

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA  
VETERINARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGOCIOS**

**DIANA CAROLINA CASTRO MUR**

**OTIMIZAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES  
ARMAZENADORAS NO ESTADO DE GOIÁS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS  
PUBLICAÇÃO: 098/2014**

**Brasília/DF  
Março/2014**

**DIANA CAROLINA CASTRO MUR**

**OTIMIZAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES ARMAZENADORAS NO  
ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação Agronegócios, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

**Orientador: Prof. Dr. João Batista Soares**

**Brasília/DF  
Março/2014**

**MUR, D. C. Otimização da localização de unidades armazenadoras no estado de Goiás.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014, 94p. Dissertação de mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1015474.

Castro Mur, Diana Carolina.  
C355o Otimização da localização de unidades armazenadoras de grãos no estado de Goiás / Diana Carolina Castro Mur. -- 2014. 94 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 2014.

Inclui bibliografia.

Orientação: João Batista Soares.

1. Grãos - Armazenamento - Goiás (Estado). 2. Grãos - Transporte. 3. Controle de custo. 4. Otimização combinatória. I. Soares, João Batista. II. Título.

CDU 631.563:633.1

**NOME DO AUTOR DO TRABALHO**

(Centralizado, negrito e fonte 12)

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO / TESE: SUBTÍTULO (Se houver)**

(Centralizado, negrito e fonte 12)

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado/Doutorado do Programa de Pós-graduação Agronegócios da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

(Fonte 12, sem negrito e alinhados à direita )

**Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:** (Fonte 12, negrito e alinhados à esquerda )

---

**Prof. Dr. Nome do Orientador -Instituição de origem**  
**(ORIENTADOR)**

---

**Prof. Dr. Nome do Examinador Interno -Instituição de origem**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Prof. Dr. Nome Completo do Examinador Externo - Instituição de origem**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

(OBS. No caso de teses de doutorado compõem a banca dois outros examinadores. No caso de Coorientação, acrescentar à lista abaixo do orientador)

**Brasília, XX de Mês de 20XX (ano) - (Data da defesa – Fonte 12, negrito e alinhado à esquerda e à margem inferior da página)**

## RESUMO

Este trabalho visou contribuir com o estudo da localização otimizada de unidades de armazenamento de grãos, no estado de Goiás, zerando o seu déficit na sua capacidade estática de armazenamento. Para isso, desenvolveu-se, um modelo matemático de otimização, derivado do modelo de fluxo de custo mínimo, que foi implementado computacionalmente utilizando o software LINGO (Versão 9.00, Extended). O modelo proposto minimiza os custos de movimentação dos grãos entre os municípios, considerando a localização de unidades de armazenamento existentes e aquelas que devem ser construídas de modo a zerar o déficit de armazenagem na região considerada. Neste modelo usaram-se como variáveis a produção de grãos no estado de Goiás, a capacidade estática de armazenamento, e, o custo de transporte entre os municípios das regiões que foram analisadas. O modelo determinou os municípios nos quais devem ser instaladas unidades armazenadoras, especificando sua capacidade estática de armazenamento, além do fluxo de produto entre as unidades e entre os demais municípios para minimizar o déficit, os custos de transporte e suprimento das necessidades de armazenamento de cada município. Em termos numéricos, com o modelo logrou-se zerar o déficit de armazenamento para os 156 municípios que foram analisados (que apresentam o 63% do déficit total do estado), e propõem-se instalar 40 unidades armazenadoras com uma capacidade total de 7.124.272 toneladas.

**Palavras chaves:** Otimização, minimização, armazenamento de grãos, localização, capacidade estática.

## ABSTRACT

This study intends to contribute to analyze of optimal location of grain storage units in the state of Goiás by resetting its deficit in its static storage capacity. For that, it was developed into a mathematical optimization model, derived from the minimum cost flow model, which was implemented computationally using the LINGO software (Version 9:00, Extended). The proposed model minimizes the costs of moving grain between municipalities, considering the location of existing storage units and those that must be constructed so as to reset the storage deficit in the region considered. In this model was used such as variables, grain production in the state of Goiás, the static storage capacity, and the cost of transportation between the municipalities regions that were analyzed. The model determined the municipalities in which storage units must be installed by specifying a static storage capacity, in addition to the product flow between units and among other municipalities to minimize the deficit, the costs of transportation and supply storage needs of each municipality. Numerically, the model has been achieved to reset-the deficit storage for the 156 municipalities that were analyzed (presenting the 63% of the total deficit of the state), and propose to install 40 storage units with a total capacity of 7,124. 272 tons.

**Key words:** Optimization, minimization, grain storage, location, static capacity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Participação na produção nacional de grãos, segundo as grandes regiões .....	17
Figura 2 - Fluxo possível dos grãos ao longo das unidades armazenadoras .....	19
Figura 3 - Mapa dos municípios do estado de Goiás.....	23
Figura 4 - Mapa das mesorregiões do estado de Goiás .....	26
Figura 5 - Mapa da produção de grãos nos municípios do estado de Goiás.....	27
Figura 6 - Mapa dos municípios com unidade armazenadora no estado de Goiás.....	28
Figura 7 - Representação gráfica de uma rede de transporte.....	37
Figura 8 - Mapa do déficit de armazenagem nas mesorregiões do estado de Goiás .....	41
Figura 9 - Mapa da malha rodoviária do estado de Goiás. ....	42
Figura 10 - Mapa do primeiro grupo dos municípios escolhidos para a análise. ....	47
Figura 11 - Mapa do segundo grupo dos municípios escolhidos para a análise.....	48
Figura 12 - Mapa do terceiro grupo dos municípios escolhidos para a análise.....	49
Figura 13 - Municípios escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo 1.....	55
Figura 14 - Municípios com déficit de armazenagem selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 1.....	56
Figura 15 - Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo 1.....	58
Figura 16 - Municípios com déficit de armazenagem escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo 2. ....	62
Figura 17 - Municípios com déficit de armazenagem selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 2.....	63
Figura 18 - Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo2. ....	64
Figura 19 - Municípios com déficit de armazenagem escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo 3. ....	69
Figura 20 - Municípios com déficit de armazenagem dos municípios selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 3.....	70
Figura 21 - Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo 3.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade estática de armazenamento no Brasil.....	20
Tabela 2 - Capacidade estática de armazenamento por região brasileira .....	20
Tabela 3 - Capacidade estática média de armazenagem cadastrada por região .....	21
Tabela 4 - Funções intrínsecas e extrínsecas da armazenagem de grãos.....	31
Tabela 5 - Custo de movimentação rodoviária das principais culturas de grãos do ano 2012 no estado de Goiás.....	50
Tabela 6 - Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 1 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.....	54
Tabela 7 - Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 1.....	57
Tabela 8 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 1 .....	59
Tabela 9 - Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 2 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.....	61
Tabela 10 - Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo2.....	65
Tabela 11 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 2. ....	66
Tabela 12 - Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 3 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.....	68
Tabela 13 - Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 3.....	71
Tabela 14 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 3. ....	73

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	Formulação do problema.....	12
1.2	Justificativa.....	13
1.3	Objetivo.....	15
1.3.1	<i>Objetivo geral.....</i>	15
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1	Perfil da produção de grãos no Brasil.....	16
2.1.1	<i>Perfil da armazenagem de grãos no Brasil.....</i>	17
2.2	Perfil da produção e armazenagem de grãos no estado de Goiás.....	21
2.3	Logística.....	22
2.4	Logística de armazenagem.....	29
2.4.1	<i>Armazenamento de grãos.....</i>	30
2.5	Logística de transporte.....	31
2.6	Custos logísticos de grão.....	32
2.7	Pesquisa operacional, programação linear e modelagem.....	34
2.7.1	<i>Problemas de fluxo de custo mínimo.....</i>	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
3.1	Levantamento dos déficits municipais de armazenagem no estado de Goiás.....	39
3.2	Fluxo de transporte pela rede armazenadora.....	40
3.3	Desenvolvimento do modelo matemático de otimização.....	43
3.4	Aplicação do modelo de otimização.....	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>53</b>
4.1	Análise dos resultados obtidos para o Grupo 1.....	53
4.2	Análise dos resultados obtidos para o Grupo 2.....	60
4.3	Análise dos resultados obtidos para o Grupo 3.....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>80</b>
	<b>Apêndice A –Produção de grãos nos municípios do estado de Goiás.....</b>	<b>80</b>

<b>Apêndice B –Capacidade estática de armazenamento nos municípios do estado de Goiás.....</b>	<b>85</b>
<b>Apêndice C – Estrutura de programação do modelo no software LINGO 9.0.....</b>	<b>90</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente expansão na produção de grãos, o Brasil é um dos países que mais se destaca no cenário mundial da agricultura. Este destaque surge pelos investimentos realizados em pesquisas e tecnologia na produção agrícola, o que vem contribuindo fortemente para o desenvolvimento da área comercial (AZEVEDO *et al.*, 2008). A safra 2013, segundo o IBGE, totalizou 185,9 milhões de toneladas, superior 14,8% à obtida em 2012 (161,9 milhões de toneladas). A soja, o milho e o arroz são os três principais produtos deste grupo, que somados representaram 92,2% da estimativa da produção e responderam por 86,0% da área a ser colhida. O que faz com que o país se encontre entre os mais competitivos do mundo, com capacidade de atender ao aumento da demanda por alimentos, convertendo-se desta maneira num dos principais fornecedores de grãos no mercado internacional de alimentos.

Vem se obtendo, no Brasil, recordes anuais em cada safra da produção de grãos, por isso cada vez mais é necessário aumentar a capacidade de armazenagem, melhorar sua estrutura, bem como seu fluxo no transporte. A capacidade para armazenar grandes quantidades de produto a granel é de fundamental importância para a cadeia logística de escoamento da produção agrícola porque possibilita a venda do produto em melhores épocas para sua comercialização, gerando melhores preços e menores custos com transporte, e evita o congestionamento da cadeia em períodos de safra.

Uma rede de armazéns é composta por unidades armazenadoras que possuem estrutura adequada às suas finalidades específicas e devem ser localizadas e dimensionadas de acordo com as características de operação estabelecendo um fluxo lógico de atendimento ao escoamento da safra, com manutenção das qualidades dos grãos, até que esses produtos cheguem ao consumo humano, animal ou industrial. Segundo Azevedo *et al.* (2008), a logística é definida como, o processo de planejar, implementar e controlar, de maneira eficiente e eficaz, o fluxo e a armazenagem de bens, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de adequar as necessidades dos clientes. Um objetivo típico da logística é minimizar os custos necessários para fornecer um dado nível de serviço ao cliente

A forma como o material ou o produto será transportado dependerá das vantagens e desvantagens relacionadas à infraestrutura de transporte, ao volume a ser transportado, aos canais logísticos existentes, à confiabilidade da entrega, aos custos de movimentação e à capacidade de armazenamento de cada unidade de recebimento.

