas e estocagem dos excedentes agrícolas, e extrínsecas que são aquelas relacionadas ao transporte e a comercialização da produção agrícola, são elas:

racionalizar o transporte; coleta de safra; suporte de comercialização; formação de estoques reguladores e auxílio às políticas governamentais.

A existência de uma rede armazenadora é de fundamental importância não só para o escoamento das safras de grãos, mas também, para a realização de políticas de abastecimento e expansão da produção agrícola. O descompasso entre a sazonalidade da produção de grãos e o seu consumo ininterrupto promove, caso não se tenha uma capacidade estática de armazenamento suficiente para a formação de estoques reguladores, uma flutuação dos preços dos produtos. Além das variações estacionais, existem também variações interanuais causadas por intempéries naturais ou pela falta de estímulos ao produtor, promovida pela queda dos preços dos grãos. Para se evitar esse tipo de flutuação, faz-se necessária a constituição de estoques de longo prazo, que permitam equalizar a oferta com a demanda, mantendo assim, os preços equilibrados (FREDERICO, 2010).

Segundo Martins *et al.* (2003), entre os benefícios gerados pelos armazéns, pode-se citar a escolha da melhor época para comercialização, aproveitamento total do produto, flexibilidade no escoamento da produção possibilitando menores gastos com fretes e adequação do período da colheita garantindo um produto com melhor qualidade.

Para d'Arce (2008), uma das soluções para tornar o sistema produtivo mais econômico é possuir uma unidade armazenadora, técnica e convenientemente localizada. Um armazém propicia a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita. A retenção do produto, se bem conduzida, apresenta ainda vantagens como:

- economia no transporte, pois os fretes têm seu preço elevado na época de colheita;
- maior rendimento na colheita por evitar a espera dos caminhões na fila nas unidades armazenadoras ou intermediárias;
- melhora a qualidade do produto, evitando o processamento inadequado devido ao grande volume a ser processado por período de safra;
- minimização das perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem no campo devido ao atraso da colheita ou durante o armazenamento inadequado.

A armazenagem em fazendas propicia melhores condições de conservação, de comercialização, menores custos, com consequentes reflexos na rentabilidade dos

produtores rurais, porém observa-se uma concentração de armazéns fora da propriedade rural, aumentando o custo de transporte e obrigando o produtor a comercializar a sua safra em curto espaço de tempo, retirando possibilidades de ganhos nas variações de preço do produto nos períodos de entressafra (MEDINA, 1989; OLIVEIRA, 2011).

Segundo Alves (2005), quando se trata da armazenagem de produtos agrícolas, e especificamente de grãos, a localização junto às áreas produtoras tende a ser mais eficiente por duas razões básicas:

- o custo de armazenamento na área rural tende a ser menor;
- redução da movimentação do produto, pois o mesmo só deixará o armazém em direção ao seu destino final.

Côrrea (2006) acrescenta que possuir um sistema de armazenamento próprio maximiza receita, minimiza custos, evita picos de oferta e melhora a renda. Medina (1989) afirma que o armazenamento na propriedade é de suma importância, e se realizado de forma adequada, pode trazer benefícios ao agricultor como a comercialização com maiores lucros, possibilitando a sua realização fora dos períodos de maior oferta; redução de perdas pós-colheita em decorrência do ataque de pragas e proliferação de microrganismos; diminuição dos custos de fretes quando se evita transporte em épocas de grande demanda; redução nos grandes fluxos às unidades intermediárias, por ocasião das safras; e retenção de mercadorias no próprio local de consumo, evitando-se deslocamentos desnecessários.

Para Roessing e Santos (1997), as principais deficiências dos armazéns estão na avaliação da qualidade dos produtos recebidos para armazenagem, no seu pré-beneficiamento e, principalmente no monitoramento do manuseio do produto durante o armazenamento. Os autores ainda citam os problemas estruturais como, por exemplo, a qualidade dos equipamentos e a distribuição espacial e também os problemas técnico-operacionais que entre outros, seria a falta de treinamento dos operadores.

Os grãos podem ser armazenados em armazém graneleiro, granelizado ou em silos. Armazém graneleiro é uma unidade armazenadora caracterizada por um compartimento de estocagem, de concreto ou alvenaria, onde a massa de grãos é separada por septos divisórios, geralmente em número de dois, apresentando fundo em forma de “V” ou “W”, possuindo ainda, equipamentos automatizados ou semi-automatizados, instalados numa central de recebimento e beneficiamento de produtos.

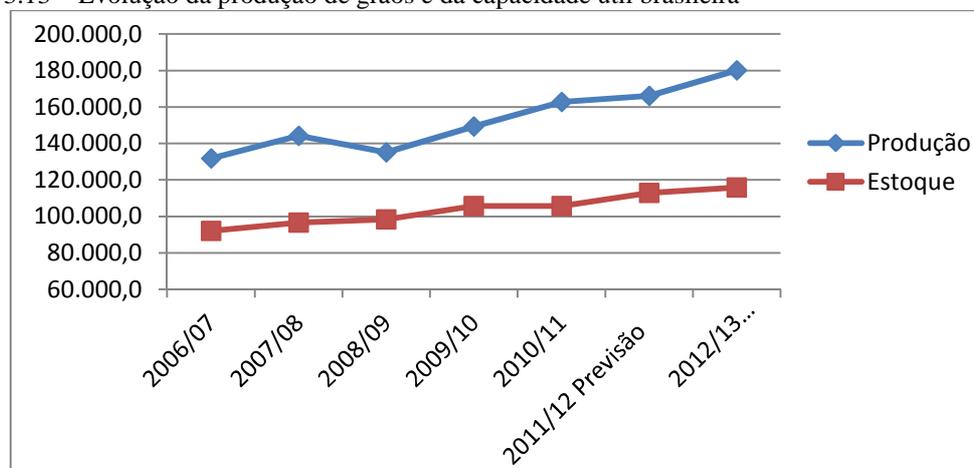
Armazém granelizado é uma unidade armazenadora de fundo plano, resultante de uma adaptação do armazém convencional, para operar com produtos a granel. Silo é uma unidade armazenadora de grãos, caracterizada por um ou mais compartimentos estanques denominados células.

### 3.5.1 Armazenagem de Soja e Milho no Brasil e no Estado do Paraná

O Brasil tem aproximadamente 116 milhões de toneladas de capacidade estática para uma produção de 165 milhões de toneladas (IBGE, 2012). A *Food and Agriculture Organization* (FAO) recomenda que a capacidade de armazenagem seja 1,2 do total da produção, porém a armazenagem brasileira está bem abaixo desta recomendação.

Oliveira (2001) acrescenta que a capacidade estática de armazenamento do Brasil e a localização, dentre outros, têm gerado a falta de espaço para o recebimento das safras brasileiras. A Figura 3.13 apresenta a diferença entre a evolução da produção de grãos e da capacidade estática no Brasil.

Figura 3.13 – Evolução da produção de grãos e da capacidade útil brasileira



Fonte: IBGE, 2012

Junior e Nogueira (2007) afirmam que a armazenagem no Brasil não tem acompanhado o ritmo de crescimento das safras, verificando-se assim, déficit em determinadas áreas.

Para Oliveira (2001), um dos problemas é a disputa por espaço nos armazéns, a soja, por exemplo, disputa espaço com o milho e o trigo e, por isto, o espaço dos armazéns é limitado.

Se forem consideradas as produções de safra e safrinha, existe um déficit de armazenagem. Uma das principais consequências relacionadas diretamente a este problema é a armazenagem a céu aberto, fato recorrente ao longo dos anos, ocorrendo, principalmente, durante a colheita do milho safrinha. Devido ao fato de que grande parte da soja ainda não foi comercializada neste período, o milho, ao chegar aos armazéns, não encontra espaço nos silos sendo alocado em pátios a céu aberto. Além dos problemas já citados decorrentes desta forma errônea de estocagem, ocorre também um aumento de perdas, tanto qualitativas quanto quantitativas (ROCHA, 2008).

Martins *et al.* (2003) afirma que nas atividades do agronegócio muitas vezes opta-se pela não utilização de armazéns, transportando a safra diretamente da propriedade para os portos, sem levar em conta que as atividades de armazenagem poderiam gerar vantagens na comercialização.

A baixa capacidade dos armazéns, além de causar filas gigantescas nos portos do país, prejudica o produtor que, não podendo guardar o produto colhido, é obrigado a vendê-lo sem direito de barganhar por melhores preços, além de pagar altos fretes para não perder a colheita.

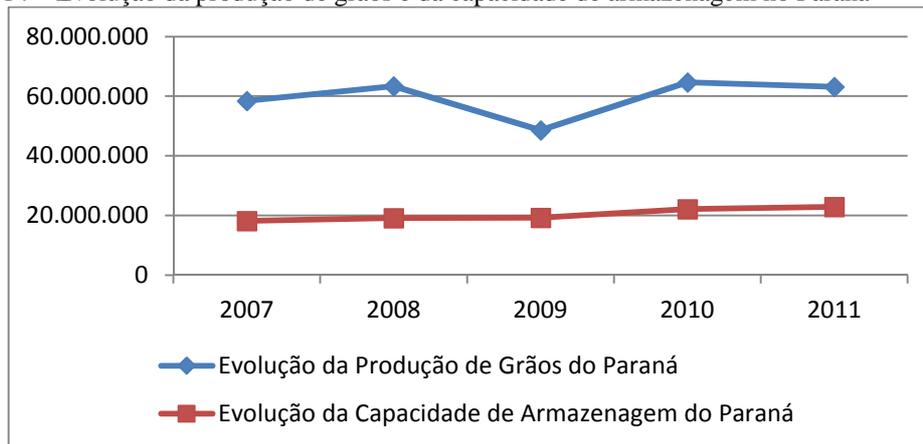
De acordo com dados da CONAB (2012), a capacidade de armazenagem brasileira localizada nas propriedades rurais não chega a 20% da produção. Somente os grandes produtores possuem estrutura de armazenagem; já os pequenos têm duas opções: a primeira é vender o produto logo após a colheita e a segunda é utilizar armazéns de terceiros e arcar com os custos.

Em função da capacidade limitada de armazenagem na propriedade rural, 87% da soja colhida é imediatamente disponibilizada para as cooperativas, cerealistas ou indústrias e apenas 13% fica armazenado nas propriedades rurais para venda futura (TRAMONTINA *et al.*, 2008).

Dados do IBGE (2012) mostram que os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná são responsáveis por mais de 50% da capacidade de armazenagem brasileira.

A Figura 3.14 apresenta a diferença entre a evolução da produção de grãos e a evolução da capacidade de estocagem no Paraná, mostrando que a capacidade de armazenagem do estado não suporta a sua produção.

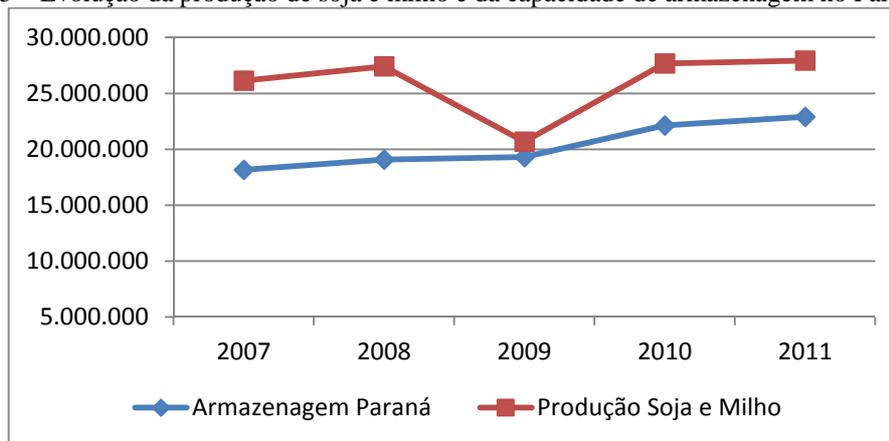
Figura 3.14 – Evolução da produção de grãos e da capacidade de armazenagem no Paraná



Fonte: Adaptado de IBGE, 2012.

A Figura 3.15 compara a capacidade de armazenagem do Paraná e a sua produção de soja e milho, mostrando que a capacidade de armazenagem do estado também é insuficiente para a armazenagem destes grãos.

Figura 3.15 – Evolução da produção de soja e milho e da capacidade de armazenagem no Paraná



Fonte: Adaptado de IBGE, 2012.

Segundo estimativas de instituições como a CONAB, o ideal é que a capacidade estática de armazenagem do Paraná possa receber 80% de toda a produção de grãos em armazéns graneleiros.

De todos os armazéns instalados no estado, 27,05% são de estrutura convencional, apropriado para a guarda de produtos ensacados ou enfardados, 30,05% corresponde a armazéns graneleiros ou granelizados e 42,90% a silos, com capacidades instaladas de 8.563, 9.615 e 13.724 milhões de toneladas, respectivamente.