Este trabalho visa contribuir com o estudo do processo de armazenagem de grãos nos municípios do estado de Goiás, analisando a capacidade estática de armazenagem em cada uma deles. Avaliando também a instalação e localização otimizada de silos de armazenamento em pontos estratégicos onde se observa déficits de estocagem. Caracterizar-se-á o fluxo transporte da rede armazenadora, tendo em conta as distâncias com os respectivos custos para percorrê-las e a quantidade transportada em cada rota. Tais variáveis serão empregadas num modelo matemático de otimização implementado num ambiente de programação de um software de otimização de processos.

### **1.1 Formulação do problema**

Segundo a revista Grãos (2013) o aumento da produção de grãos no Brasil, em 2013, poderá gerar um déficit de armazenagem de 40 milhões de toneladas. A falta de armazenagem gera um aumento nos custos de produção e do transporte dos grãos, além de comprometer a estratégia de vendas, pois o agricultor pode realizar a venda em um período que não é o melhor. A armazenagem permite que o produtor comercialize sua safra quando os preços estão mais atraentes, e nos últimos cinco anos, foram investidos entre R\$ 7 bilhões e R\$ 8 bilhões em armazenagem, mas os valores foram insuficientes para zerar o déficit, pois de acordo com um estudo da FAO, órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) para Agricultura e Alimentação, o ideal é que os países tivessem capacidade para armazenar 120% de sua produção. No Brasil, este número representaria uma capacidade de 216 milhões de toneladas. Nas safras mais recentes observa-se defasagem cada vez mais acentuada entre produção de grãos e capacidade estática de armazenamento.

De acordo com a Confederação Nacional da Agricultura CNA (2012), a expectativa é de que o setor continue crescendo - principalmente na região Centro-Oeste - uma vez que a produção de grãos no Brasil aumenta ano a ano incentivada, também pela crescente demanda nacional e internacional. Apesar disso, a infraestrutura e a logística parecem ter andado na contramão do desenvolvimento e encarecendo a produção nacional. Embora a região do Centro-Oeste brasileiro apresente, proporcionalmente, o menor déficit de capacidade de armazenagem, o crescimento acelerado da produção agrícola resultará na necessidade de grandes investimentos em armazéns.

A localização das unidades de armazenagem é importante fator estratégico na logística de escoamento da produção. O transporte de longa distância dos produtos pode levar a perdas

para todos os agentes envolvidos no sistema. Para Ballou (2006), o transporte é dentre as atividades logísticas, a que absorve a maior porcentagem dos custos. Por isso é importante a otimização do processo, descobrindo os melhores roteiros para os veículos ao longo da rede de armazenagem para minimizar os tempos e as distâncias, variáveis que constituem problemas freqüentes de tomada de decisão.

Assim, problemas como os vazios logísticos (lacunas entre o volume de produção e a capacidade estática existente), o fluxo inadequado de transporte através da rede de armazenamento, e as distâncias percorridas entre uma unidade que apresenta déficit para a outra que possui superávit de armazenagem, são fatores que incorrem no aumento dos custos. Segundo Ballou (2011), a armazenagem e o transporte são componentes essenciais do conjunto de atividades logísticas, pois seus custos podem absorver 12 a 40% das despesas deste setor. Portanto os custos destas atividades estão diretamente associados à seleção apropriada dos locais de armazenagem e a uma correta rede de distribuição.

## **1.2. Justificativa**

Baseando-se em Gallardo *et al.* (2009), a região Centro-Oeste do Brasil, produz cerca de 30% da área plantada de grãos do país e proporciona as maiores taxas de crescimento da produção agrícola dentre todas as regiões. De acordo com a Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento de Goiás (SEGPLAN, 2011), o estado de Goiás possui um agronegócio dinâmico que vem se consolidando nessas últimas décadas, na produção agrícola, diversificando as culturas e expandindo a área plantada. O estado também é fornecedor de grãos para o mercado interno, o qual tem expandido muito, dado o bom momento das políticas macroeconômicas. Goiás ocupou a quarta posição no ranking nacional da produção agrícola em 2010, com participação de 9,0%, sendo a soja seu principal produto agrícola, que representa o 54,3% dos grãos produzidos no estado.

Tendo como referência as potencialidades de produção agrícola, é fundamental estabelecer um planejamento adequado nos sistemas logísticos de localização e transporte. As atividades relacionadas com o transporte são essenciais, já que, conforme Ballou (2011), estas podem representar até 75% dos custos logísticos. A localização das unidades de armazenagem é importante fator estratégico na logística de escoamento da produção e transporte de grãos e pode levar a perdas para todos os agentes envolvidos no sistema. Então, o desenvolvimento de uma rede de transporte de distribuição que assegure as condições de armazenamento de cada

cidade do Estado, é importante para a minimização dos custos associados às distâncias percorridas.

Para Borges. *et.al.* (2009), a armazenagem é fundamental para a manutenção da competitividade agrícola brasileira. Está diretamente associada à localização das instalações, conforme as fontes de matérias-primas, o mercado e as vias de acesso (ferroviário, rodoviário, portos, etc.) que determinam a quantidade de centros de armazenagem e distribuição. Essa cadeia influencia decisivamente no escoamento e na comercialização das safras. Portanto, para que a minimização dos custos de transporte seja refletida nas distâncias percorridas, se faz necessário aperfeiçoar e otimizar o fluxo da rede de armazenamento visando pontos estratégicos de estocagem. Se a capacidade de armazenagem local é inferior à quantidade de grãos produzida, os custos logísticos globais aumentam e a parcela da produção que não pôde ser armazenada terá que ser transportada para outros pontos.

Gratão *et al.* (2010) analisaram o déficit de armazenagens de grãos no estado de Goiás, baseando-se em dados correspondentes ao ano de 2008, em todas as cidades do Estado agrupadas em microrregiões. Concluíram que a capacidade estática de armazenagem deveria ser igual a 15.949.188t, ante uma capacidade instalada de 13.181.639 t, e uma produção total de grãos igual a 13.290.990 t. Os autores atentaram para um grande desequilíbrio na distribuição geográfica dos déficits. Aproximadamente 55% das unidades armazenadoras do Estado estavam concentradas nas duas maiores microrregiões produtoras de grãos (Sudoeste Goiano e Entorno de Brasília). Entretanto constatou-se que mesmo nestas microrregiões existia déficit de armazenagem.

Nessa perspectiva pretende-se testar a seguinte hipótese neste trabalho: otimizando o fluxo do transporte de grãos na rede armazenadora do estado de Goiás por meio da instalação de unidades armazenadoras nas localidades com déficit na capacidade estática de armazenagem se lograria a minimização dos custos, assim como o suprimento das necessidades de estocagem de acordo com a produção de grãos nesse Estado.

## 1.3 Objetivo

### 1.3.1 Objetivo geral

Otimizar, por meio modelagem matemática, a alocação de unidades armazenadoras em regiões do estado de Goiás com déficit de armazenagem, de forma a minimizar o custo logístico de escoamento das safras de grãos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a rede atual de armazenamento e seu fluxo no transporte no Estado de Goiás.
- Dimensionar produção e as capacidades estáticas dos centros armazenadores em cada município do estado de Goiás.
- Identificar as distâncias de localização e os custos de transporte associados entre os municípios do estado de Goiás.
- Desenvolver um modelo matemático visando anular o déficit de armazenagem em regiões do território goiano concomitantemente à minimização dos custos de movimentação dos grãos entre os municípios na época da safra.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Para a Confederação Nacional de Agricultura (CNA), a produção de grãos é importante segmento do agronegócio brasileiro devido ao seu papel estratégico nas exportações e no fornecimento de alimentos para a população e para a alimentação animal. Apesar que tenham ocorrido expressivos aumentos de produção e produtividade na agricultura, segmentos que o sucedem não acompanharam a evolução no mesmo ritmo. O segmento do armazenamento e escoamento das safras agrícolas encontra-se atualmente na condição de gargalo, constituindo-se obstáculo para a continuidade do crescimento das safras. Os gargalos se registram na capacidade de armazenagem pela inadequação das unidades existentes, e, a localização inadequada dos armazéns e silos, muitas vezes distantes dos locais de produção. Embora a capacidade estática de armazenamento tenha sido crescente e o sistema granel represente parte importante na capacidade total, ainda existe lacuna entre o volume de produção e capacidade existente.

### **2.1 Perfil da produção de grãos no Brasil**

De acordo com a CNA (2012), os principais grãos produzidos no Brasil são: algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja e sorgo, além das culturas de inverno como a aveia, canola, centeio, cevada, trigo e triticale. Na composição do agronegócio brasileiro, o complexo soja constitui uma das mais importantes pautas das exportações brasileiras.

A quinta estimativa da safra nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, realizada pelo IBGE (2013), totalizou 185,9 milhões de toneladas, com variação absoluta positiva de 959.709 toneladas. A estimativa de área colhida em 2013, de 52,9 milhões de hectares, apresentou acréscimo de 8,4%, aumentando em 128.262 ha. Arroz, milho e soja foram os três principais produtos, que, somados, representaram 92,2% da estimativa da produção, respondendo por 86,0% da área colhida. Em relação ao ano anterior houve acréscimos na área de milho (8,9%) e soja (10,9%) enquanto a área de arroz permaneceu estável. No que se refere à produção, os acréscimos foram de 3,9% para o arroz, de 10,0% para o milho e de 23,5% para a soja.

Segundo a mesma fonte, o volume da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou a seguinte distribuição: Centro-Oeste, 75,8 milhões de toneladas; Região Sul, 73,3

milhões de toneladas; Sudeste, 19,5 milhões de toneladas; Nordeste, 12,8 milhões de toneladas e Norte, 4,5 milhões de toneladas. Comparativamente à safra passada, foram constatados incrementos de 7,0% na Região Centro-Oeste, 32,7% na Sul, 1,2% na Sudeste e 8,2% na Nordeste. Na Região Norte houve decréscimo de 4,0%. Entre os estados, Mato Grosso liderou como maior produtor nacional de grãos, com uma participação de 23,8%, seguido pelo Paraná (20,3%) e Rio Grande do Sul (15,7%), que somados representaram 59,8% do total nacional previsto. Estes dados podem ser conferidos na Figura 1.

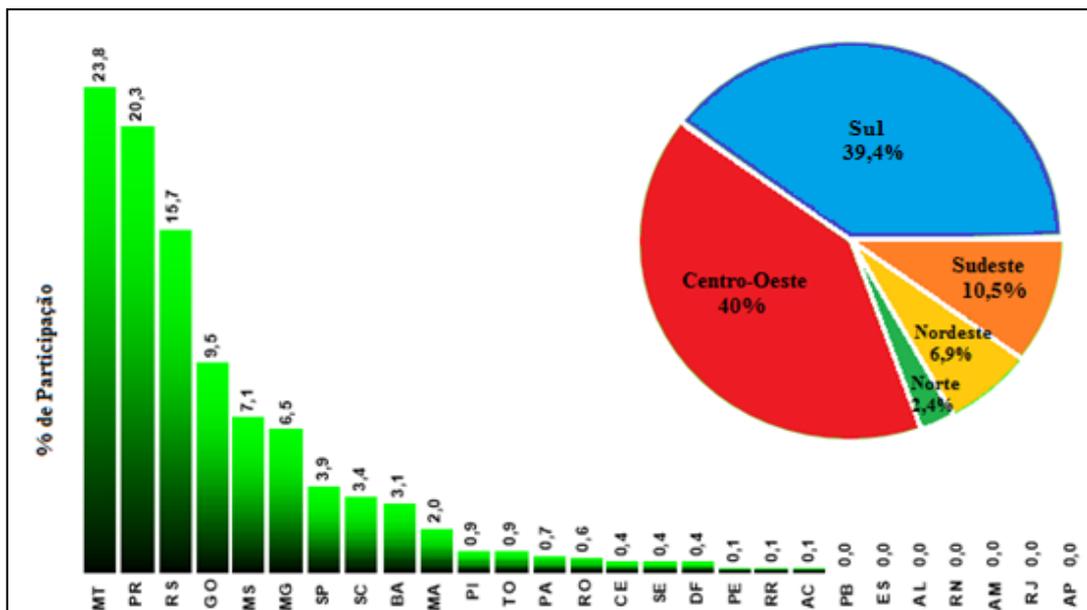


Figura 1 – Participação na produção nacional de grãos, segundo as grandes regiões.  
Fonte: IBGE (2013).

### 2.1.1 Perfil da armazenagem de grãos no Brasil

Segundo Gallardoet al. (2009), no Brasil, a infraestrutura de armazenamento de grãos é constituída em grande parte por unidades específicas para armazenagem a granel, que respondem por 78% da capacidade total. Os outros 22% são constituídos por armazéns convencionais, que utilizam sacas e fardos para o armazenamento do produto, apresentando desvantagens na conservação e operações de carga e descarga dos grãos em relação ao sistema a granel.

No Brasil, os principais grãos armazenados são soja, algodão, milho, trigo, feijão e arroz, sendo os dois primeiros produtos voltados para o mercado externo e os demais, para o mercado interno. O objetivo central da armazenagem é de manter a qualidade do produto que recebe, evitar perdas e estocar o excedente. Além disso, o armazenamento de grãos por parte

de governos permite a fixação de preços mínimos e coordenar fomento à produção de produtos considerados importantes para a segurança alimentar, além de impulsionar políticas agrícolas, como incentivos à produção de determinadas culturas. Caso a produção ocorra em zonas distantes das áreas de consumo, o armazenamento em locais estratégicos facilita o fluxo dos grãos (CNA, 2012).

Segundo Giovine e Christ (2010), uma unidade armazenadora, técnica e convenientemente localizada, constitui uma das soluções para tornar o sistema produtivo mais econômico. Além de propiciar a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita, a retenção de produto na propriedade, quando bem conduzida, apresenta inúmeras vantagens, tais como a minimização das perdas quantitativas e qualitativas, economia do transporte, uma vez que os fretes alcançam seu preço máximo no “pico de safra”. Evita-se, também, a espera dos caminhões nas filas nas unidades coletoras ou intermediárias e nos terminais de exportação, constituindo-se em alternativa para fugir dos gargalos logísticos, mantendo a qualidade do produto, evitando o pré-processamento inadequado devido ao grande volume a ser manuseado por período da safra.

De acordo com Ferrari (2006), as unidades armazenadoras, particularmente nas cadeias agroindustriais, estão presentes nos seus diversos elos, pois durante o processo de comercialização, os grãos, por exemplo, tem que passar por um armazenagem para a retirada de impurezas e para redução de sua umidade, para conservar o produto e otimizar a utilização do modal de transporte a ser utilizado.

Ainda citando Ferrari (2006), as unidades armazenadoras podem ser agrupadas de acordo com as características regionais da localidade em que estão localizadas. Assim têm-se unidades instaladas na fazenda, as unidades coletoras e as unidades terminais. Há outra denominação conhecida como unidade intermediária que se refere ao agrupamento que envolve as unidades coletoras e subterminais. As unidades instaladas nas propriedades agrícolas, geralmente, são de uso exclusivo do proprietário, enquanto que as unidades coletoras, normalmente utilizadas por grupos de produtores, estão situadas nas proximidades da região de produção. As cooperativas e os denominados condomínios de armazéns, presentes principalmente na Região Centro-Oeste do Brasil, se enquadram nessa categoria. As unidades subterminais são aquelas instaladas próximas aos principais sistemas viários (incluindo hidroviárias e ferroviárias) e estão aptas operacionalmente a receber produtos procedentes das unidades coletoras e daquelas instaladas nas fazendas, além de atuarem no escalonamento de produtos aos terminais portuários. A figura seguinte mostra um esquema

dos fluxos que podem seguir os grãos desde o local de sua produção até seu destino final, considerando a existência de armazéns ao longo da cadeia.

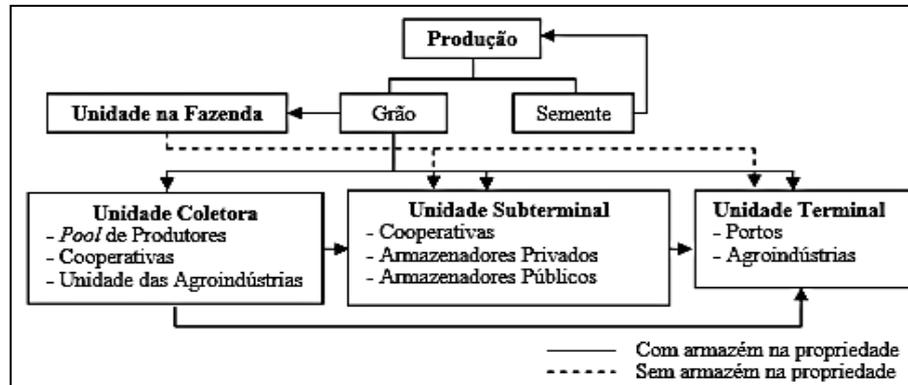


Figura 2 – Fluxo possível dos grãos ao longo das unidades armazenadoras.  
 Fonte: Ferrari (2006).

Entende-se por capacidade estática de armazenagem a quantidade de grãos que cabe dentro de uma unidade armazenadora, de uma só vez. A partir do Decreto nº 3.385, de 03 de julho de 2001, a CONAB passou a recadastrar as unidades armazenadoras no país. O decreto obrigou as empresas jurídicas que prestam serviços a terceiros a prestar informações relativas ao Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras. A partir de 2006, a CONAB institucionalizou que produtos agrícolas beneficiados por qualquer instrumento de comercialização do governo federal devem ser depositados em unidades cadastradas em seus sistemas (CNA, 2012).

As restrições de capacidade identificam as limitações internas e externas da produção e da distribuição ao mercado. Identificam barreiras ou pontos de estrangulamento das instalações de produção e de armazenagem. Por isso o resultado de um planejamento das restrições de capacidade implica em objetivos distribuídos no tempo, que detalham e programam a utilização das instalações, dos recursos financeiros e das necessidades de pessoal (BOWERSOX *et al.*, 2007).

A capacidade estática das estruturas armazenadoras existente no Brasil, registrada no ano de 2011, segundo a CONAB (2011), foi de 139,7 milhões de toneladas, aproximadamente, distribuídas em 17.625 unidades cadastradas. Trata-se de um marco importante, pois a capacidade estática existente superou o volume da safra nacional de grãos. A expansão da capacidade nacional não ocorreu de forma uniforme e o déficit de armazenagem ainda existe em determinadas regiões. Entretanto, as estimativas e previsões de produção de grãos apontaram para a safra 2012/13 um déficit de 21% previsto em

182.267.100 toneladas segundo a CNA (2012). Na tabela a seguir mostra-se a capacidade estática de armazenamento do Brasil discriminando os sistemas a granel e convencional.

Tabela 1 – Capacidade estática de armazenamento no Brasil.

<b>Tipo</b>	<b>Numero de Armazéns</b>	<b>Capacidade (t)</b>
Convencional	7.079	25.586.221
Granel	10.546	114.113.024
Total	17.625	139.699.245

Fonte: CONAB (2011).

Segundo a CONAB (2011), a distribuição da capacidade dos armazéns cadastrados por entidade é a seguinte: oficial 4,23%, cooperativa 20,41% e privada 75,36%. Entretanto, as distribuições dos armazéns cadastrados por localização ficam da seguinte maneira, fazenda 13,63%, rural 36,10%, urbana 44,03% e portuária 6,24%. A participação das regiões do Brasil na capacidade estática de armazenagem baseando-se no panorama do setor de armazenagem de 2011 é para a região Norte igual a 2%; Nordeste, 6%; Sudeste, 16% e, mais significativa, as regiões Centro Oeste com 33% e Sul com 43%. Na tabela a seguir descrevem-se as capacidades de armazenagem, o número de armazéns cadastrados e o tipo de armazenamento em cada uma das regiões do Brasil.

Tabela 2 – Capacidade estática de armazenamento por região brasileira.

<b>Região</b>	<b>Tipo</b>	<b>Número de Armazéns</b>	<b>Capacidade (t)</b>
<b>NORTE</b>	Convencional	267	889.836
	Granel	184	1.982.602
	Total	451	2.872.439
<b>NORDESTE</b>	Convencional	688	2.039.222
	Granel	566	6.695.136
	Total	1.254	8.734.358
<b>CENTRO-OESTE</b>	Convencional	1.009	4.449.183
	Granel	2.949	42.193.402
	Total	3.958	46.642.586
<b>SUDESTE</b>	Convencional	1.934	9.282.551
	Granel	974	13.426.867
	Total	2.908	22.709.419
<b>SUL</b>	Convencional	3.181	8.925.428
	Granel	5.873	49.815.016
	Total	9.054	58.740.445

Fonte: CONAB (2011).

As diferenças no porte das unidades armazenadoras evidenciam-se quando se mensura a capacidade média de armazenamento das regionais como se observa na Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade estática média de armazenagem cadastrada por região

Regiões/Sistemas	Convencional	Granel
	Capacidade média (t)	Capacidade média (t)
Norte	3.272,0	10.917,1
Nordeste	2.919,4	11.963,7
Centro-Oeste	4.404,7	14.912,7
Sudeste	4.812,4	13.772,6
Sul	2.959,3	8.427,9
Brasil	3722,1	10.936,5

Fonte: CNA (2012).