### 3.7 PRODUÇÃO E CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM NO ESTADO DO PARANÁ

Os dados referentes à produção de soja e milho, assim como a capacidade de armazenagem dos municípios paranaenses foram encontrados na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O IBGE é uma fundação pública da administração federal brasileira criada em 1934. Suas atribuições estão ligadas às geociências e estatísticas sociais, demográficas e econômicas, o que inclui realizar censos e organizar as informações obtidas nos mesmos.

No caso dos grãos, o IBGE faz um levantamento anual a respeito da área plantada, colhida, quantidade produzida, rendimento médio obtido e valor da produção para o total do país e por grandes regiões e Unidades da Federação. Também é destacada a participação relativa de cada produto no total da produção nacional e a sua distribuição espacial pelas regiões brasileiras.

Assim como os dados referentes à produção de grãos no estado do Paraná, os dados das capacidades de estocagem das microrregiões, também foram encontrados nas bases de dados do IBGE.

Para suas pesquisas, o IBGE classifica os estados brasileiros em mesorregiões, microrregiões e municípios.

Mesorregião é uma subdivisão dos estados brasileiros que congrega diversos municípios de uma área geográfica com similaridades econômicas e sociais. É utilizada para fins estatísticos e não constitui, portanto, uma entidade política ou administrativa.

Existem 10 mesorregiões no estado do Paraná: mesorregião do Centro Ocidental Paranaense, Centro Oriental Paranaense, Centro-Sul, Metropolitana de Curitiba do Paraná, Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Oeste Paranaense, Sudeste Paranaense e Sudoeste Paranaense.

Microrregião é, de acordo com a Constituição Brasileira (1988), um agrupamento de municípios limítrofes. Sua finalidade é integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum, definidas por lei complementar estadual. Entretanto, raras são as microrregiões assim definidas, consequentemente, o termo é muito mais conhecido em função de seu uso prático pelo IBGE.

O estado do Paraná possui 399 municípios distribuídos em 39 microrregiões, apresentados na Figura 3.16. Os municípios que compõem cada microrregião, assim como a produção de milho e soja e a capacidade de armazenagem são apresentados no Anexo A.

Figura 3.16 – O estado do Paraná e suas 39 microrregiões



Fonte – IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social), 2012.

A microrregião do estado que possui maior número de municípios é Paranavaí com 29 municípios e Lapa é a menor com apenas dois municípios.

## CAPÍTULO 4 - RESOLUÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia da pesquisa, além dos cenários desenvolvidos utilizando o modelo matemático de Programação Linear Inteiro Binário apresentado na seção 2.2.1 do Capítulo 2. Os cenários consideram a capacidade finita e infinita para as medianas, além de variar o seu número/quantidade. Para cada cenário é apresentada a análise da produção e armazenagem.

### 4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

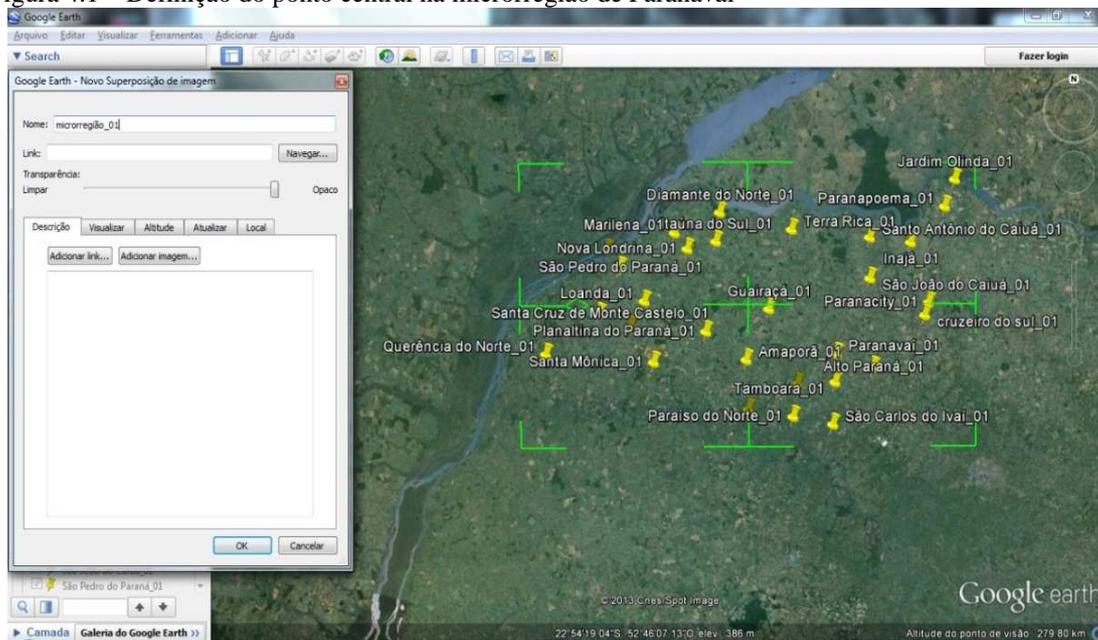
Para a posterior definição das quantidades e localizações ótimas para a instalação de armazéns fez-se necessário, inicialmente, o cálculo das distâncias entre as 39 microrregiões. As coordenadas geográficas de cada microrregião, aqui representada por seu ponto central, foram encontradas por meio do aplicativo *Google Earth*. Como estas são dadas em latitude e longitude, as referidas coordenadas foram transformadas em coordenadas cartesianas, fornecendo as distâncias através da fórmula (4.1). Utilizou-se o *software Excel*, tanto para a transformação das coordenadas como para o cálculo das distâncias entre os pontos designados para representar cada mediana (microrregião).

$$\begin{aligned} \text{Distância (A, B)} = & 6371 * ACOS(COS((\pi * (90 - \text{Lat. ponto B})/180) * COS((90 - \\ & \text{Lat. ponto A}) * \pi/180) + SEN((90 - \text{Lat. ponto B}) * \pi/180) * SEN((90 - \text{Lat. ponto A}) * \\ & \pi/180) * COS((\text{Long. ponto A} - \text{Long. ponto B}) * \pi/180)) \end{aligned} \quad (4.1)$$

A justificativa para trabalhar com as 39 microrregiões, ao invés de se trabalhar com os 399 municípios, está no fato de que para a resolução do modelo matemático apresentado na seção 2.2.1, aqui aplicado para a obtenção dos diferentes cenários mostrados nas seções posteriores, fez-se uso do *software LINGO (Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear, and Integer Programming)* versão 16. Após a realização de diversos testes iniciais, verificou-se que a referida versão “não aceita” mais do que 319 pontos (municípios). Isto ocorre pelo fato da quantidade de variáveis binárias, neste caso, ser de  $319 \times 319 = 101.761$  variáveis binárias ser demasiadamente elevado. Por este motivo, fez-se uso da regionalização agrícola do estado (microrregiões), exposta anteriormente, onde se têm  $39 \times 39 = 1.521$  variáveis binárias.

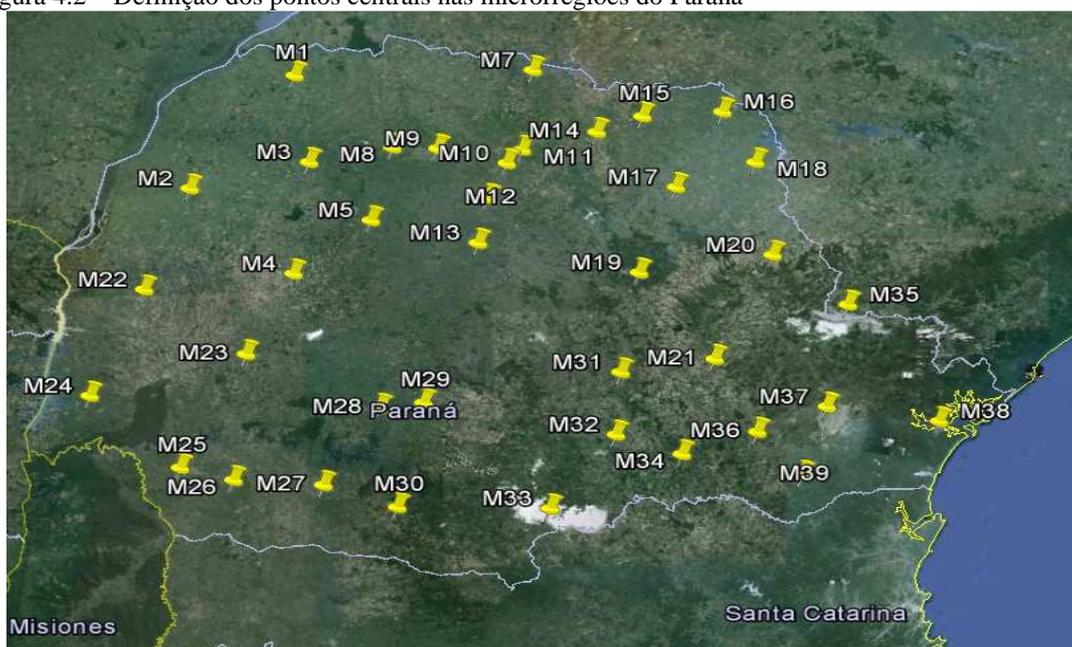
A ferramenta de superposição de imagem do *Google Earth* foi utilizada para a definição dos pontos centrais nas microrregiões, bem como das coordenadas geográficas. A Figura 4.1 apresenta um modelo da definição do ponto central na microrregião de Paranavaí.

Figura 4.1 – Definição do ponto central na microrregião de Paranavaí



O mesmo procedimento da Figura 4.1 foi utilizado para as demais microrregiões. A Figura 4.2 apresenta os pontos representativos de cada uma das 39 microrregiões.

Figura 4.2 – Definição dos pontos centrais nas microrregiões do Paraná



Com as coordenadas geográficas de cada um destes pontos, a produção de soja e de milho e a capacidade de armazenagens das 39 microrregiões, o Problema de Programação Linear Inteiro Binário foi modelado considerando a capacidade das microrregiões ora finita, ora infinita, como mostrado mais adiante obtendo-se, assim, os cinco cenários.

As microrregiões, a produção de soja e de milho, assim como a capacidade de armazenagem paranaense no ano de 2012 são apresentadas na Tabela 4.1. Observa-se que as microrregiões de Cerro Azul e Paranaguá, de números 35 e 38, respectivamente, não possuem capacidade, pois não possuem armazéns.

Tabela 4.1 – Produção total e capacidade de armazenagem no estado do Paraná

	<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE (t)</b>
1	Paranavaí	185.559	45.200
2	Umuarama	613.840	204.210
3	Cianorte	283.637	164.933
4	Goioerê	1.675.186	924.927
5	Campo Mourão	1.519.630	1.398.220
6	Astorga	477.372	418.804
7	Porecatu	663.573	542.107
8	Floraí	710.074	416.120
9	Maringá	430.624	1.119.182
10	Apucarana	373.833	500.846
11	Londrina	754.815	1.472.247
12	Faxinal	217.508	168.015
13	Ivaiporã	588.789	340.580
14	Assaí	390.575	277.646
15	Cornélio Procópio	1.172.809	513.375
16	Jacarezinho	234.943	273.366
17	Ibaiti	161.017	26.550
18	Wenceslau Braz	330.502	49.304
19	Telêmaco Borba	470.305	569.880
20	Jaguariaíva	522.845	462.340
21	Ponta Grossa	1.249.570	2.222.564
22	Toledo	3.496.080	2.483.059
23	Cascavel	1.909.547	1.257.067
24	Foz do Iguaçu	1.298.440	527.300
25	Capanema	477.720	361.580
26	Francisco Beltrão	1.159.525	466.127
27	Pato Branco	885.095	915.214
28	Pitanga	379.045	202.620
29	Guarapuava	1.668.306	1.532.095
30	Palmas	511.830	569.307
31	Prudentópolis	657.156	301.540

MICRORREGIÃO		PRODUÇÃO (t)	CAPACIDADE (t)
32	Irati	336.620	98.614
33	União da Vitória	194.409	95.492
34	São Mateus do Sul	180.800	73.620
35	Cerro Azul	78.511	
36	Lapa	208.544	162.840
37	Curitiba	514.717	196.109
38	Paranaguá	656	
39	Rio Negro	253.227	84.600
<b>TOTAL</b>		<b>27.237.234</b>	<b>21.437.600</b>

Fonte: adaptado de IBGE, 2012.

## 4.2 CENÁRIOS

Vários cenários foram analisados levando em consideração as informações apresentadas. O cenário 1 analisa a situação atual, considerando a produção e capacidade existente no estado do Paraná. Visando a otimização, cinco cenários são analisados. O cenário 2 busca a otimização da situação atual e os cenários 3 e 4 trazem as simulações com 38 e 39 medianas. O cenário 5 realiza a otimização somente para a produção que não é atendida pelos armazéns existentes.