## 2.2 Perfil da produção e armazenagem de grãos no estado de Goiás

A Figura 3 mostra o mapa do estado de Goiás com os municípios que o compõem e sua divisão em mesorregiões geográficas na Figura 4.

Goiás é um dos grandes produtores de grãos do País, ocupando a quarta posição no ranking nacional, com participação equivalente 9,0% do total, no ano de 2010. A soja é produto que mais se destaca neste contexto; a produção estadual do grão passou de 4.092.934 t em 2000 para 7.252.926 t em 2010, crescimento de 77,2%, e a área colhida de 1,491 milhões de ha, para 2,445 ha, no mesmo período. O rendimento médio em 2010 atingiu 2.965 kg.ha<sup>-1</sup>, houve um incremento na produtividade de 8,1% no período de 2000 a 2010. Goiás foi, em 2010, o maior produtor nacional de sorgo, com 611.665 t. Outros produtos com destaque no ano de 2010 foram: arroz (221.419 t), café (22.835 t), feijão (288.816t), milho (4.759.013 t), soja (7.252.926 t) e trigo (79.776 t), (SEGPLAN, 2011).

Em 2011, os maiores municípios produtores no Estado foram: Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Jataí, Bom Jesus de Goiás, Cristalina, Luziânia e Montividiu. Estes oito municípios foram responsáveis por 47,3% do total da produção estadual. Em termos de rendimento médio saltou de 1.634 kg.ha<sup>-1</sup> em 2000 para 2.493 kg.ha<sup>-1</sup> em 2010, com incremento de 52,6% (SEGPLAN, 2011). A Figura 5 mostra o comportamento da produção de grãos entre nos municípios goianos. Pode se observar que os municípios de maior produção localizam-se na mesorregião do Sul Goiano os localizados ao sul do Distrito Federal na mesorregião do Leste de Goiás.

As unidades armazenadoras dos municípios do estado de Goiás e suas respectivas capacidades estáticas estão identificadas pela Companhia Nacional de Abastecimento CONAB (2013), no Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras. São 247 unidades armazenadoras, totalizando uma capacidade estática de armazenagem de 13.626.308 toneladas nas modalidades convencional e a granel. Estes armazéns estão distribuídos em 90 municípios do Estado, ou seja, 37,6% dos 246 municípios. Na Figura 6 está o mapa do estado com as localidades que dispõem de unidades armazenadoras de grãos. A tabela que detalha as especificações dos armazéns registrados em cada município do encontra-se no Apêndice B.

A produção estadual total de grãos foi de 22.587.546 toneladas, para o ano 2012. A FAO considera que a capacidade estática ideal seja igual à 120% deste valor, ou seja, para o ano 2012, esta capacidade teórica seria de 27.105.055 toneladas. Considerando a capacidade estadual de armazenagem mencionada anteriormente este déficit seria de 13.458.747 toneladas. Neste contexto, dos municípios que possuem unidades armazenadoras somente 30 mostram superávit de armazenamento.

Além da insuficiência da capacidade estática total, outro agravante, os armazéns são distribuídos de forma desigual com capacidades escassas que nem cobrem a produção do município em que estão localizadas, contribuindo para o congestionamento da cadeia logística de grãos, que é visível nos momentos de safra.

### **2.3 Logística**

A logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e informações relativas, desde o ponto de origem, até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes, (GIOVINE e CHRIST, 2010).

Segundo os mesmos autores, a geração de valor através da logística é uma grande preocupação nas empresas, que vêm nos serviços logísticos a melhor forma de dar respostas rápidas, flexíveis e confiáveis aos clientes. Para isso, a empresa deve combinar competência operacional com comprometimento em relação às expectativas e necessidades especialmente dos clientes-chave. Portanto, pode-se afirmar que a logística assume cada vez mais importância para as empresas e os negócios, tornando-se um fator estratégico em todos os elos da cadeia de suprimentos tanto no atendimento eficaz das necessidades dos clientes como na contribuição para a maior competitividade das empresas.

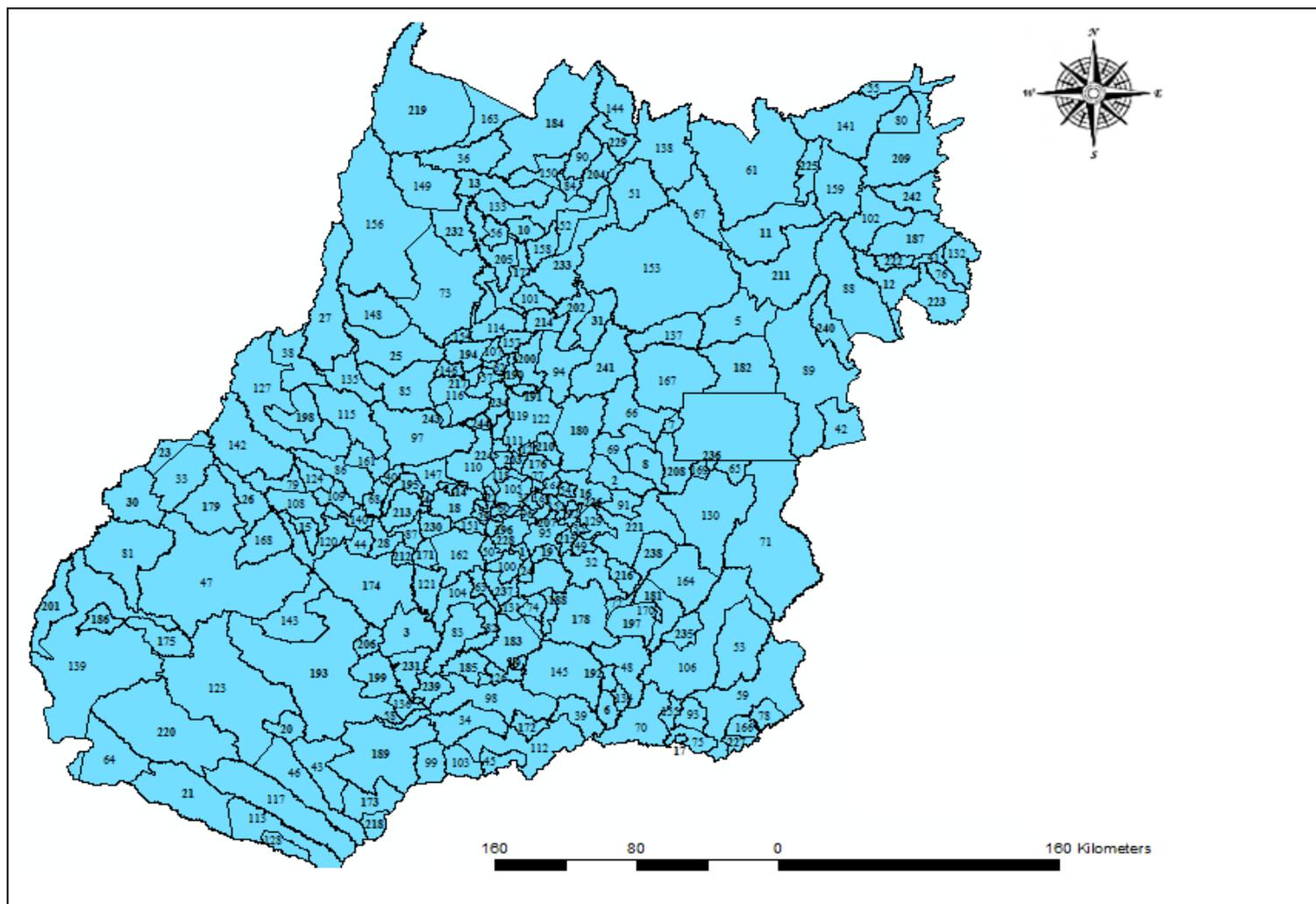


Figura 3– Mapa dos municípios do estado de Goiás.

Fonte: Adaptado de SIEG (2013).

Listado dos municípios do estado de Goiás, segundo a Figura 3.

1	Abadia de Goiás	33	Bom Jardim de Goiás	65	Cidade Ocidental	97	Goiás	129	Jaupaci
2	Abadiânia	34	Bom Jesus de Goiás	66	Cocalzinho de Goiás	98	Goiatuba	130	Jesúpolis
3	Acreúna	35	Bonfinópolis	67	Colinas do Sul	99	Gouvelândia	131	Joviânia
4	Adelândia	36	Bonópolis	68	Córrego do Ouro	100	Guapó	132	Jussara
5	Água Fria de Goiás	37	Brazabrantes	69	Corumbá de Goiás	101	Guaraíta	133	Lagoa Santa
6	Água Limpa	38	Britânia	70	Corumbaíba	102	Guarani de Goiás	134	Leopoldo de Bulhões
7	Águas Lindas de Goiás	39	Buriti Alegre	71	Cristalina	103	Guarinos	135	Luziânia
8	Alexânia	40	Buriti de Goiás	72	Cristianópolis	104	Heitoraí	136	Mairipotaba
9	Aloândia	41	Buritinópolis	73	Crixás	105	Hidrolândia	137	Mambaí
10	Alto Horizonte	42	Cabeceiras	74	Cromínia	106	Hidrolina	138	Mara Rosa
11	Alto Paraíso de Goiás	43	Cachoeira Alta	75	Cumari	107	Iaciara	139	Marzagão
12	Alvorada do Norte	44	Cachoeira de Goiás	76	Damianópolis	108	Inaciolândia	140	Matrinchã
13	Amaralina	45	Cachoeira Dourada	77	Damolândia	109	Indiara	141	Maurilândia
14	Americano do Brasil	46	Caçu	78	Davinópolis	110	Inhumas	142	Mimoso de Goiás
15	Amorinópolis	47	Caiapônia	79	Diorama	111	Ipameri	143	Minaçu
16	Anápolis	48	Caldas Novas	80	Divinópolis de Goiás	112	Ipiranga de Goiás	144	Mineiros
17	Anhanguera	49	Caldazinha	81	Doverlândia	113	Iporá	145	Moiporá
18	Anicuns	50	Campestre de Goiás	82	Edealina	114	Israelândia	146	Monte Alegre de Goiás
19	Aparecida de Goiânia	51	Campinaçu	83	Edéia	115	Itaberaí	147	Montes Claros de Goiás
20	Aparecida do Rio Doce	52	Campinorte	84	Estrela do Norte	116	Itaguari	148	Montividiu
21	Aporé	53	Campo Alegre de Goiás	85	Faina	117	Itaguaru	149	Montividiu do Norte
22	Araçu	54	Campo Limpo de Goiás	86	Fazenda Nova	118	Itajá	150	Morrinhos
23	Aragarças	55	Campos Belos	87	Firminópolis	119	Itapaci	151	Morro Agudo de Goiás
24	Aragoiânia	56	Campos Verdes	88	Flores de Goiás	120	Itapirapuã	152	Mossamedes
25	Araguapaz	57	Carmo do Rio Verde	89	Formosa	121	Itapuranga	153	Mozarlândia
26	Arenópolis	58	Castelândia	90	Formoso	122	Itarumã	154	Mundo Novo
27	Aruanã	59	Catalão	91	Gameleira de Goiás	123	Itauçu	155	Mutunópolis
28	Aurilândia	60	Caturai	92	Goianápolis	124	Itumbiara	156	Nazário
29	Avelinópolis	61	Cavalcante	93	Goianeira	125	Ivolândia	157	Nerópolis
30	Baliza	62	Ceres	94	Goianésia	126	Jandaia	158	Niquelândia
31	Barro Alto	63	Cezarina	95	Goiânia	127	Jaraguá	159	Nova América
32	Bela Vista de Goiás	64	Chapadão do Céu	96	Goianira	128	Jataí	160	Nova Aurora