### 4.2.1 CENÁRIO 1: ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

O cenário 1 analisa a situação atual a respeito da armazenagem dos grãos de soja e milho no estado do Paraná.

Por meio da Tabela 4.1 apresentada pode-se perceber que a microrregião geográfica de Toledo é a maior produtora de soja e milho com mais de três milhões de toneladas de grãos e também possui a maior capacidade de armazenagem. A microrregião de Paranaguá possui a menor produção e não possui armazéns ou silos, assim como a microrregião de Cerro Azul.

Pode-se observar que a capacidade de armazenagem total das 37 microrregiões é 21.437.600 toneladas e que a produção total de milho e soja das 39 microrregiões é 27.237.234 toneladas, extrapolando a capacidade total em 5.799.634 toneladas. Ou seja, a capacidade de armazenagem é de 78,71% da produção sendo que, no entanto, como apresentado na seção 3.5.1, a FAO recomenda que a capacidade de armazenagem seja 120% do total da produção. Para atender a recomendação da FAO, a capacidade total

deveria ser de 32.684.681, ou seja, 11.247.081 toneladas a mais do que as atuais 21.437.600 toneladas.

#### 4.2.2 CENÁRIO 2: OTIMIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Visando a otimização da situação atual, estabeleceu-se como capacidade de cada uma das 37 microrregiões o valor de 30 milhões (ou, simplesmente, infinita) de toneladas, que é um valor maior do que a produção total (cerca de 27 milhões), com o objetivo de verificar qual seria a capacidade ideal/ótima de cada uma delas. Entende-se como capacidade ótima de cada microrregião para este cenário 2, a que possa atender a 1,2 de toda a produção (seção 3.5.1) de sua microrregião. A Figura 4.3 apresenta o modelo matemático executado no *software LINGO* para esta situação.

Figura 4.3 – Modelo matemático para o problema considerando a capacidade infinita para cada microrregião



```
Lingo 12.0 - [Lingo Model - Ex1_A9]
File Edit LINGO Window Help

Model:
Title: Localização;

sets:
origens /@OLE ('Planilha.xlsx')/;
destinos /@OLE ('Planilha.xlsx')/;
matriz(origens,destinos): x, distancia;
matriz1(destinos): d;
matriz2(origens): c;
endsets

data:
d = @OLE('Planilha.xlsx', producao);
c = @OLE('Planilha.xlsx', capacidade);
enddata

data:
distancia = @OLE('Planilha.xlsx', distancias);
@OLE('Planilha.xlsx', 'total') = x;
enddata

[fo] min=@sum(matriz(i,j) : distancia(i,j) * x(i,j));

data:
@OLE('Planilha.xlsx', 'cTotal') = fo;
enddata

@for(destinos(j) : @sum(origens(i): x(i,j)) = 1);
@sum(origens(i) : x(i,i))=39;
@for(matriz(i,j) : x(i,j) <= x(i,i));
@for(destinos(i) : @sum(origens(j): x(i,j) * d(j)) <= x(i,i) * c(i));
@FOR(matriz: @BIN(X));
```

A solução ótima fornecida pelo *LINGO* é apresentada na Tabela 4.2, onde estão apresentadas as produções que cada uma das 37 medianas recebe neste cenário comparando-as com a capacidade atual. Como Cerro Azul e Paranaguá não possuem armazéns, estas microrregiões deverão levar a sua produção para as medianas (microrregiões) designadas pelo modelo matemático, ou seja, Cerro Azul encaminhará sua produção para a microrregião de Jaguariaíva e Paranaguá para a microrregião de Curitiba.

Assim, Cerro Azul receberá uma produção total de 601.356 toneladas e Curitiba uma produção de 515.373 toneladas de grãos. A microrregião de Cerro Azul deve expandir sua capacidade de armazenagem para 721.627 toneladas, segundo recomendação da FAO, sendo 259.287 toneladas a mais do que a capacidade existente. Já a microrregião de Curitiba deve expandir sua capacidade de armazenagem para 618.448 toneladas, aumentando sua capacidade em 442.339 toneladas.

A Tabela 4.2 apresenta o total da produção recebida por cada mediana. A capacidade atual refere-se à capacidade da mediana e a capacidade otimizada é calculada com base na produção total.

Tabela 4.2 – Otimização da situação atual

<b>37 MEDIANAS</b>				
<b>MEDIANA</b>	<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE ATUAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>
Paranavaí		185.559	45.200	222.671
Umuarama		613.840	204.210	736.608
Cianorte		283.637	164.933	340.364
Goioerê		1.675.186	924.927	2.010.223
Campo Mourão		1.519.630	1.398.220	1.823.556
Astorga		477.372	418.804	572.846
Porecatu		663.573	542.107	796.288
Floraí		710.074	416.120	852.089
Maringá		430.624	1.119.182	516.749
Apucarana		373.833	500.846	448.600
Londrina		754.815	1.472.247	905.778
Faxinal		217.508	168.015	261.010
Ivaiporã		588.789	340.580	706.547
Assaí		390.575	277.646	468.690
Cornélio Procópio		1.172.809	513.375	1.407.371
Jacarezinho		234.943	273.366	281.932
Ibaiti		161.017	26.550	193.220
Wenceslau Braz		330.502	49.304	396.602

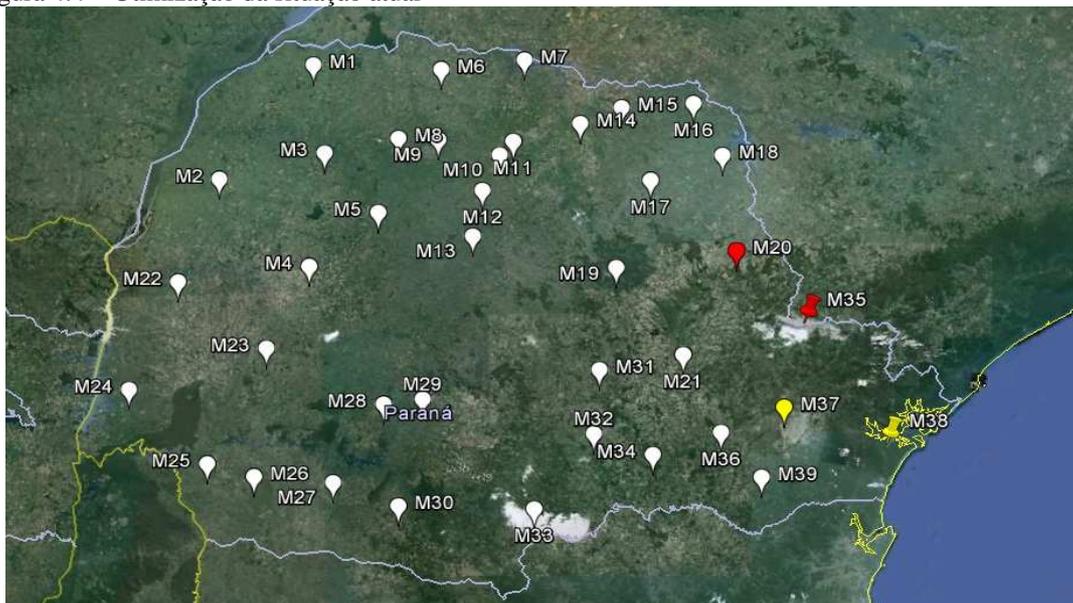
<b>37 MEDIANAS</b>				
<b>MEDIANA</b>	<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE ATUAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>
Telêmaco Borba	Jaguariaíva	470.305	564.366	569.880
Cerro Azul		601.356	462.340	721.627
Ponta Grossa		1.249.570	2.222.564	1.499.484
Toledo		3.496.080	4.195.296	2.483.059
Cascavel		1.909.547	1.257.067	2.291.456
Foz do Iguaçu		1.298.440	527.300	1.558.128
Capanema		477.720	361.580	573.264
Francisco Beltrão		1.159.525	466.127	1.391.430
Pato Branco		885.095	915.214	1.062.114
Pitanga		379.045	202.620	454.854
Guarapuava		1.668.306	1.532.095	2.001.967
Palmas		511.830	569.307	614.196
Prudentópolis		657.156	301.540	788.587
Irati		336.620	98.614	403.944
União da Vitória		194.409	95.492	233.291
São Mateus do Sul	180.800	73.620	216.960	
Lapa	Paranaguá	208.544	162.840	250.253
Curitiba		515.373	196.109	618.448
Rio Negro		253.227	84.600	303.872
<b>TOTAL</b>		<b>27.237.234</b>	<b>21.437.600</b>	<b>32.684.681</b>

A Tabela 4.2 mostra que, considerando os dados atuais referentes à produção e capacidade de armazenagem infinita, apenas Maringá, Apucarana, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas possuem capacidade suficiente para a sua produção. Destas, as microrregiões de Jacarezinho, Pato Branco e Palmas possuem a capacidade menor do que a capacidade otimizada. As demais microrregiões precisariam ampliar a sua capacidade de armazenagem.

As microrregiões de Paranaíba, Umuarama, Cornélio Procopio, Ibaiti, Wenceslau Braz, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Curitiba e Rio Negro possuem capacidade inferior a metade da sua produção, estando em situação crítica.

A Figura 4.4 mostra as medianas em formato de “gota”. As microrregiões que devem encaminhar sua produção para suas respectivas medianas são da mesma cor de sua mediana, porém de formato diferente.

Figura 4.4 – Otimização da situação atual



A Figura 4.4 mostra que a microrregião de Cerro Azul (35) deve direcionar sua produção para Jaguariaíva (20) e a microrregião de Paranaguá (38) para Curitiba (37).

#### 4.2.3 CENÁRIO 3 – SIMULAÇÃO COM 38 MEDIANAS

Este cenário apresenta a simulação considerando a capacidade de 30 milhões de toneladas e 38 medianas. Neste cenário também é realizada a comparação entre a capacidade atual e a capacidade recomendada pela FAO, assim como a produção de cada mediana ou microrregião.

Os dados apresentados na Tabela 4.3 mostram que, com 38 medianas, a microrregião de Londrina é mediana de Apucarana, totalizando uma produção de 1.128.648 toneladas de grãos. Londrina possui uma capacidade de armazenagem atual de 1.472.247 toneladas, sendo superior à capacidade recomendada pela FAO, portanto suficiente para a produção recebida.

Tabela 4.3 – Simulação com 38 medianas

38 MEDIANAS				
MEDIANA	MICRORREGIÃO	PRODUÇÃO (t)	CAPACIDADE ATUAL (t)	CAPACIDADE OTIMIZADA (t)
Paranavaí		185.559	45.200	222.671
Umuarama		613.840	204.210	736.608
Cianorte		283.637	164.933	340.364
Goioerê		1.675.186	924.927	2.010.223