## Lista (Continuação)

161	Nova Crixás	193	Professor Jamil	225	Serranópolis
162	Nova Glória	194	Quirinópolis	226	Silvânia
163	Nova Iguaçu de Goiás	195	Rialma	227	Simolândia
164	Nova Roma	196	Rianópolis	228	Sítio D'Abadia
165	Nova Veneza	197	Rio Quente	229	Taquaral de Goiás
166	Novo Brasil	198	Rio Verde	230	Teresina de Goiás
167	Novo Gama	199	Rubiataba	231	Terezópolis de Goiás
168	Novo Planalto	200	Sanclerlândia	232	Três Ranchos
169	Orizona	201	Santa Bárbara de Goiás	233	Trindade
170	Ouro Verde de Goiás	202	Santa Cruz de Goiás	234	Trombas
171	Ouvidor	203	Santa Fé de Goiás	235	Turvânia
172	Padre Bernardo	204	Santa Helena de Goiás	236	Turvelândia
173	Palestina de Goiás	205	Santa Isabel	237	Uirapuru
174	Palmeiras de Goiás	206	Santa Rita do Araguaia	238	Uruaçu
175	Palmelo	207	Santa Rita do Novo Destino	239	Uruana
176	Palminópolis	208	Santa Rosa de Goiás	240	Urutaí
177	Panamá	209	Santa Tereza de Goiás	241	Valparaíso de Goiás
178	Paranaiguara	210	Santa Terezinha de Goiás	242	Varjão
179	Paraúna	211	Santo Antônio da Barra	243	Vianópolis
180	Perolândia	212	Santo Antônio de Goiás	244	Vicentinópolis
181	Petrolina de Goiás	213	Santo Antônio do Descoberto	245	Vila Boa
182	Pilar de Goiás	214	São Domingos	246	Vila Propício
183	Piracanjuba	215	São Francisco de Goiás		
184	Piranhas	216	São João D'Aliança		
185	Pirenópolis	217	São João da Paraúna		
186	Pires do Rio	218	São Luis de Montes Belos		
187	Planaltina	219	São Luiz do Norte		
188	Pontalina	220	São Miguel do Araguaia		
189	Porangatu	221	São Miguel do Passa Quatro		
190	Porteirão	222	São Patrício		
191	Portelândia	223	São Simão		
192	Posse	224	Senador Canedo		

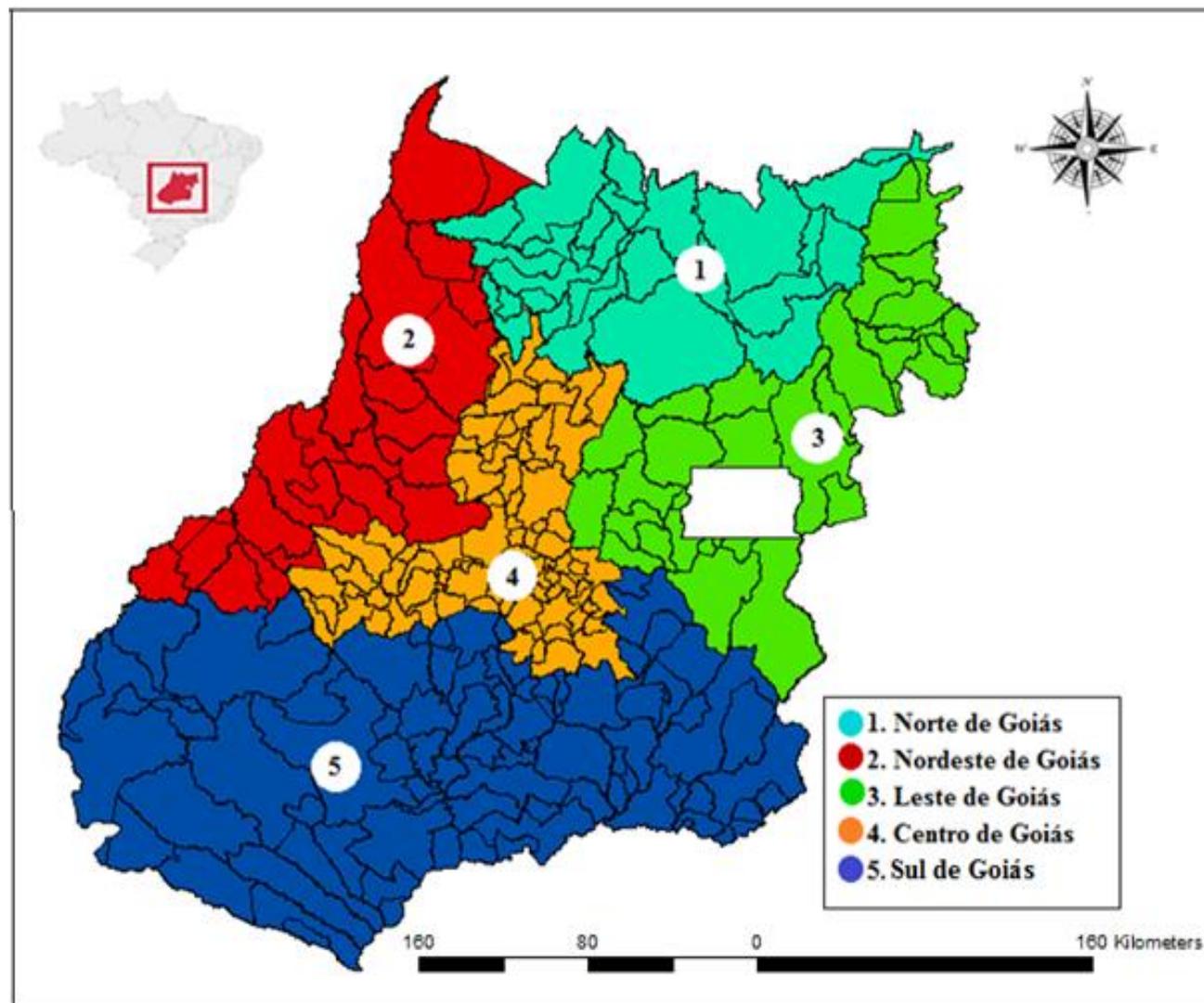


Figura 4 – Mapa das mesorregiões do estado de Goiás.  
Fonte: Adaptado de SIEG (2013).

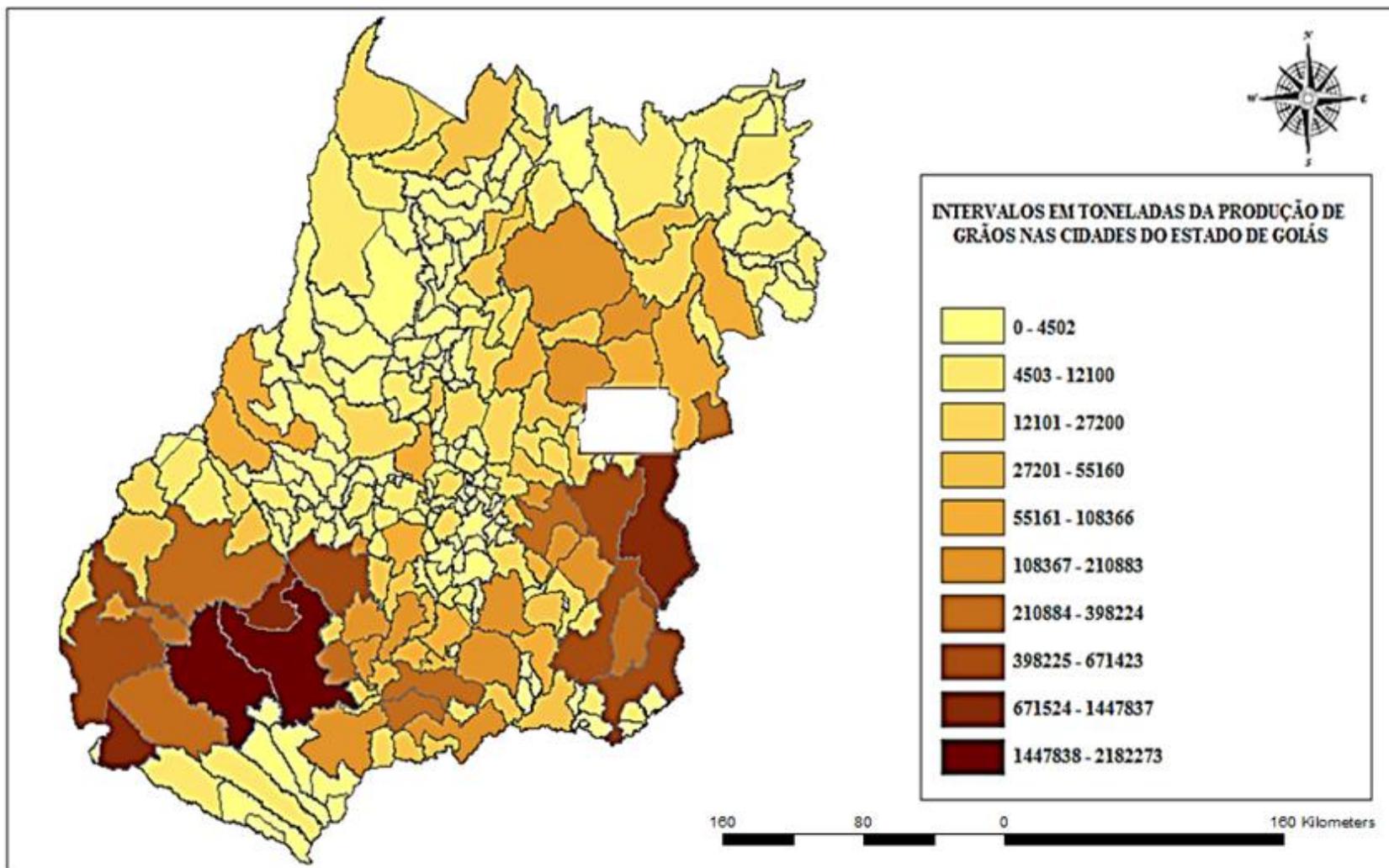


Figura 5 – Mapa da produção de grãos nos municípios do estado de Goiás.  
Fonte: Adaptado de SEGPLAN (2011).