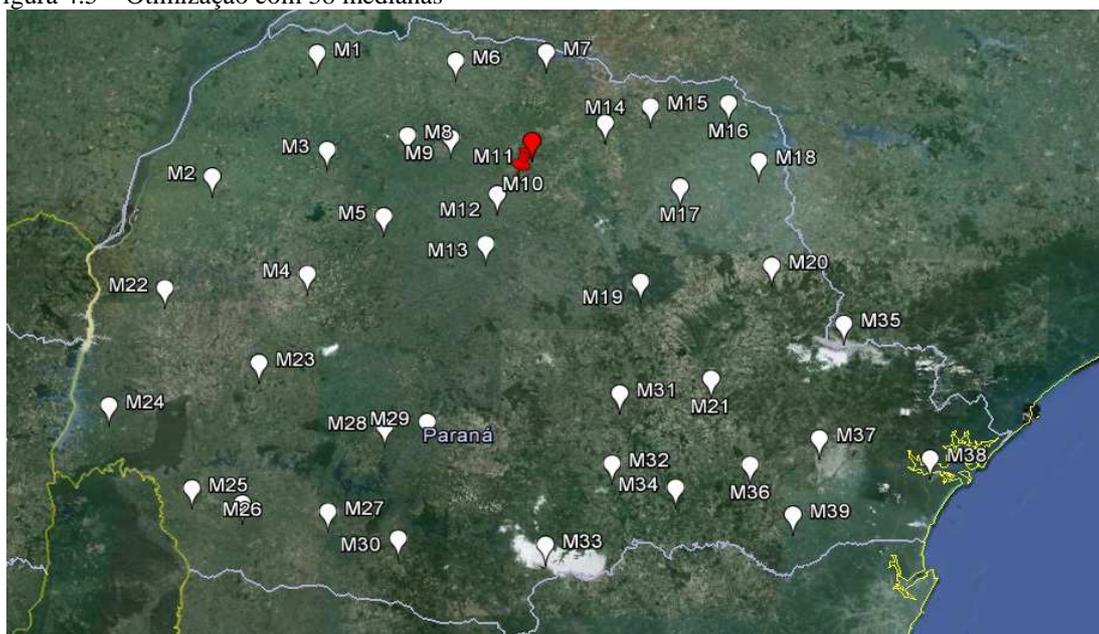
<b>38 MEDIANAS</b>					
<b>MEDIANA</b>	<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE ATUAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>	
Campo Mourão	Apucarana	1.519.630	1.823.556	1.398.220	
Astorga		477.372	418.804	572.846	
Porecatu		663.573	542.107	796.288	
Floraí		710.074	416.120	852.089	
Maringá		430.624	1.119.182	516.749	
Londrina		1.128.648	1.472.247	1.354.378	
Faxinal		217.508	168.015	261.010	
Ivaiporã		588.789	340.580	706.547	
Assaí		390.575	277.646	468.690	
Cornélio Procópio		1.172.809	513.375	1.407.371	
Jacarezinho		234.943	273.366	281.932	
Ibaiti		161.017	26.550	193.220	
Wenceslau Braz		330.502	49.304	396.602	
Telêmaco Borba		470.305	569.880	564.366	
Jaguariaíva		522.845	462.340	627.414	
Ponta Grossa		1.249.570	2.222.564	1.499.484	
Toledo		3.496.080	2.483.059	4.195.296	
Cascavel		1.909.547	1.257.067	2.291.456	
Foz do Iguaçu		1.298.440	527.300	1.558.128	
Capanema		477.720	361.580	573.264	
Francisco Beltrão		1.159.525	466.127	1.391.430	
Pato Branco		885.095	915.214	1.062.114	
Pitanga		379.045	202.620	454.854	
Guarapuava		1.668.306	1.532.095	2.001.967	
Palmas		511.830	569.307	614.196	
Prudentópolis		657.156	301.540	788.587	
Irati		336.620	98.614	403.944	
União da Vitória		194.409	95.492	233.291	
São Mateus do Sul		180.800	73.620	216.960	
Cerro Azul		78.511		94.213	
Lapa		208.544	162.840	250.253	
Curitiba		514.717	196.109	617.660	
Paranaguá		656		787	
Rio Negro		253.227	84.600	303.872	
<b>TOTAL</b>			<b>27.237.234</b>	<b>20.936.754</b>	<b>32.684.681</b>

Neste cenário 2, as microrregiões de Cerro Azul e Paranaguá, designadas medianas no cenário 1, tornam-se medianas. Estas microrregiões não possuem capacidade atual e a capacidade otimizada é de 94.213 toneladas em Cerro Azul e 787 para Paranaguá.

Considerando 38 medianas, o número de microrregiões com capacidade suficiente para a sua produção diminui para seis microrregiões, sendo que Maringá, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas encontram-se nesta situação. As demais microrregiões precisam ampliar a sua capacidade de armazenagem.

A Figura 4.5 apresenta as 38 medianas paranaenses.

Figura 4.5 – Otimização com 38 medianas



#### 4.2.4 CENÁRIO 4 – SIMULAÇÃO COM 39 MEDIANAS

Este cenário considera todas as microrregiões do estado do Paraná como medianas. A Tabela 4.4 apresenta a capacidade atual e recomendada pela FAO para armazenar toda a produção das microrregiões.

Tabela 4.4 – Simulação com 39 medianas

<b>39 MEDIANAS</b>			
<b>MEDIANA</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE ATUAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>
Paranavaí	185.559	45.200	222.671
Umuarama	613.840	204.210	736.608
Cianorte	283.637	164.933	340.364
Goioerê	1.675.186	924.927	2.010.223
Campo Mourão	1.519.630	1.398.220	1.823.556
Astorga	477.372	418.804	572.846
Porecatu	663.573	542.107	796.288

<b>39 MEDIANAS</b>			
<b>MEDIANA</b>	<b>PRODUÇÃO (t)</b>	<b>CAPACIDADE ATUAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>
Floraí	710.074	416.120	852.089
Maringá	430.624	1.119.182	516.749
Londrina	754.815	1.472.247	905.778
Faxinal	217.508	168.015	261.010
Ivaiporã	588.789	340.580	706.547
Assaí	390.575	277.646	468.690
Cornélio Procópio	1.172.809	513.375	1.407.371
Jacarezinho	234.943	273.366	281.932
Ibaiti	161.017	26.550	193.220
Wenceslau Braz	330.502	49.304	396.602
Telêmaco Borba	470.305	569.880	564.366
Jaguariaíva	522.845	462.340	627.414
Ponta Grossa	1.249.570	2.222.564	1.499.484
Toledo	3.496.080	2.483.059	4.195.296
Cascavel	1.909.547	1.257.067	2.291.456
Foz do Iguaçu	1.298.440	527.300	1.558.128
Capanema	477.720	361.580	573.264
Francisco Beltrão	1.159.525	466.127	1.391.430
Pato Branco	885.095	915.214	1.062.114
Pitanga	379.045	202.620	454.854
Guarapuava	1.668.306	1.532.095	2.001.967
Palmas	511.830	569.307	614.196
Prudentópolis	657.156	301.540	788.587
Irati	336.620	98.614	403.944
União da Vitória	194.409	95.492	233.291
São Mateus do Sul	180.800	73.620	216.960
Cerro Azul	78.511		94.213
Lapa	208.544	162.840	250.253
Curitiba	514.717	196.109	617.660
Paranaguá	656		787
Rio Negro	253.227	84.600	303.872
<b>TOTAL</b>	<b>27.237.234</b>	<b>21.437.600</b>	<b>32.684.681</b>

Com 39 medianas, além das microrregiões de Maringá, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas, as microrregiões de Londrina e Apucarana também possuem capacidade suficiente para a produção de seus municípios. Destas, apenas as microrregiões de Jacarezinho, Pato Branco e Palmas possuem a capacidade atual menor que a sugerida pela FAO.

As microrregiões de Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Floraí, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Ibaiti, Wenceslau Braz, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Pitanga,

Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Curitiba e Rio Negro não possuem nem metade da capacidade de armazenagem sugerida pela FAO, não sendo capaz de receber grande parte de sua produção.

#### 4.2.5 CENÁRIO 5 – OTIMIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO NÃO ATENDIDA PELA CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM ATUAL

Este cenário visa a otimização da capacidade para a produção de soja e milho que não é atendida pelos armazéns paranaenses. A justificativa para a simulação deste cenário é permitir a análise de quais microrregiões teriam prioridade para sofrer expansão, caso a situação econômico-financeira fosse limitada, permitindo que apenas algumas delas pudessem sofrer ajustes.

Assim, a produção total de cada microrregião foi subtraída da sua respectiva capacidade, obtendo-se assim a produção não atendida. A Tabela 4.5 mostra a produção total de cada microrregião, bem como a capacidade de armazenagem e a diferença entre elas.

Tabela 4.5 – Produção não atendida pela capacidade atual

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE TOTAL (t)</b>	<b>PRODUÇÃO NÃO ATENDIDA (t)</b>
Paranavaí	185.559	45.200	140.359
Umuarama	613.840	204.210	409.630
Cianorte	283.637	164.933	118.704
Goioerê	1.675.186	924.927	750.259
Campo Mourão	1.519.630	1.398.220	121.410
Astorga	477.372	418.804	58.568
Porecatu	663.573	542.107	121.466
Floraí	710.074	416.120	293.954
Maringá	430.624	1.119.182	0
Apucarana	373.833	500.846	0
Londrina	754.815	1.472.247	0
Faxinal	217.508	168.015	49.493
Ivaiporã	588.789	340.580	248.209
Assaí	390.575	277.646	112.929
Cornélio Procópio	1.172.809	513.375	659.434
Jacarezinho	234.943	273.366	0
Ibaiti	161.017	26.550	134.467
Wenceslau Braz	330.502	49.304	281.198
Telêmaco Borba	470.305	569.880	0

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE TOTAL (t)</b>	<b>PRODUÇÃO NÃO ATENDIDA (t)</b>
Jaguariaíva	522.845	462.340	60.505
Ponta Grossa	1.249.570	2.222.564	0
Toledo	3.496.080	2.483.059	1.013.021
Cascavel	1.909.547	1.257.067	652.480
Foz do Iguaçu	1.298.440	527.300	771.140
Capanea	477.720	361.580	116.140
Francisco Beltrão	1.159.525	466.127	693.398
Pato Branco	885.095	915.214	0
Pitanga	379.045	202.620	176.425
Guarapuava	1.668.306	1.532.095	136.211
Palmas	511.830	569.307	0
Prudentópolis	657.156	301.540	355.616
Irati	336.620	98.614	238.006
União da Vitória	194.409	95.492	98.917
São Mateus do Sul	180.800	73.620	107.180
Cerro Azul	78.511		78.511
Lapa	208.544	162.840	45.704
Curitiba	514.717	196.109	318.608
Paranaguá	656		656
Rio Negro	253.227	84.600	168.627
<b>Total</b>	<b>27.237.234</b>	<b>21.437.600</b>	<b>8.531.225</b>

A Tabela 4.5 mostra que a produção total de grãos que são não atendidos pelos armazéns existentes em suas microrregiões de origem é de 8.531.225 toneladas de grãos, sendo necessária, portanto, segundo recomendação da FAO, uma capacidade de armazenagem de pouco mais de 10 milhões de toneladas. Oito microrregiões possuem capacidade suficiente para sua produção e não necessitam expandir sua capacidade de armazenagem. Porém, estas microrregiões foram mantidas na simulação, pois podem “funcionar” como medianas, recebendo a produção de outras microrregiões.

A microrregião de Toledo possui a maior produção, necessitando de maior capacidade de armazenagem para acomodar sua produção e a microrregião de Paranaguá possui a menor produção.

As simulações realizadas comparam o custo total ou distância total considerando de uma a 39 medianas. O custo total ou distância total pode ser utilizado como parâmetro de decisão a respeito da expansão do armazém ou deslocamento da produção para outro local.

Na Tabela 4.6 é apresentado o custo total considerando de uma a treze medianas.

Tabela 4.6 – Custo total considerando de uma a 13 medianas

<b>NÚMERO DE MEDIANAS</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
1	Ivaiporã	6.793,67
2	Campo Mourão, Ponta Grossa	4.970,65
3	Apucarana, Cascavel, Lapa	3.606,19
4	Maringá, Ibaiti, Cascavel, Lapa	3.058,30
5	Maringá, Ibaiti, Toledo, Pato Branco, Lapa	2.677,78
6	Maringá, Ibaiti, Toledo, Pato Branco, Irati, Curitiba	2.398,63
7	Floraí, Apucarana, Ibaiti, Toledo, Pato Branco, Irati, Curitiba	2.199,13
8	Cianorte, Apucarana, Ibaiti, Cascavel, Capanema, Pitanga, Irati, Curitiba	2.026,08
9	Cianorte, Apucarana, Cornélio Procópio, Jaguariaíva, Cascavel, Capanema, Pitanga, Irati, Curitiba	1.906,11
10	Floraí, Apucarana, Cornélio Procópio, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Francisco Beltrão, Pitanga, Irati, Curitiba	1.797,87
11	Floraí, Apucarana, Cornélio Procópio, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Francisco Beltrão, Pitanga, Irati, Lapa, Paranaguá	1.691,61
12	Umuarama, Floraí, Apucarana, Cornélio Procópio, Jaguariaíva, Cascavel, Capanema, Pato Branco, Pitanga, Irati, Lapa, Paranaguá	1.585,80
13	Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Jaguariaíva, Cascavel, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Irati, Lapa, Paranaguá	1.482,09

Considerando uma mediana, toda a produção deve ser encaminhada para a microrregião de Ivaiporã a um custo (distância) de 6.793,67.

Com duas medianas, as microrregiões de Campo Mourão e Ponta Grossa são designadas medianas. O custo total é de 4.970,65, sendo que a microrregião de Campo Mourão recebe mais da metade da produção. Com três e quatro medianas, o custo ou distância total fica entre 3,0 a 3,7 mil. De 5 a 8 medianas, o custo varia entre 2,0 a 2,7 mil. Com nove medianas o custo total é de 1.906,11, diminuindo até 1.482,09, sendo este o custo total considerando 13 medianas.

A Tabela 4.7 apresenta o custo total variando de 14 a 26 medianas.

Tabela 4.7 – Custo total considerando 14 a 26 medianas

NÚMERO DE MEDIANAS	MEDIANA	CUSTO TOTAL
14	Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Cascavel, Capanema, Pato Branco; Guarapuava, Irati, Lapa, Paranaguá	1.392,33
15	Paranavaí, Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Cascavel, Capanema, Guarapuava, Palmas, Irati, Lapa, Paranaguá	1.303,44
16	Paranavaí, Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Capanema, Guarapuava, Palmas, Irati, Lapa, Paranaguá	1.216,81
17	Paranavaí, Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Guarapuava, Palmas, Irati, Lapa, Paranaguá	1.131,54
18	Paranavaí, Umuarama, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Guarapuava, Palmas, Irati, União da Vitória, Lapa, Paranaguá	1.056,05
19	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Floraí, Faxinal, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Irati, União da Vitória, Lapa, Paranaguá	981,74
20	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Pitanga, Irati, União da Vitória, Lapa, Paranaguá	912,65
21	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Assaí, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pitanga, Palmas, Irati, União da Vitória, Lapa, Paranaguá	843,59
22	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Porecatu, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Toledo, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Guarapuava, Palmas, Irati, União da Vitória, Lapa, Paranaguá	776,65
23	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Porecatu, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	711,33
24	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Astorga, Porecatu, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Guarapuava, Palmas, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	648,44
25	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Pitanga, Palmas, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	585,92
26	Paranavaí, Umuarama, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floraí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pitanga, Palmas, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	529,04

A Tabela 4.7 mostra que com 14 medianas o custo total é de 1.392,33 diminuindo à medida que o número de medianas aumenta. Com 26 medianas o custo total cai para 529,06.

A Tabela 4.8 apresenta o custo total considerando 27 a 33 medianas.

Tabela 4.8 – Custo total considerando 27 a 33 medianas

<b>NÚMERO DE MEDIANAS</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
27	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floráí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pitanga, Palmas, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	472,66
28	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Maringá, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Telêmaco Borbal, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	420,41
29	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floráí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pitanga, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Paranaguá	368,19
30	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Maringá, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	317,34
31	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floráí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	269,70
32	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floráí, Apucarana, Ivaiporã, Assaí, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telemâco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	222,47
33	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Floráí, Apucarana, Ivaiporã, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Pato Branco, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	175,68

A Tabela 4.7 mostra que considerando 27 medianas o custo total é de 427,66 diminuindo para 175,68 quando se considera 33 medianas.

A Tabela 4.8 apresenta o custo total para 34, 35, 36, 37, 38 e 39 medianas.

Tabela 4.9 – Custo total considerando 34 a 39 medianas

<b>NÚMERO DE MEDIANAS</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
34	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Maringá, Apucarana, Ivaiporã, Assaí, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pitanga, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	138,74
35	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Florai, Apucarana, Ivaiporã, Assaí, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Francisco Beltrão, Pato Branco, Guarapuava, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	105,63
36	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Florai, Apucarana, Faxinal, Ivaiporã, Assaí, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pitanga, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	73,96
37	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Florai, Maringá, Apucarana, Faxinal, Ivaiporã, Assaí, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pitanga, Palmas, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Cerro Azul, Lapa, Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	44,20
38	Paranavaí, Umuarama, Cianorte, Goioerê, Campo Mourão, Astorga, Porecatu, Florai, Maringá, Apucarana, Faxinal, Ivaiporã, Assaí, Cornélio Procópio, Jacarezinho, Ibaiti, Wenceslau Braz, Telêmaco Borba, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Capanema, Francisco Beltrão, Pato Branco, Pitanga, Guarapuava, Prudentópolis; União da Vitória; São Mateus do Sul; Cerro Azul; Lapa; Curitiba, Paranaguá, Rio Negro	14,89
39	Todas	0,00

Considerando 33 medianas o custo total é de 138,74 diminuindo até o custo total próximo de zero quando se considera 39 medianas. As tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 mostram que à medida que o número de medianas aumenta o custo total diminui, pois

quando uma microrregião torna-se mediana, elimina-se a necessidade de deslocamento da produção de uma microrregião para outra.

Com o intuito de detalhar um pouco melhor este cenário 5, é apresentada na Tabela 4.10, a otimização da capacidade para a produção não atendida considerando cinco medianas (situação destacada na Tabela 4.6).

Tabela 4.10 – Otimização considerando cinco medianas

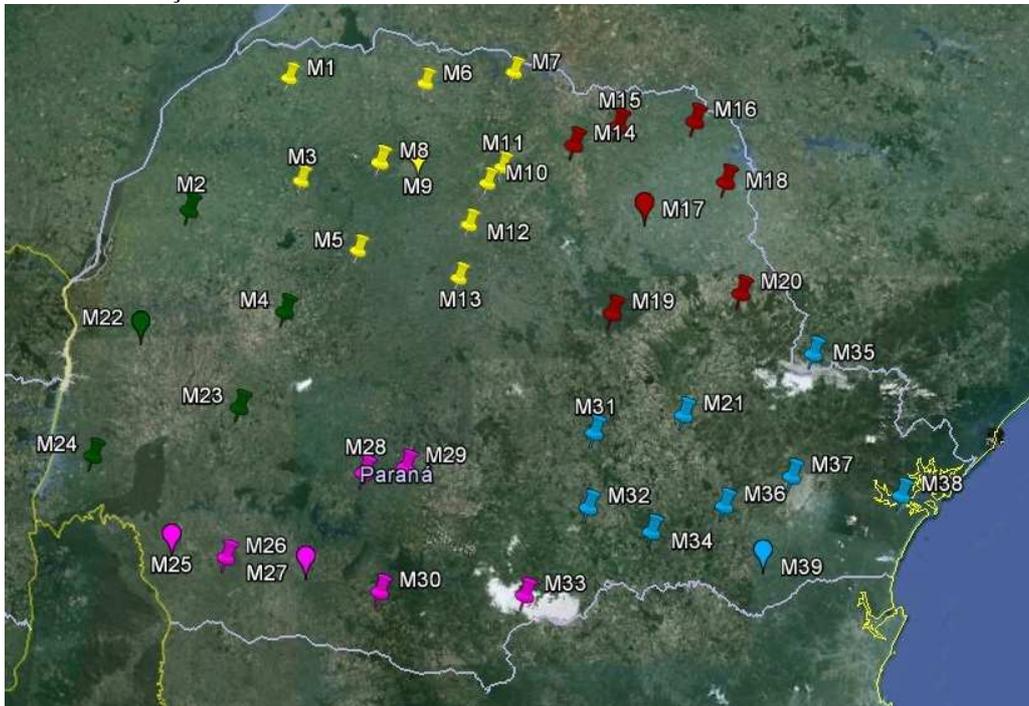
<b>MEDIANA</b>	<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO A SER ATENDIDA (t)</b>	<b>CAPACIDADE OTIMIZADA (t)</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
Maringá	Paranavaí; Cianorte; Campo Mourão; Astorga; Porecatu; Florai; Maringá; Apucarana; Londrina; Faxinal; Ivaiporã	1.152.163	1.382.596	
Ibaiti	Assaí; Cornélio Procópio; Jacarezinho; Ibaiti; Wenceslau Braz; Telêmaco Borba; Jaguariaíva	1.248.533	1.498.240	
Toledo	Umuarama; Goioerê; Toledo; Cascavel; Foz do Iguaçu	3.596.530	4.315.836	2.677,78
Pato Branco	Capanema; Francisco Beltrão; Pato Branco; Pitanga; Guarapuava; Palmas; União da Vitória	1.221.091	1.465.309	
Lapa	Ponta Grossa; Prudentópolis; Irati; São Mateus do Sul; Cerro Azul; Lapa; Curitiba; Paranaguá; Rio Negro	1.312.908	1.575.490	
<b>TOTAL</b>		8.531.225	10.237.470	

A Tabela 4.10 mostra que considerando 5 medianas, as microrregiões de Maringá, Ibaiti, Toledo, Pato Branco e Lapa são designadas medianas, sendo que Toledo recebe a produção de cinco microrregiões, totalizando mais de 3 milhões de toneladas de grãos. As demais medianas recebem pouco mais de 1 milhão de toneladas de grãos. O custo total é de 2.677,78.

Neste cenário, todas as microrregiões designadas medianas, necessitam expandir sua capacidade de armazenagem para receber a produção que não está sendo atendida pela capacidade de armazenagem do estado. Destas medianas, a microrregião de Toledo precisa de maior expansão de sua capacidade de armazenagem, pois a capacidade existente não atende a produção atual de seus municípios. Já a microrregião de Maringá, que possui capacidade suficiente para a sua produção de soja e milho, a necessidade de expansão de sua capacidade de armazenagem é a menor.

A Figura 4.6 mostra as medianas em formato de “gota”. As microrregiões que devem encaminhar sua produção estão da mesma cor de sua mediana.

Figura 4.6 - Otimização com cinco medianas



## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A agricultura é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira. O país é um dos maiores produtores e exportadores de diversos produtos, principalmente grãos e previsões indicam que o país tem grandes chances de melhorar sua participação no cenário mundial.

O milho e a soja são os produtos de maior demanda mundial, sua demanda vem aumentando, provocando o aumento da produção agroindustrial destes grãos, levando o Brasil a expandir sua área de plantio e investir em tecnologias para a expansão da produção.

O Brasil é o segundo e terceiro maior produtor mundial de soja e milho, respectivamente. A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, seus derivados possuem diversas utilizações. O milho é o grão dominante negociado nos mercados internacionais, seu principal destino no Brasil é para ração animal e uma porção da produção destina-se ao consumidor brasileiro.

O agronegócio também possui grande importância para a economia do Paraná, que é atualmente o segundo maior produtor de grãos do país, sendo o segundo maior produtor de milho e soja. O porto de Paranaguá, localizado no estado, também é o segundo maior exportador de grãos. Esta proximidade com o porto permite que o Paraná possa ter menores custos de escoamento do que os outros estados brasileiros.

Mesmo possuindo espaço para crescimento e para a incorporação de novas tecnologias, os estados brasileiros sofrem uma forte concorrência de países exportadores, que possuem vantagens na sua produtividade e nos custos de produção. O país possui problemas relacionados principalmente com a capacidade insuficiente dos armazéns, com a infraestrutura dos meios de transportes e os elevados custos dos fretes.

O modal rodoviário é o meio de transporte mais utilizado para o transporte de grãos, porém este modal é carente de investimentos em sua infraestrutura e a sua utilização para movimentar os grãos por longas distâncias encarece em muito o custo dos produtos.

Outro problema é referente à capacidade deficiente dos armazéns, que obriga os produtores a se desfazer dos grãos à medida que são colhidos, ou muitas vezes antes mesmo da sua colheita, para evitar a exposição destes às condições climáticas

desfavoráveis. Além disso, a capacidade existente é dividida entre os grãos e esta situação é amenizada pelos diferentes períodos de colheita entre eles.

A capacidade brasileira de armazenamento é considerada significativamente menor do que a metade da produção para a maioria das culturas a granel como soja, milho e trigo, deixando para o sistema de transporte a tarefa de lidar com os grãos na colheita. A sobrecarga no modal rodoviário na época da colheita também é responsável pela formação de filas no porto de Paranaguá, pois, sem local para estocar os grãos, o produto é vendido pouco antes da colheita.

A baixa capacidade dos armazéns e a grande demanda por transportes na época das colheitas elevam os fretes e os produtores se veem diante de duas alternativas: submeter-se aos fretes elevados ou então utilizar armazéns terceirizados. Além disso, alguns municípios não possuem armazéns, logo, os produtores destes locais são obrigados a negociar o produto antes da colheita ou transportar a sua carga para armazéns de outras regiões.

O Paraná está entre os estados que possui a maior capacidade de armazenagem total de grãos do país, entretanto a sua capacidade não é suficiente para armazenar toda a sua produção.

Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a situação atual da armazenagem de soja e milho do estado do Paraná utilizando o problema de  $p$ -medianas e propor cenários, visando a otimização quanto à expansão da capacidade e/ou instalação de novos armazéns.

O problema das  $p$ -medianas é um dos métodos de localização de facilidades mais utilizados e tem como objetivo encontrar a localização de  $p$  facilidades, minimizando a distância total entre a demanda e a oferta, enquanto os fluxos entre as facilidades e os clientes são alocados.

A revisão da literatura mostra a existência de diversos métodos de localização que podem ser utilizados separadamente ou em conjunto com outros métodos, com características próprias, mas com o principal objetivo de indicar locais ideais obedecendo às restrições impostas. As definições dos locais, bem como da quantidade de instalações são importantes decisões, devido à dificuldade de alteração e oneração dos custos.

O estado do Paraná possui 399 municípios e os dados a respeito da capacidade atual e da produção de milho e soja são obtidos na base de dados do IBGE. O *software LINGO* foi utilizado para a geração das simulações, porém a capacidade de

processamento da versão não abrange todos os municípios. Assim, fez-se uso da divisão realizada pelo IBGE, que divide os estados em microrregiões e, desta forma, foram utilizadas as 39 microrregiões paranaenses para as simulações, considerando a sua produção e capacidade totais.

Cinco cenários foram analisados. O cenário 1 analisa a situação atual, considerando a produção e capacidade existente no Paraná. Visando a otimização, três cenários são analisados. O cenário 2 busca a otimização da situação atual e os cenários 3 e 4 trazem as simulações com 38 e 39 medianas. Já o cenário 5 busca a otimização, considerando a produção que não é atendida pela capacidade de armazenagem existente, considerando, diferentes medianas. Em todos estes cenários é realizada a comparação entre a capacidade atual e a capacidade recomendada pela FAO, segundo a qual, a capacidade de armazenagem deve ser 120% do total da produção.