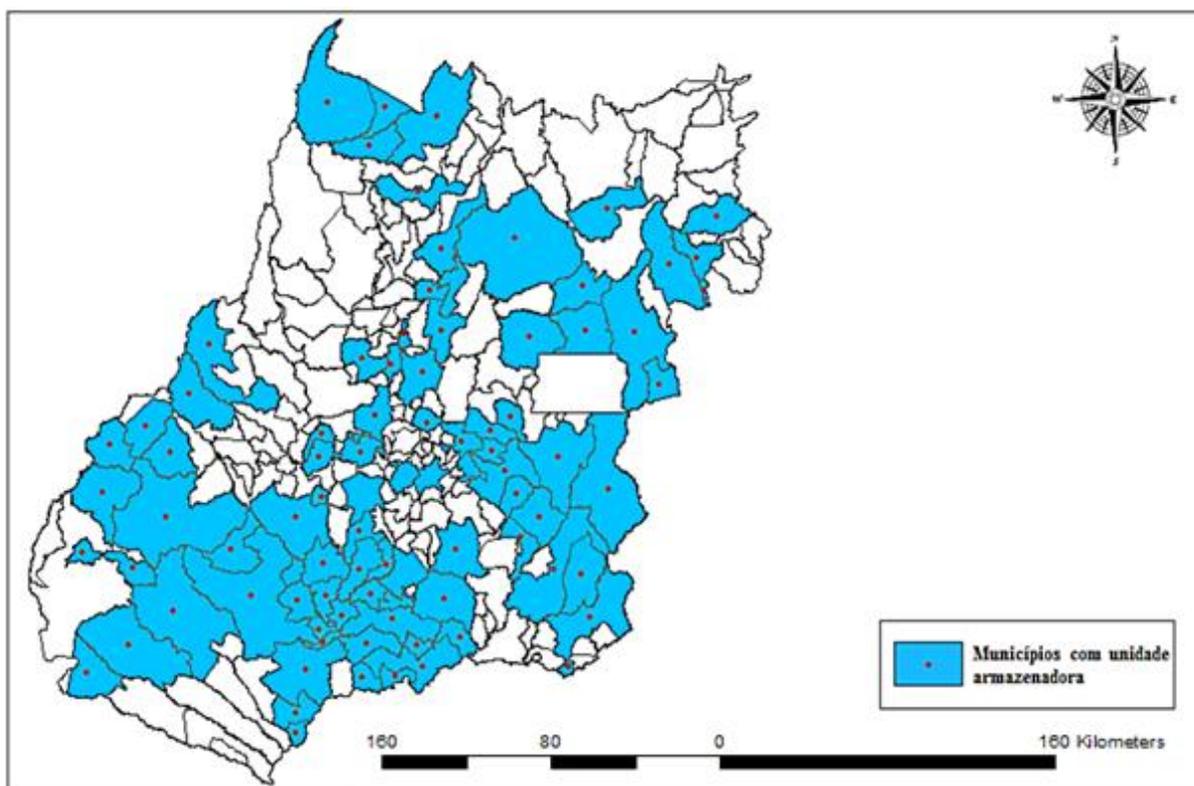


Figura 6 – Mapa dos municípios com unidade armazenadora no estado de Goiás.  
 Fonte: Adaptado de CONAB (2013).

A logística é um ramo da gestão cujas atividades estão voltadas para o planejamento da armazenagem, circulação e distribuição de produtos. Um dos objetivos mais importantes da logística é conseguir criar mecanismos para entregar os produtos ao destino final, num tempo mais curto possível reduzindo custos. Para que um produto chegue de maneira adequada ao seu destino final, devem-se aperfeiçoar as maneiras de melhor locomoção, o transporte deste material da cadeia de suprimentos, que deve ser adaptado ao produto que está sendo utilizado pela organização; com isto a infraestrutura surge como ponto de relevante necessidade nesse transporte (CORREIA, 2012).

Correia (2012) descreve no seu artigo que, o transporte de grãos no Brasil encontra como obstáculo as poucas alternativas de escoamento da produção, sendo o principal canal o rodoviário. A falta de investimento em infraestrutura afeta desde o plantio até a entrega de grãos. No País, a logística no Brasil é embrionária, pois não teve o desenvolvimento e o sucesso esperado. Os alicerces para sua consolidação são frágeis e o seu principal processo, o transporte, encontra-se com uma infraestrutura precária sem condições de sustentação. Enfrenta dificuldades em período de safra, devido ao baixo investimento dos órgãos responsáveis no transporte rodoviário. Além disso, sua frota de veículos antiga acarreta sérios

prejuízos, devido às condições de transporte que provoca a perda de uma considerável parte de sua produção.

Alvarenga e Galvão (2000) definem rede logística como a representação físico-espacial dos pontos de origem e destino das mercadorias, bem como seus fluxos e demais aspectos relevantes, de forma a possibilitar a visualização do sistema logístico no seu todo. Nessa perspectiva uma rede é um conjunto de nós (pontos de origem ou destino) que devem ser atendidos através de ligações (meios de transporte existentes), nas quantidades preestabelecidas.

Para Bowersox e Closs (2001), o objetivo da rede logística é determinar a quantidade e a localização de todos os tipos de instalações necessárias para a execução do processo logístico. Deve-se determinar o tipo de estoque e o volume a ser armazenado em cada instalação e, também, a rede deve incorporar as capacidades relacionadas com o transporte.

## **2.4 Logística de armazenagem**

A armazenagem é uma função que consiste, no seu sentido mais geral, em uma atividade ampla e complexa, sob o ponto de vista operativo, a serviço do processo produtivo e da organização distributiva. O fim principal do armazém de abastecimento é a constituição de um sistema de alimentação, em relação ao processo produtivo, que serve de guia para a uniformidade e continuidade deste (MOURA, 2006). Nessa perspectiva, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2007), a finalidade de um armazém é contribuir para a eficiência da produção e da distribuição. Embora o papel tradicional dos armazéns tenha sido o armazenamento de estoque, os armazéns contemporâneos apresentam uma proposta de valor mais ampla em termos de benefícios econômicos e de serviço.

Existem várias razões para realizar o armazenamento de produtos, esteja ele em qualquer estado (matéria-prima, semi-acabado ou acabado). O que difere é a linha de ação a ser tomada e a sua prioridade. Para tanto, são observados os seguintes fatores: redução de custos de transporte e de produção, coordenação entre demanda e oferta e apoio nos processos de produção e de marketing (MONTEIRO e DA SILVA, 2010). Com a evolução dos negócios e da tecnologia que resultou na considerável melhora da qualidade dos bens e serviços, aumentaram também as razões para a estocagem e armazenagem de produtos.

As principais razões para a adoção da armazenagem destacadas por Ballou (2006) são:

- Redução de custos de transporte e de produção: o incremento destes custos e demais despesas relacionadas podem ser compensados com custos menores da armazenagem e o estoque associados às atividades citadas.
  - Coordenação entre demanda e oferta: empresas cujos produtos sejam sazonais e de demanda variável, recorrem eventualmente à manutenção da produção em níveis constantes durante um determinado período, para minimizar os custos de produção. Nestes casos, a coordenação entre demanda e oferta torna-se dispendiosa, tornando necessária a formação de estoques para racionalizar o processo. Outro fator gerador de armazenagem em decorrência da variação oferta e demanda é atribuído ao preço das mercadorias. Quando existe uma grande oscilação de preço em um curto espaço de tempo, as empresas buscam formas alternativas de negociar, se antecipando na compra de insumos ou produtos a fim de obtê-los a um preço mais baixo, por exemplo.
- Processo de produção: a armazenagem pode ser considerada parte deste do processo. Esse fato se dá especialmente quando o produto requer certo período de envelhecimento (vinhos, queijos, etc.).
- Processo de marketing: uma freqüente preocupação do marketing é a disponibilidade dos produtos ao consumidor. Em alguns casos a armazenagem agrega um determinado valor ao produto, em função da diminuição do tempo de entrega e disponibilidade.
- Dentro do conceito de logística integrada, a armazenagem tem um papel fundamental e estratégico, pois auxilia no controle do tempo e do volume de insumos e produtos a serem distribuídos, atendendo os clientes conforme suas necessidades. A participação da armazenagem nas estratégias logísticas e empresariais aumenta constantemente transformando-a numa das funções essenciais para um fluxo eficiente da cadeia de suprimentos, e na integração do sistema suprimento-produção-distribuição de produtos (GIOVINE e CHRIST, 2010).

#### 2.4.1 Armazenamento de grãos

Segundo Azevedo *et al.*(2008), a armazenagem tem o objetivo de proteger e dar segurança aos produtos. Além disso, a armazenagem pode fazer parte do processo de produção. Algumas decisões típicas relacionadas à armazenagem de produtos são: a

determinação do espaço de armazenagem, o layout e a configuração do armazém e a disposição dos produtos no estoque de acordo com o tipo de produto, tipo de cliente ou rotatividade.

A rede de armazéns é composta por unidades armazenadoras que possuem estrutura adequada às suas finalidades específicas e devem ser localizadas e dimensionadas de acordo com as características de operação estabelecendo um fluxo lógico de atendimento ao escoamento da safra, com manutenção da qualidade dos grãos, até que esses produtos cheguem ao consumo humano, animal ou industrial. Existem funções intrínsecas e extrínsecas que estão ligadas diretamente a armazenagem de grãos, são elas (AZEVEDO *et al.*, 2008). A seguinte tabela mostra as funções da armazenagem de grãos.

Tabela 4 – Funções intrínsecas e extrínsecas da armazenagem de grãos.

Funções intrínsecas	Funções extrínsecas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação da qualidade</li> <li>• Controle de perdas</li> <li>• Estocagem de excedente, caracterizado quando a produção é maior do que o consumo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logística de produção</li> <li>• Logística de transporte</li> <li>• Suporte de comercialização</li> <li>• Estoques reguladores</li> <li>• Auxílio às políticas governamentais</li> <li>• Capacidade estática de armazenagem</li> <li>• Capacidade dinâmica de armazenagem</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Azevedo (2008).