A análise das microrregiões paranaense mostra que a microrregião de Toledo é a maior produtora de soja e milho com mais de três milhões de toneladas de grãos e também possui a maior capacidade de armazenagem. A microrregião de Paranaguá possui a menor produção e não possui armazéns ou silos, assim como a microrregião de Cerro Azul.

A análise da situação atual simplesmente verifica que a capacidade de armazenagem total das 37 microrregiões é 21.437.600 toneladas e que a produção total de milho e soja das 39 microrregiões é 27.237.234 toneladas, extrapolando a capacidade total em 5.799.634 toneladas.

O segundo cenário busca otimizar a situação atual, considerando a capacidade de armazenagem de 30 milhões de toneladas (ou infinita) para cada uma das 37 microrregiões, com o objetivo de analisar qual seria a capacidade ideal de cada microrregião. São consideradas as 37 medianas, pois duas microrregiões não possuem armazéns, não podendo ser medianas.

Neste cenário, apenas Maringá, Apucarana, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas possuem capacidade suficiente para receber a sua própria produção. As demais microrregiões precisam ampliar a sua capacidade de armazenagem.

Além disso, devido à falta de armazéns nas microrregiões de Cerro Azul e Paranaguá, a produção destas microrregiões deve ser encaminhada para suas medianas, Jaguariaíva e Curitiba, respectivamente.

O terceiro cenário apresenta a simulação considerando a capacidade de 30 milhões de toneladas, porém alterando o número de medianas para 38.

Neste cenário, a microrregião de Londrina é mediana de Apucarana. E as microrregiões de Cerro Azul e Paranaguá tornam-se medianas, devendo expandir sua capacidade para receber a produção de seus municípios. O número de microrregiões com capacidade suficiente para a sua produção diminui, sendo que Maringá, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas encontram-se nesta situação. As demais microrregiões precisam ampliar a sua capacidade de armazenagem.

O quarto cenário considera todas as microrregiões paranaenses como medianas. Com 39 medianas, além das microrregiões de Maringá, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas, as microrregiões de Londrina e Apucarana também possuem capacidade suficiente para a produção de seus municípios. Destas, apenas as microrregiões de Jacarezinho, Pato Branco e Palmas possuem a capacidade atual menor que a sugerida pela FAO.

Em todos estes cenários, as microrregiões de Paranaíba, Umuarama, Cornélio Procopio, Ibaiti, Wenceslau Braz, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, São Mateus do Sul, Curitiba e Rio Negro possuem capacidade inferior à metade da sua produção, estando em situação crítica.

A simulação da situação atual mostra que a capacidade de armazenagem do Paraná é crítica e, mesmo alterando o número de medianas, há necessidade da sua expansão.

As simulações mostram que 31 microrregiões precisam aumentar a sua capacidade de armazenagem, incluindo as duas microrregiões que não possuem armazéns. Nas demais, a capacidade sugerida é menor que a atual, porém deve-se considerar que a capacidade é sugerida conforme a produção e, é considerada apenas a produção de soja e milho.

No último e quinto cenário, a produção de cada microrregião foi subtraída da sua respectiva capacidade, obtendo-se assim a produção que não é atendida pela capacidade de armazenagem existente. As microrregiões de Maringá, Apucarana, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas possuem capacidade suficiente para sua produção, não necessitando expandir sua capacidade de armazenagem. Porém, estas microrregiões foram mantidas, pois podem “funcionar” como medianas, recebendo a produção de outras microrregiões.

Este cenário tem como objetivo a otimização da capacidade para as microrregiões que possuem produção maior que sua capacidade, permitindo a análise do custo total em relação ao número de medianas. Ou seja, são situações onde se estuda a possibilidade de ampliar as capacidades de apenas algumas microrregiões levando em consideração a questão relacionada ao custo/distância.

Este cenário mostra que a produção total de milho e soja que não é atendida atualmente é de 8.531.225 toneladas de grãos. A capacidade necessária para armazenar a produção atualmente não atendida no Paraná é de pouco mais de 10 milhões de toneladas.

Atualmente, apenas as microrregiões de Maringá, Apucarana, Londrina, Jacarezinho, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Pato Branco e Palmas possuem capacidade suficiente para sua produção e não necessitam expandir sua capacidade de armazenagem. A microrregião de Toledo possui a maior produção não atendida, necessitando de maior capacidade de armazenagem e a microrregião de Paranaguá possui a menor produção.

À medida que o número de medianas aumenta, o custo total diminui, pois o deslocamento entre as microrregiões diminui, já que mais microrregiões são designadas medianas. Na decisão entre deslocar a produção ou expandir a capacidade de armazenagem, deve-se considerar os custos e benefícios obtidos em longo prazo.

Neste cenário também é apresentado um exemplo da otimização da capacidade considerando cinco medianas, mostrando além do custo total, a produção recebida em cada mediana e a capacidade necessária, de acordo com a recomendação da FAO.

Considerando cinco medianas, as microrregiões de Maringá, Ibaiti, Toledo, Pato Branco e Lapa são designadas medianas, sendo que Toledo recebe a produção de cinco microrregiões, totalizando mais de 3 milhões de toneladas de grãos. As demais medianas recebem pouco mais de 1 milhão de toneladas de grãos. O custo total neste cenário é de 2.677,78.

Neste cenário, todas as microrregiões designadas medianas, necessitam expandir sua capacidade de armazenagem para receber a produção que não está sendo atendida pela capacidade de armazenagem do estado. Destas medianas, a microrregião de Toledo precisa de maior expansão de sua capacidade de armazenagem, pois a capacidade existente não atende a produção atual de seus municípios. Já a microrregião de Maringá, que possui capacidade suficiente para a sua produção de soja e milho, a necessidade de expansão de sua capacidade de armazenagem é a menor.

Portanto, as simulações realizadas mostram que é imprescindível a expansão da capacidade de armazenagem de, praticamente, todas as microrregiões paranaenses. Para aquelas que apresentam capacidade atual maior que a sugerida, é necessária a análise da produção de todos os produtos que são armazenados, bem como dos períodos de utilização.

Os cenários propostos mostram as microrregiões de maior carência de capacidade e também, no caso das microrregiões que não possuem armazéns, a capacidade recomendada pela FAO.

Como sugestões para trabalhos futuros, um estudo pode ser realizado considerando todos os 399 municípios, além da utilização de outros métodos como, por exemplo, meta-heurísticas, dentre outros. Outro ponto importante é que o ponto central definido nas microrregiões, em alguns casos, está afastado do ponto central das demais microrregiões. É interessante analisar a definição de outros pontos nas microrregiões menores, principalmente as que possuem três ou quatro municípios e que estão próximas de outras microrregiões pequenas. Também pode-se desconsiderar a produção de Paranaguá e Cerro Azul por representar uma pequena quantidade produzida destes grãos.

## REFERÊNCIAS

ABIOVE. **Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais**. Disponível em:< <http://www.abiove.com.br/>>. Acesso em 10 nov. 2012.

Aikens, C.H. **Facility location models for distribution planning**. European Journal of Operational Research, vol. 22, n.3, 263-279, 1985.

ALES, V.T. **O Algoritmo Sequential Minimal Optimisation para Resolução do Problema de Support Vector Machine: Uma Técnica para Reconhecimento de Padrões**. Dissertação de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia. Universidade Federal do Paraná, 2008.

ALVARENGA, A.C.; NOVAES, A.G.N. **Logística Aplicada**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.

ALVES, A.C.; STEINER, M.T.A.; MUSSI, N.H.; ZANELATTO, G. **Algoritmos Genéticos Aplicados ao Planejamento da Distribuição de Energia Elétrica em Curitiba e Região Metropolitana**. In: Lopes; Takahashi (Eds.), *Computação Evolucionária em Problemas de Engenharia*, 2011.

ANDRADE, E.L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

ANDRADE, P.R.L.; SCARPIN, C.T.; STEINER, M.T.A. **Geração da Grade Horária do Curso de Engenharia de Produção da UFPR Através de Programação Linear Binária**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 24 a 28 Set., Rio de Janeiro, 2012.

ARABANI, A.B.; FARAHANI, R.Z. **Facility location dynamics: An overview of classifications and applications**. Computers & Industrial Engineering 62, 408–420, 2012.

ARAKAKI, R.G.I. **Heurística de Localização-Alocação para Problemas de Localização de Facilidades**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. INPE, São José dos Campos, 2003.

ARAKAKI, R.G.I.; LORENA, L.A.N. **Uma heurística de localização-alocação (HLA) para problemas de localização de facilidades**. *Produção*, v. 16, n. 2, p. 319-328, 2006.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional: As Disciplinas da Execução da Estratégia**. Ed. Elsevier: ABREPO, 2011.

BALLOU, R.H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BANDEIRA, R.A.M. **Proposta de uma Sistemática de Análise para a Localização de Depósitos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BARBOZA, A.O. **Simulação e Técnicas da Computação Evolucionária Aplicadas a Problemas de Programação Linear Inteira Mista**. Tese de Doutorado em Ciências. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2005.

BARCELOS, F.B.; PIZZOLATO, N.D.; LORENA, L.A.N. **Localização de Escolas do Ensino Fundamental com Modelos Capacitado e Não-Capacitado: Caso de Vitória/ES**. Pesquisa Operacional, v.24, n.1, p.133-149, Janeiro a Abril de 2004.

BARRETO, S.S. **Análise e Modelização de Problemas de Localização-Distribuição**. Tese de Doutorado em Gestão Industrial. Universidade de Liboa, 2004.

BARRETO, S.; FERREIRA, C.; PAIXÃO, J.; SANTOS, B.S. **Using clustering analysis in a capacitated location-routing problem**. European Journal of Operational Research 179, 968–977, 2007.

Beasley, J. E. **An algorithm for solving large capacitated warehouse location problems**. European Journal of Operational Research, vol. 33, 314-325, 1988.

BERTO, M. V. S.; NAKANO, D.N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa**. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999.

BEUREN, I.M.; RAUPP, F.M.; SOUSA, M.A.B.; COLAUTO, R.D.; PORTON, R.A.B. **Como elaborar trabalhos monográficos em Contabilidade**. São Paulo: Atlas, 2003.

**BÍBLIA SAGRADA**. Bíblia Almeida Revista e Corrigida, Sociedade Bíblica do Brasil, 2009.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRANDEAU, M.L.; CHIU, S.S. **An overview of representative problems in location research**. Management Science, vol.35: 645-674, 1989.

CARMO, E.A. **Estudo da Localização de Abatedouros e Centros de Distribuição de Agroindústrias de Frango**. Dissertação de Mestrado em Agronegócios. Universidade de Brasília, 2008.

CARRARA, C.M. **Uma Aplicação do SIG para a Localização e Alocação de Terminais Logísticos em Áreas Urbanas Congestionadas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo, 2007.

CÔRREA, F.A.; LORENA, L.A.N. **Aplicação da Relaxação Lagrangeana e do Algoritmo Genético Construtivo na Solução do Problema Probabilístico de**

**Localização-Alocação de Máxima Cobertura.** Gestão & Produção, v.13, n.2, p.233-244, 2006.

CHINNECK, J.W. **Practical Optimization: A Gentle Introduction. Chapter 3: Binary and Mixed-Integer Programming.** Disponível em: <<http://www.sce.carleton.ca/faculty/chinneck/po/Chapter13.pdf>> Acesso em 02 de fevereiro de 2012.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação.** São Paulo: Practice Hall, 2003.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 10 de Ago. 2012.

COOPER, D.; SCHINDLER, P. **Métodos de pesquisa em administração.** Sétima edição, Artmed – Bookman, Porto Alegre, 2003.

CORREA, E.S.; STEINER, M.T.A.; FREITAS, A.A.; CARNIERI, C.. **A genetic algorithm for solving a capacitated p-median problem.** Numerical Algorithms, 35 (2-4). pp. 373-388, 2004.

CÔRREA, H.L. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CURRENT, J.; MIN, H.; SCHILLING, D. **Multiobjective analysis of facility location decisions.** European Journal of Operational Research, vol. 49, 295-307, 1990.

CURRENT, J.; RATICK, S.; REVELLE, C. **Dynamic facility location when the total number of facilities is uncertain: A decision analysis approach.** European Journal of Operational Research, vol. 110, 597-609, 1997.

D'ARCE, M.A.B. R. **Pós colheita e armazenamento de grãos.** 2008. Texto compilado para a disciplina LAN. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP.

PAULA, S.R; FAVARET FILHO, P. **Panorama do Complexo Soja.** BNDES, 1998.

DETOFENO, T.C. **Otimização de Rotas de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos, Utilizando Técnicas de Pesquisa Operacional.** Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Paraná, 2009.

DHEENA, P.; MOHANRAJ, G.. **Multicriteria decision-making combining fuzzy set theory, ideal and anti-ideal points for location site selection.** Expert Systems with Applications, Vol. 38, 13260–13265, 2011.

DIAS, F.C.S. **Algoritmos para o Problema de Localização Simples Baseados nas Formulações Clássica e Canônica.** Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Universidade de Ceará, 2008.

EHRlich, P.J. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 4ª Edição, São Paulo: Atlas, 1982.

EISENHARDT, K. **Building Theories from Case Study Research**. *Academy of Management Review*, Vol.14, No.4, 532-550, 1989.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em <<http://www.embrapa.br/>>. Acesso em 30 Nov. 2012.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em <<https://www.fao.org.br/>>. Acesso em 30 Nov. 2012.

FARAHANI, R.Z; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. **Multiple criteria facility location problems: A survey**. *Applied Mathematical Modelling*, vol. 34, 1689–1709, 2010.

FREDERICO, S. **Desvendando o Agronegócio: Financiamento Agrícola e o Papel Estratégico do Sistema de Armazenamento de Grãos**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n. 27, pp. 47 - 61, 2010.

FRIAS, A.D.S. **A Configuração da Cadeia Logística Inversa para o Tratamento dos Pneus Usados – Um Problema de Otimização de Localização**. Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 2010.

GALLARDO, A.P.; STUPELLO, B.; GOLDBERG, D.J.K.; CARDOSO, J.S.L.; PINTO, M.M.O. **Avaliação da capacidade da infraestrutura de armazenagem para os granéis agrícolas produzidos no Centro-Oeste brasileiro, 2010**. Disponível em: <<http://www.ipen.br/>>. Acesso em 01 de novembro de 2012.

GAVIRA, M.O. **Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo, 2003.

GOMES, R.F.S. **Aplicação da Metaheurística Tabu Search na Otimização de Rotas de Manutenção Preventiva em Campo**. Dissertação de Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional. Universidade Federal do Ceará, 2011.

*Greenpace* **Internacional**. Disponível em <<http://www.greenpeace.org/international/en/>>. Acesso em 01 Dez. 2012.

GURGEL, A.M. **Melhoria da Segurança Pública: Uma Proposta para Alocação de Unidades Policiais Utilizando o Modelo das P-Medianas e do Caixeiro Viajante**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

HABIBI, G.; MASEHIAN, E.; BEHESHTI, M.T.H. **Binary Integer Programming Model of Point Robot Path Planning**. The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON). Nov. 5-8, 2007, Taipei, Taiwan.

HALE, T. S.; MOBERG, C. R. **Location science research: a review**. Annals of Operations Research, v. 123, n. 1-4, p. 21-35, 2003.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8º Edição: Ed. Bookman, 2010.

Hinojosa, Y.; Puerto, J.; Fernández, F.R. **A multiperiod two-echelon multicommodity capacitated plant location problem**. European Journal of Operational Research, vol. 123, 271±291, 2000.

HOLMBERG, K.; RÖNNQVIST, M.; YUAN, D. **An exact algorithm for the capacitated facility location problems with single sourcing**. European Journal of Operational Research, vol. 113, 544±559, 1999.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 01 Dez. 2012.

IPARDES. **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível: < [www.ipardes.gov.br/](http://www.ipardes.gov.br/)>. Acesso em 3º Nov. 2012.

JÚNIOR, S.N.; NOGUEIRA, E.A. **Centrais regionais de armazenagem como apoio à comercialização de grãos**. Informações Econômicas, SP, v.37, n.7, jul. 2007.

KIM, D.G.; KIM, Y.D. **A branch and bound algorithm for determining locations of long-term care facilities**. European Journal of Operational Research, vol. 206,168–177, 2010.

KLOSE, A.; DREXL, A. **Facility location models for distribution system design**. European Journal of Operational Research, vol.162, 4–29, 2005.

KLOSE, A.; DREXL, A. **A branch-and-price algorithm for the capacitated facility location problem**. European Journal of Operational Research 179, 1109–1125, 2007.

KONOWALENKO, Flávia. **Problema do Carteiro Chinês Não-Orientado e Misto para a Otimização de Rotas na Cidade de Irati/PR**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Paraná, 2012.

KUO, R.J.; CHI, S.C; KAO, S.S.. **A Decision Support System for Selecting Convenience Store Location Through Integration of Fuzzy AHP and Artificial Neural Network**. Computers in Industry, vol. 47, 199-214, 2002.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 2º Edição, Rev. e Atual, Rio de Janeiro: Campus, 2004.

LAZZARINI, S. G.; NUNES, R. **Competitividade do sistema agroindustrial da Soja**. São Paulo: PENSA/USP, 2000. 420p.

LIM, S.; KUBY, M. **Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model**. European Journal of Operational Research, vol. 204, 51–61, 2010.

LOPES, Y.G.; ALMEIDA, A.T. **Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER**. *Sistemas & Gestão*, v.3, n. 2, p.114-128, maio a agosto de 2008.

MACHADO, E.M. **A formação e a trajetória do maior porto agroexportador do Brasil – Paranaguá**. *Revista de Ciências Humanas, Florianópolis*, Volume 46, Número 1, p. 233-252, Abril de 2012.

MAPA, S.M.S.; LIMA, R.S. **Análise do Desempenho de um Sistema de Informações Geográficas em Problemas de Localização de Instalações**. In: XXI ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, Rio de Janeiro. Anais, 2007.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M.L. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3ª Edição, Rev. e Ampl. São Paulo: Atlas, 1996.

MARTINS, R.S.; REBECHI, D.; PRATI, C.A.; CONTE, Honório. **Compensation of Logistical and Strategic Costs in the Management of Agribusiness: The Case of the Commercialization of Soybean in the State of Paraná**. 2003. Disponível em <[http://www.pensaconference.org/siteantigo/arquivos\\_2003/023.pdf](http://www.pensaconference.org/siteantigo/arquivos_2003/023.pdf)>. Acesso em 20 Nov. 2012.

MEDINA, C.C. **A importância do Armazenamento à Nível de Propriedade Rural**. *Semina: Ciências Agrárias*, 10 (1), 56-62, 1989.

MIGUEL, P.A.C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. *Produção*, Vol. 17, No. 1, 216-229, Jan./Abr. 2007.

MLADENOVIC, N.; BRIMBERG, J.; HANSEN, P.; MORENO-PÉREZ, J.A. **The p-median problem: A survey of metaheuristic approaches**. *European Journal of Operational Research*, vol. 179, 927–939, 2007.

MONTEIRO, M.M.; LEAL, J.E. **Um modelo integrado para decisões de localização de instalações/Produção/Transportes em uma Rede Logística**. In: XXII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transpor, 2008, Fortaleza. XXII ANPET - Anais Eletrônicos. Fortaleza: ANPET, 2008.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação), 2003.

NAGI, G.; SALHI, S. **Location-routing: Issues, Models and Methods**. *European Journal of Operational Research*, vol. 177, 649–672, 2007.

NOOR-E-ALAM, Md.; MAH, A.; DOUCETTE, J. **Integer linear programming models for grid-based light post location problem**. *European Journal of Operational Research*, vol. 222, 17–30, 2012.

NOVAES, A.G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 3ª. Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

OLIVEIRA, E.B. **Uma contribuição para a busca de meios alternativos de comercialização para os produtores de soja da região oeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

OLIVEIRA, A.L.R. **A Logística Agroindustrial Frente aos Mercados Diferenciados: Principais Implicações para a Cadeia da Soja**. Informações Econômicas, SP, v. 41, n. 6, jun. 2011.

OSMAN, I.H.; AHMADI, S. **Guided construction search meta-heuristics for the capacitated clustering problem**. Journal of the Operational Research Society, vol. 58, 100-1114, 2007.

OWEN, S.H.; DASKIN, M.S. **Strategic facility location: A review**. European Journal of Operational Research, vol. 111, 423±447, 1998.

ÖZCAN, T.; ÇELEBI, N.; ESNAF, Ş. **Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem**. Expert Systems with Applications, vol. 38, 9773–9779, 2011.

PEREIRA, M.A. **Um método Branch-and-Price para problemas de localização de p-medianas**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2007.

PERIÇARO, G.A.; VOLPI, N.M.P.; SANTOS, S.R. **Um Estudo sobre a Influência de Custos de Transporte na Localização de uma Agroindústria de Aves**. XXXIX SBPO, A Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável, Fortaleza, 2007.

PIZZOLATO, N.D.; RAUPP, F.M.P.; ALZAMORA, G.S. **Revisão de Desafios Aplicados em Localização com Base em Modelos da P-Mediana e suas Variantes**. Revista Eletrônica Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v. 4, p. 13-42, 2012.

PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.; REZENDE, A.M. **Entraves da Comercialização à Competitividade do Milho Brasileiro**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, n. 104, p. 23- 40, 2003.

PONTES, H.L.J.P.; CARMO, B.B.T.; PORTO, A.J.V. **Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão**. Sistemas & Gestão, v.4, n.2, p.155-181, 2009.

PRATA, B. A. **Um algoritmo enxame de partículas para uma variante do problema de máxima cobertura**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, n. 2, p. 139-148, 2012.

PUENTE-MAURY, L.; MEJÍA-ALVAREZ, P.; LEVYA-DEL-FOYO, L. E. **A Binary Integer Linear Programming-Based Approach for Solving the Allocation Problem in Multiprocessor Partitioned Scheduling**. Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control, (CCE), 8th International Conference, 2011.

QUEIROZ, S.T.P. **Usinas de Álcool – Fatores Influentes no Processo de Escolha da Localização de Novas Unidades.** Dissertação de Mestrado em Agronegócios. Universidade de Brasília, 2008.

RANDHAWA, S.U.; WEST, T.M. **An Integrated Approach to Facility Location Problems.** Computers ind. Engng, vol. 29, n.1-4, pp. 261-265, 1995.

REVELLE, C. S.; EISELT, H.A. **Location analysis: A synthesis and survey.** European Journal of Operational Research, vol. 165, 1–19, 2005.

REVELLE, C. S.; EISELT, H.A.; DASKIN, M.A. **A Bibliography for Some Fundamental Problem Categories in Discrete Location Science.** European Journal of Operational Research, vol. 184, 817–848, 2008.

ROCHA, B.O. **Utilização de Modelos de Localização para Dinamização do Fluxo Reverso de Pneus Inservíveis.** Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Ceará, 2008.

ROESSING, A.C.; SANTOS, A.B. **Descrição sucinta da cadeia produtiva da soja na região sul do Brasil.** Informe Econômico CNPSO, Londrina, v. 3, n. 1, out.1997.

ROLLAND, E.; SCHILLING, D.A.; CURRENT, J.R.; **An efficient tabu search procedure for the p-Median Problem.** European Journal of Operational Research, vol. 96, 329-342, 1996.

ROMERO, B.C. **Análise da Localização de Plataformas Logísticas: Aplicação ao Caso do ETSP – Entrepósito Terminal São Paulo – da CEAGESP.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos. Universidade de São Paulo, 2006.

ROSA, R.S. **Aplicação de P-Medianas para Atendimento aos Colégios Estaduais por Viaturas do Batalhão de Patrulha Escolar.** Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Paraná, 2011.

ROZENTAL, M.; PIZZOLATO, N.D. **Localização de Shopping Center de Vizinhança Estudo de Caso: Barra da Tijuca, Rio de Janeiro – R.J.** Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, v.1, n. 3 - pp. 199-207, 2009.

SAMARGHANDI, H.; ESHGHI, K. **An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem.** European Journal of Operational Research, vol. 205, 98–105, 2010.

SANTOS, A.C.A.O. **Estudo de Localização de Escolas Públicas em Áreas Urbanas.** Dissertação de Mestrado em Transportes. Universidade de Brasília, 2012.

SANTOS, R.F.; SOUZA JUNIOR, E.C.; BOUZADA, M.A.C. **A Aplicação da Programação Inteira na Solução Logística do Transporte de Carga: O Solver e suas Limitações na Busca e pela Solução Ótima.** Revista Produção Online, v.12, n. 1, p. 185-204, 2012.

SANTOS, T.A.; VIANNA, D.S.; VIANNA, M.F.D. **Heurística GRASP para o problema de p-medianas aplicado à localização de concentradores**. *Vértices*, v. 13, n. 3, p. 31-40, 2011.

SCARPIN, C.T. **A Utilização do Algoritmo *Branch-And-Price* em uma Proposta para o Projeto de Regionalização da Saúde no Estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Paraná, 2007.

SEAB. **Secretaria da Agricultura e Abastecimento**. Disponível em < [www.seab.pr.gov.br/](http://www.seab.pr.gov.br/)>. Acesso em 01 Dez. 2012.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3ª Edição, Revisada e Atualizada, Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, M.V. **Localização de Estoques na Rede de Distribuição de uma Empresa do Setor Siderúrgico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

SONMEZ, A.D.; LIM, G.J. **A decomposition approach for facility location and relocation problem with uncertain number of future facilities**. *European Journal of Operational Research*, vol. 218, 327–338, 2012.