## 2.5 Logística de transporte

Segundo Caixeta (2000), a atividade do transporte é uma das mais importantes dentro do escopo da chamada logística de uma empresa. Só será relevante se devidamente integrada às demais atividades, como o armazenamento. Com o transporte tenta-se obter uma movimentação lógica e racional de produtos ao longo do sistema viário que possibilitará a minimização de seus custos. De acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2002), o transporte é a área operacional da logística que move e aloca, geograficamente, o produto. Do ponto de vista do sistema logístico, três fatores são fundamentais para o desempenho do transporte: custo, velocidade e consistência.

O custo do transporte é o pagamento por embarque entre duas localizações geográficas mais os gastos relacionados à manutenção do inventário em trânsito. Os sistemas logísticos devem utilizar um transporte que minimize o custo total do sistema, isso pode significar que o método de transporte de menor custo pode não resultar na logística mais econômica. A velocidade e custo de transporte estão relacionados de duas formas; primeiro, as empresas de transporte, capazes de oferecer serviços mais rápidos, comumente cobram tarifas mais altas; segundo, quanto mais rápido o transporte, mais curto o intervalo de tempo em que o produto está em trânsito, conseqüentemente não disponível. Assim, um aspecto crítico quanto à seleção do método de transporte mais apropriado, está no equilíbrio entre velocidade e custo de serviço (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2002).

Para estes autores, uma análise logística comum é a dos fluxos de transporte entre determinados pontos de origem e destino. A análise pode ser mais específica, considerando o fluxo entre instalações, ou mais abrangente, considerando toda uma região. A análise do transporte concentra-se no equilíbrio do volume transportado entre pontos de origem e destino. Além do volume transportado, a análise envolve o número de cargas e viagens entre os pontos considerados. Seu objetivo é detectar desequilíbrios que possam ser sanados, para aumentar a produtividade logística. Identificando os desequilíbrios, verifica-se se há cargas que possam ser transportadas nas direções com baixa utilização. Inversamente, direções com elevada utilização podem ter parte de seu volume transferido para outros pontos transportadores ou embarcadores.

Segundo Silveira *et al.* (2005), os agentes econômicos modelam decisões relativas à utilização dos serviços de transporte em quatro estágios:

- definição da existência da carga a ser transportada;
- identificação do destino a ser atendido;
- seleção do modal de transporte e tipo de veículo a ser utilizado;
- definição da rota de transporte a ser seguida.

## **2.6 Custos logísticos de grãos**

Objetivo principal para um processo de otimização, é a minimização do custo total logístico, que é a soma dos custos de produção, estoque, armazenagem, transporte e

distribuição (SILVEIRA *et al.*, 2005). Conceitualmente, a abordagem do custo total, ou também custo logístico, é entendida como a soma dos custos de transporte e armazenagem:

$$CT = (F_S * Q_S) + (F_E * Q_E) \quad (2.1)$$

Em que:

$CT$  = custo de transporte (R\$)

$F_S$  = preço unitário do frete praticado durante a safra (R\$.t<sup>-1</sup>)

$Q_S$  = quantidade de produto transportada durante a safra (t)

$F_E$  = preço unitário do frete praticado durante a entressafra (R\$.t<sup>-1</sup>)

$Q_E$  = quantidade de produto transportada durante a entressafra (t)

Para cálculo do custo de armazenagem foi preciso definir a capacidade estática dos armazéns em que se deseja investir.

$$CA = CO * Q + CAE \quad (2.2)$$

Em que:

$CA$  = custo de armazenamento (R\$);

$CO$  = custo operacional (R\$);

$CAE$  = custo anual equivalente do investimento (R\$);

$Q$  = quantidade armazenada (t).

Para minimização dos custos deve-se fazer um balanceamento entre os custos dos componentes logísticos; portanto o custo logístico é a soma dos custos de transportes e dos custos de armazenagem, ou seja:

$$CL = CT + CA \quad (2.3)$$

Em que:

$CL$  = custo logístico total (R\$);

$CT$  = custo de transporte (R\$);

$CA$  = custo de armazenamento (R\$).

Como mostra a equação anterior, em termos de compensação de custos, o maior custo de transporte pode ser compensado pelo menor custo de armazenagem e vice-versa.

## 2.7 Pesquisa operacional, programação linear e modelagem

Os modelos de programação matemática podem ser classificados em três tipos: lineares, não-lineares e inteiros. Os modelos lineares pressupõem relações lineares entre as variáveis do problema e qualquer relação não-linear presente, na função objetivo ou nas restrições, caracteriza um modelo não-linear. A programação inteira é utilizada para problemas que exigem variáveis inteiras ou alguma relação lógica entre as variáveis, como é o caso de modelos que utilizam variáveis binárias (do tipo 0-1).

Segundo Caixeta (2000), a programação linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deve ser otimizado. Sua propagação deve-se a George B. Dantzig, quem propôs o algoritmo de solução conhecido como método Simplex, depois de uma pesquisa no início da década de 40, do século passado, para oferecer subsídios técnicos para tomada de decisões que envolvessem a distribuição ótima de tropas entre diferentes frentes de batalha. O algoritmo Simplex vem sendo então o algoritmo é mais utilizado em softwares de programação linear, cuja técnica de solução segue os seguintes passos:

- Deve ser definido o objetivo básico do problema com respeito à otimização a ser perseguida. Tal objetivo será assim representado por uma “função objetivo” a ser maximizada ou minimizada.
- Para que essa função objetivo possa ser matematicamente especificada, as alternativas possíveis para a ocorrência de tal otimização (as variáveis de decisão) deverão ser definidas. Via de regra, assume-se que todas essas variáveis possam tomar valores positivos.
- Tais variáveis podem estar sujeitas a uma série de limitações comumente representadas por inequações.

Todas essas expressões, entretanto, devem estar de acordo com a hipótese, que diz respeito à linearidade propriamente dita, ou seja, todas as relações entre variáveis devem ser lineares. O modelador em função de seu nível de abstração e de experiência vivida terá maior ou menor facilidade para a representação de objetivo, alternativas e restrições, por meio de equações e inequações. A forma padrão de formular um problema de programação linear, para (n) variáveis e (m) restrições está mostrada a seguir:

$$\text{Min(ou Max)}Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq (\text{ou } = \text{ou } \geq) b_i, \text{ para } i = 1, \dots, m; \quad (2.5)$$

$$x_j \geq 0 \quad (2.6)$$

Em que:

$Z$  = função objetivo a ser otimizada;

$x_j$  = nível da atividade  $j$  (variável de decisão);

$c_j$  = variação em  $Z$  decorrente do acréscimo de uma unidade de  $x_j$ ;

$b_i$  = quantidade disponível do recurso  $i$ .

A solução de problemas por meio da PO pode ser implementada através de um procedimento em cinco etapas, segundo Taha (2010):

- **Formulação do problema:** envolve definir o escopo do problema sob investigação. A meta é identificar os três elementos principais de um problema de decisão: (1) descrição das alternativas de decisão, (2) determinação do objetivo do estudo e (3) especificação das limitações sob as quais o sistema modelado funciona.
- **Construção do modelo:** implica uma tentativa de traduzir a definição do problema em relações matemáticas, mediante a programação linear ou mediante o uso de abordagem heurística.
- **Solução do modelo:** baseia-se na utilização de algoritmos de otimização bem definidos. Um aspecto importante da fase da solução do modelo é a análise de sensibilidade, que fornece informações adicionais sob o comportamento da solução ótima quando o modelo passa por algumas mudanças de parâmetros.
- **Validação do modelo:** verifica se o modelo faz ou não sentido com os aspectos práticos do problema estudado. Um dos métodos comuns para verificar a validade é comparar os resultados com dados históricos. Caso o modelo proposto representa um novo sistema, não haverá dados históricos disponíveis; nesse caso adota-se a simulação como uma ferramenta independente para verificar os resultados do modelo matemático.

- Implementação da solução: envolve a tradução dos resultados em instruções operacionais inteligíveis que serão emitidas para as pessoas que administrarão o sistema recomendado.

Baseando-se em Bowersox e Closs (2001), os métodos de programação linear são instrumentos de planejamento logístico tático e estratégico amplamente utilizados. A programação linear seleciona o melhor curso da ação entre as opções disponíveis, considerando simultaneamente contingências específicas. Um modelo de otimização considera o conjunto agregado de demanda de clientes, de possibilidades de produção dos fornecedores, de potenciais pontos intermediários, de alternativas de transporte e, como resultado, revela o sistema otimizado. Ou seja, o modelo determina a localização dos centros de distribuição, dos pontos de armazenagem, o tamanho que devem ter os depósitos e as opções de transporte que devem ser implementadas.

Uma das formas de programação linear mais usada para a solução de problemas logísticos é a otimização de rede. O objetivo do modelo de rede é minimizar os custos variáveis de produção, de suprimento e de distribuição de mercadorias, sujeitos a restrições de fornecimento, demanda e capacidade.

### *2.7.1 Problemas de fluxo de custo mínimo*

O problema do fluxo de custo mínimo ocupa uma posição central entre os modelos de otimização de rede. Uma forma sintética de representação de uma rede de transporte bidirecionada pode ser visto na figura seguinte, mostrando nós de destino (ou origem) com os respectivos custos discriminados junto aos arcos.

A aplicação mais importante dos problemas de fluxo a um custo mínimo tem a ver como funcionamento da rede de distribuição de uma empresa. Tais aplicações sempre envolvem determinado plano para o transporte de mercadorias do local de origem até pontos de consumo, considerando a necessidade de pontos intermediários de armazenagem.

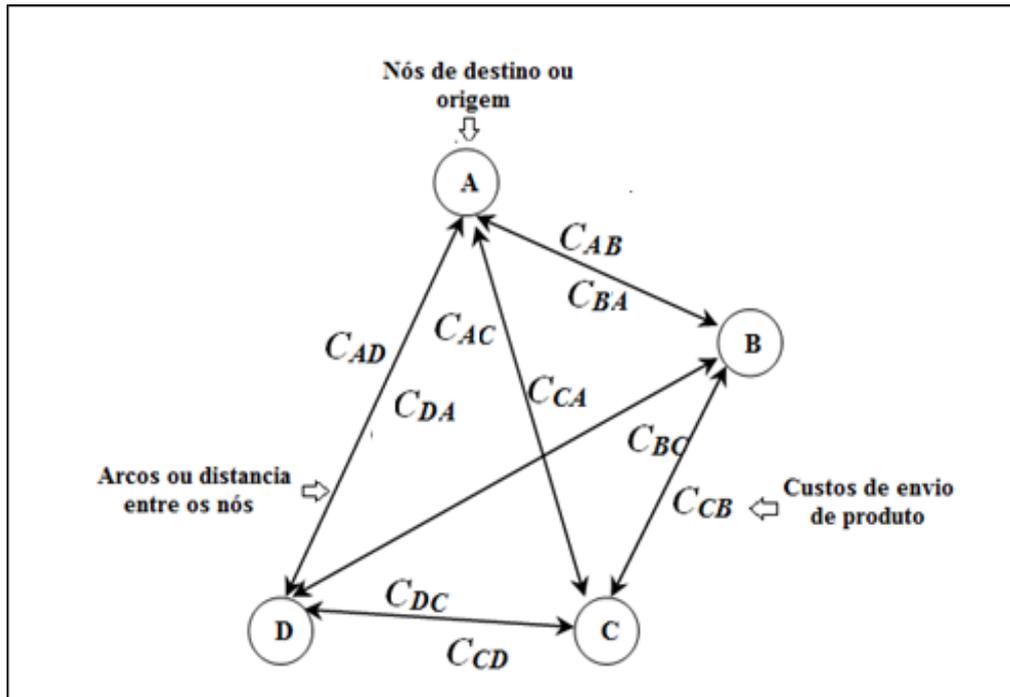


Figura 7 –Representação gráfica de uma rede de transporte.