SRIDHARAN, R. **The capacitated plant location problem**. *European Journal of Operational Research*, vol. 87, 203-213, 1995.

TCHA, D.W.; LEE, B.I. **A branch-and-bound algorithm for the multilevel uncapacitated facility location problem**. *European Journal of Operational Research*, vol. 18, 35-43, 1984.

TIBURCIO, D.M. **Técnicas da Pesquisa Operacional na Abordagem do Problema de Roteamento no Transporte de Funcionários de Empresas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Paraná, 2012.

TRAMONTINA, L.; TALAMANI, E.; FERREIRA, G.M.V. **O Impacto da Armazenagem da Soja na Propriedade Rural sobre os Preços de Mercado da Commodity e na Ampliação da Capacidade de Armazenamento**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Rio Branco – Acre, 20 a 23 de jul. 2008.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em < [www.usda.gov/](http://www.usda.gov/)>. Acesso em 20 Nov. 2012.

VALLIM FILHO, A.R.A. **Decomposição do problema logístico de localização de instalações em um modelo híbrido de clusterização-localização**. In: XXX CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis - SC. XXX CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007.

VAN DEN BERG, J.P.; SHARP, G.P.; GADEMANN, A. J. R.; POCHET, Y. **Forward-Reserve Allocation in a Warehouse with Unit-Load Replenishments.** European Journal of Operational Research, vol. 111, 98-113, 1998.

VIEIRA, N.M. **Caracterização da cadeia produtiva de soja em Goiás.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

YAMAMOTO, L. **Uso de *Simulated Annealing* e Algoritmo Genético no Problema da Reconfiguração de uma Rede de Distribuição de Energia Elétrica.** Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade Federal do Paraná, 2004.

YAO, Z.; LEE, L.H.; JARUPHONGSA, W.; TAN, V.; HUI, C.F. **Multi-source facility location–allocation and inventory problem.** European Journal of Operational Research, vol. 207, 750–762, 2010.

ZHU, Z.; CHU, F.; SUN, L. **The capacitated plant location problem with customers and suppliers matching.** Transportation Research Part E, vol. 46, 469–480, 2010.

ZOTARELLI, A.; LUGNANI, A.C. **O complexo agroindustrial da soja no Paraná: um estudo comparativo com o centro-oeste do Brasil.** Revista Paraná Desenvolvimento, n. 101, p. 33-51, 2001.

**ANEXO A - MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, PRODUÇÃO E CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM**

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Campo Mourão</b> Araruna Barbosa Ferraz Campo Mourão Corumbataí do Sul Engenheiro Beltrão Farol Fênix Iretama Luiziana Mamborê Peabiru Quinta do Sol Roncador Terra Boa	1.005.316	514.314	1.519.630	1.398.220
<b>Goioerê</b> Altamira do Paraná Boa Esperança Campina da Lagoa Goioerê Janiópolis Juranda Moreira Sales Nova Cantu Quarto Centenário Rancho Alegre D'Oeste Ubiratã	904.049	771.137	1.675.186	924.927
<b>Jaguariaíva</b> Arapoti Jaguariaíva Piraí do Sul Sengés	224.530	298.315	522.845	462.340
<b>Ponta Grossa</b> Carambeí Castro Palmeira Ponta Grossa	671.820	577.750	1.249.570	2.225.564

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Telêmaco Borba</b> Imbaú Ortigueira Reserva Telêmaco Borba Tibagi Ventania	469.585	720	470.305	569.880
<b>Guarapuava</b> Campina do Simão Candói Cantagalo Espigão Alto do Iguaçu Foz do Jordão Goioxim Guarapuava Inácio Martins Laranjeiras do Sul Marquinho Nova Laranjeiras Pinhão Porto Barreiro Quedas do Iguaçu Reserva do Iguaçu Rio Bonito do Iguaçu Turvo Virmond	833.729	834.577	1.668.306	1.532.095
<b>Palmas</b> Clevelândia Coronel Domingos Soares Honório Serpa Mangueirinha Palmas	326.870	184.960	511.830	569.307
<b>Pitanga</b> Boa Ventura de São Roque Laranjal Mato Rico Palmital Pitanga Santa Maria do Oeste	237.055	141.990	379.045	202.620
<b>Cerro Azul</b> Adrianópolis Cerro Azul Doutor Ulysses	1.738	76.773	78.511	

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Curitiba</b> Almirante Tamandaré Araucária Balsa Nova Bocaíuva do Sul Campina Grande do Sul Colombo Campo Largo Campo Magro Contenda Itaperuçu Mandirituba Curitiba Piraquara Quatro Barras Fazenda Rio Grande Rio Branco do Sul Tunas do Paraná Pinhais São José dos Pinhais	44.238	470.479	514.717	196.109
<b>Lapa</b> Lapa Porto Amazonas	97.544	111.000	208.544	162.840
<b>Paranaguá</b> Antonina Guaraqueçaba Guaratuba Matinhos Morretes Pontal do Paraná Paranaguá		656	656	1.157.100
<b>Rio Negro</b> Agudos do Sul Campo do Tenente Piên Quitandinha Rio Negro Tijucas do Sul	32.029	221.198	253.227	84.600

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Cianorte</b>				
Cianorte				
Cidade Gaúcha				
Guaporema				
Indianópolis				
Japurá	142.634	141.003	283.637	164.933
Jussara				
Rondon				
São Manoel do Paraná				
São Tomé				
Tapejara				
Tuneiras do Oeste				
<b>Microrregião de Paranavaí</b>				
Alto Paraná				
Amaporã				
Cruzeiro do Sul				
Diamante do Norte				
Itaúna do Sul (verificar)				
Guairaçá				
Inajá				
Jardim Olinda				
Loanda				
Marilena				
Mirador				
Nova Aliança do Ivaí				
Nova Londrina				
Paranapoema	73.881	111.678	185.559	45.200
Paranavaí				
Planaltina do Paraná				
Paraíso do Norte				
Paranacity				
Porto Rico				
Querência do Norte				
Santa Cruz de Monte Castelo				
Santa Isabel do Ivaí				
Santa Mônica				
Santo Antônio do Caiuá				
São Carlos do Ivaí				
São João do Caiuá				
São Pedro do Paraná				
Tamboara				
Terra Rica				

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Umuarama</b> Alto Paraíso Alto Piquiri Altônia Brasilândia do Sul Cafezal do Sul Cruzeiro do Oeste Douradina Esperança Nova Francisco Alves Icaraíma Iporã Ivaté Maria Helena Mariluz Nova Olímpia Perobal Pérola São Jorge do Patrocínio Tapira Umuarama Xambrê	331.658	282.182	613.840	204.210
<b>Apucarana</b> Apucarana Arapongas Califórnia Cambira Jandaia do Sul Marilândia do Sul Mauá da Serra Novo Itacolomi Sabáudia	240.270	133.563	373.833	500.846
<b>Astorga</b> Ângulo (produção) Astorga Atalaia Cafeara Centenário do Sul Colorado Flórida Guaraci Iguaraçu Itaguajé Jaguapitã Lobato Lupionópolis	255.982	221.390	477.372	418.804

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
Mandaguacu Munhoz de Melo Nossa Senhora das Graças Nova Esperança Presidente Castelo Branco Santa Fé Santa Inês Santo Inácio Uniflor				
<b>Faxinal</b> Bom Sucesso Borrazópolis Cruzmaltina Faxinal Kaloré Marumbi Rio Bom	160.570	56.938	217.508	168.015
<b>Floraí</b> Doutor Camargo Floraí Floresta Itambé Ivatuba Ourizona São Jorge do Ivaí	302.197	407.877	710.074	416.120
<b>Ivaiporã</b> Arapuã Ariranha do Ivaí Cândido de Abreu Godoy Moreira Grandes Rios Ivaiporã Jardim Alegre Lidianópolis Lunardelli Manoel Ribas Nova Tebas Rio Branco do Ivaí Rosário do Ivaí São João do Ivaí São Pedro do Ivaí	385.493	203.296	588.789	340.580

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Londrina</b> Cambé Ibiporã Londrina Pitangueiras Rolândia Tamarana	427.481	327.334	754.815	1.472.247
<b>Maringá</b> Mandaguari Marialva Maringá Paiçandu Sarandi	211.351	219.273	430.624	1.119.182
<b>Porecatú</b> Alvorada do Sul Bela Vista do Paraíso Florestópolis Miraselva Porecatu Prado Ferreira Primeiro de Maio Sertanópolis	294.626	368.947	663.573	542.107
<b>Assaí</b> Assaí Jataizinho Nova Santa Bárbara Rancho Alegre Santa Cecília do Pavão São Jerônimo da Serra São Sebastião da Amoreira Uraí	250.916	139.659	390.575	277.646
<b>Cornélio Procópio</b> Abatiá Andirá Bandeirantes Congonhinhas Cornélio Procópio Itambaracá Leópolis Nova América da Colina Nova Fátima Ribeirão do Pinhal Santa Amélia Santa Mariana Santo Antônio do Paraíso Sertaneja	604.707	568.102	1.172.809	513.375

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Ibaiti</b> Conselheiro Mairinck Curiúva Figueira Ibaiti Jaboti Japira Pinhalão Sapopema	58.833	102.184	161.017	26.550
<b>Jacarezinho</b> Barra do Jacaré Cambará Jacarezinho Jundiá do Sul Ribeirão Claro Santo Antônio da Platina	106.733	128.210	234.943	273.366
<b>Wenceslau Braz</b> Carlópolis Guapirama Joaquim Távora Salto do Itaré Santana do Itaré Quatiguá Siqueira Campos São José da Boa Vista Tomazina Wenceslau Braz	134.019	196.483	330.502	49.304
<b>Cascavel</b> Anahy Boa Vista da Aparecida Braganey Cafelândia Campo Bonito Capitão Leônidas Marques Cascavel Catanduvas Corbélia Diamante do Sul Guaraniaçu Ibema Iguatu Lindoeste Nova Aurora Santa Lúcia Santa Tereza do Oeste Três Barras do Paraná	1.098.891	810.656	1.909.547	1.257.067

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Foz do Iguaçu</b> Céu Azul Foz do Iguaçu Itaipulândia Matelândia Medianeira Missal Ramilândia Santa Terezinha de Itaipu Serranópolis do Iguaçu São Miguel do Iguaçu Vera Cruz do Oeste	655.686	642.754	1.298.440	821.490
<b>Toledo</b> Assis Chateaubriand Diamante D'Oeste Entre Rios do Oeste Formosa do Oeste Guaíra Iracema do Oeste Jesuítas Marechal Cândido Rondon Maripá Mercedes Nova Santa Rosa Ouro Verde do Oeste Palotina Pato Bragado Quatro Pontes Santa Helena São José das Palmeiras São Pedro do Iguaçu Terra Roxa Toledo Tupãssi	1.610.515	1.885.565	3.496.080	2.483.059
<b>Irati</b> Irati Mallet Rebouças Rio Azul	154.310	182.310	336.620	98.614
<b>Prudentópolis</b> Fernandes Pinheiro Guamiranga Imbituva Ipiranga Ivaí Prudentópolis	314.546	342.610	657.156	301.540

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
Teixeira Soares				
<b>São Mateus do Sul</b> Antônio Olinto São João do Triunfo São Mateus do Sul	80.042	100.758	180.800	73.620
<b>União da Vitória</b> Bituruna Cruz Machado General Carneiro Paula Freitas Paulo Frontin Porto Vitória União da Vitória	67.270	127.139	194.409	95.492
<b>Capanema</b> Ampére Bela Vista da Caroba Capanema Planalto Pranchita Pérola d'Oeste Realeza Santa Izabel do Oeste	291.525	186.195	477.720	361.580
<b>Francisco Beltrão</b> Barracão Boa Esperança do Iguaçu Bom Jesus do Sul Cruzeiro do Iguaçu Dois Vizinhos Enéas Marques Flor da Serra do Sul Francisco Beltrão Manfrinópolis Marmeleiro Nova Esperança do Sudoeste Nova Prata do Iguaçu Pinhal de São Bento Renascença Salgado Filho Salto do Lontra Santo Antônio do Sudoeste São Jorge d'Oeste Verê	461.625	697.900	1.159.525	466.127

<b>MICRORREGIÃO</b>	<b>PRODUÇÃO DE SOJA (t)</b>	<b>PRODUÇÃO DE MILHO (t)</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (t)</b>	<b>CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM TOTAL (t)</b>
<b>Pato Branco</b>				
Bom Sucesso do Sul				
Chopininho				
Coronel Vivida				
Itapejara D'Oeste				
Mariópolis	527.565	357.530	885.095	915.214
Pato Branco				
Sulina				
Saudade do Iguaçu				
São João				
Vitorino				