Abrange uma classe ampla de aplicações e é resolvido de forma eficiente porque pode ser formulado como um problema de programação linear. As características do problema de fluxo de custo mínimo são:

- A rede é dirigida e conectada por arcos.
- Pelo menos um dos nós é um nó fonte.
- Pelo menos um dos outros nós pode ser utilizado como transbordo.
- O fluxo através de um arco é caracterizado por uma direção, sendo a quantidade máxima de escoamento determinada pela capacidade daquele arco (sendo o fluxo nos dois sentidos, este é representado por arcos que apontam em sentidos opostos).
- A rede tem arcos suficientes com capacidade suficiente para permitir que todo o fluxo gerado nos nós de abastecimento alcance todos os nós de demanda.
- O custo do fluxo através de cada arco é proporcional à quantidade desse fluxo, onde o custo por unidade de fluxo é conhecido.
- O objetivo consiste em minimizar o custo total do envio do provisionamento disponível através da rede para atender à demanda. Um objetivo alternativo seria a maximização do lucro total.

A seguir tem-se a formulação matemática clássica deste modelo cujo objetivo é minimizar os custos totais de enviar os suprimentos disponíveis por meio de uma rede para satisfazer às demandas dadas:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} * x_{ij} \quad (2.7)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{j=1}^n x_{ji} \leq (\text{ou } = \text{ou } \geq) b_i, \quad \text{para } i = 1, \dots, m; \quad (2.8)$$

$$x_j \geq 0 \quad (2.9)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij}, \text{ para cada arco } i \rightarrow j \quad (2.10)$$

Em que:

$x_{ij}$  = fluxo através do arco  $i \rightarrow j$ ;

$c_{ij}$  = custo por unidade do fluxo através do arco  $i \rightarrow j$ ;

$u_{ij}$  = arco de capacidade para o arco  $i \rightarrow j$ ;

$b_i$  = fluxo líquido gerado no nó  $i$ ;

$b_i > 0$ , se o nó é um nó de suprimento;

$b_i < 0$ , se o nó é um nó de demanda;

$b_i = 0$ , se o nó é um nó de transbordo.

### 3. MÉTODOLOGIA

Este trabalho tratou de uma pesquisa quantitativa, aplicada, descritiva e experimental. Os resultados foram quantificados, na linguagem matemática. A técnica utilizada no estudo do problema formulado, bem como as relações entre as variáveis, foi a pesquisa operacional. Foram utilizados instrumentos para o tratamento dos dados de modo a assegurar a viabilidade do emprego da técnica escolhida. Determinou-se as variáveis, as formas de controle e a observação dos efeitos das mesmas no resultados obtidos. Com isto procurou-se gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução do problema de otimização da localização das unidades armazenadoras de grãos envolvendo necessidades regionais no estado de Goiás.

#### 3.1 Levantamento dos déficits municipais de armazenagem no estado de Goiás

Para cada um dos 246 municípios obteve-se produção de grãos (em toneladas) fornecida pelo Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioeconômicos (IMB), (SIEG, 2013), para os dados recentemente atualizados do ano 2012. Estes dados de produção podem ser observados no Apêndice A.

As unidades armazenadoras dos municípios do estado de Goiás e suas respectivas capacidades estáticas foram levantadas junto a Companhia Nacional de Abastecimento CONAB, (2013), nos registros relativos ao Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras, como pode ser observado no Apêndice B. A quantificação dos déficits ou superávits das capacidades estáticas de armazenamento de grãos em cada município com produção do estado de Goiás, se fez subtraindo a quantidade produzida de grãos em toneladas da capacidade estática total em toneladas,

$$DS = Q - CE \quad (3.1)$$

Em que:

$DS$  = déficit ou Superávit de armazenagem

$Q$  = quantidade produzida de grãos em toneladas

$CE$  = capacidade estática de armazenagem de grãos

Para facilitar o tratamento matemático, adotou-se o sinal positivo (+) para o déficit, e sinal negativo (-) para o superávit de armazenagem em cada município, significando que no

déficit seria agregada capacidade de armazenagem no sistema e o inverso, a capacidade ociosa, seria debitada nesta capacidade que deveria ser agregado.

Como citado anteriormente por Gratão *et al.* (2010), a capacidade estática, ideal de acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), deve ser 20% superior à produção de grãos. Assim, os valores do déficit de armazenagem em cada cidade considerada foram multiplicados por 1,2 e os valores do superávit foram divididos por 0,8, com o objetivo de ter uma visão ideal da situação estudada no modelo. Com os resultados obtidos gerou-se o mapa dos déficits de armazenagem, mostrado na figura seguinte. Constatase, por inspeção visual, os maiores déficits localizam-se na mesorregião do Sul de Goiás que também apresenta os maiores níveis de produção (Figura 8).

### **3.2 Fluxo de transporte pela rede armazenadora**

O modal de transporte adotado neste trabalho foi o rodoviário. A malha rodoviária estadual foi caracterizada, especificando as vias pavimentadas, em obra de pavimentação, duplicadas, e em obra de duplicação. O mapa da malha rodoviária dos municípios de Goiás foi disponibilizada pelo Sistema de Estadual de Geoinformação do governo do Estado de Goiás (SIEG, 2013), Figura 9, sendo posteriormente traçado na aplicação ARCMAP do software ArcGis, para os municípios dos grupos escolhidos.

De acordo com o SEGPLAN (2011), em Goiás, a malha rodoviária é responsável pela maior parte do deslocamento de cargas e passageiros. Existem 24.994 km de rodovias no Estado, sendo 52,7% delas pavimentadas, 3,9% não pavimentadas e 13,4% em planejamento ou em obras de pavimentação. As principais rodovias federais do Estado são a BR-153, que liga o norte ao sul do país, a BR-060, ligando Goiânia a Brasília e a BR-050, que liga o Distrito Federal ao sul do Brasil.

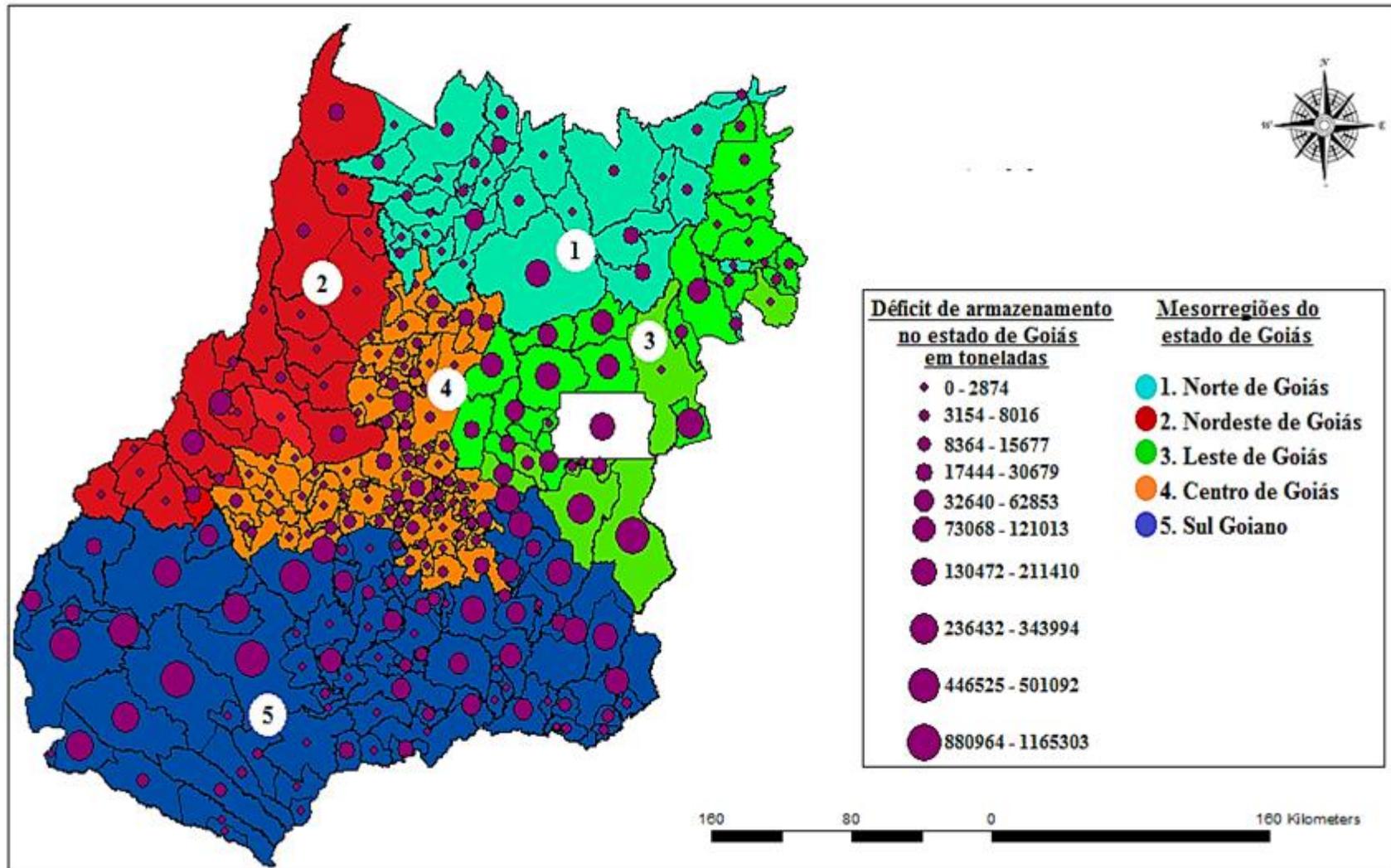


Figura 8–Mapa do déficit de armazenagem nas mesorregiões do estado de Goiás.

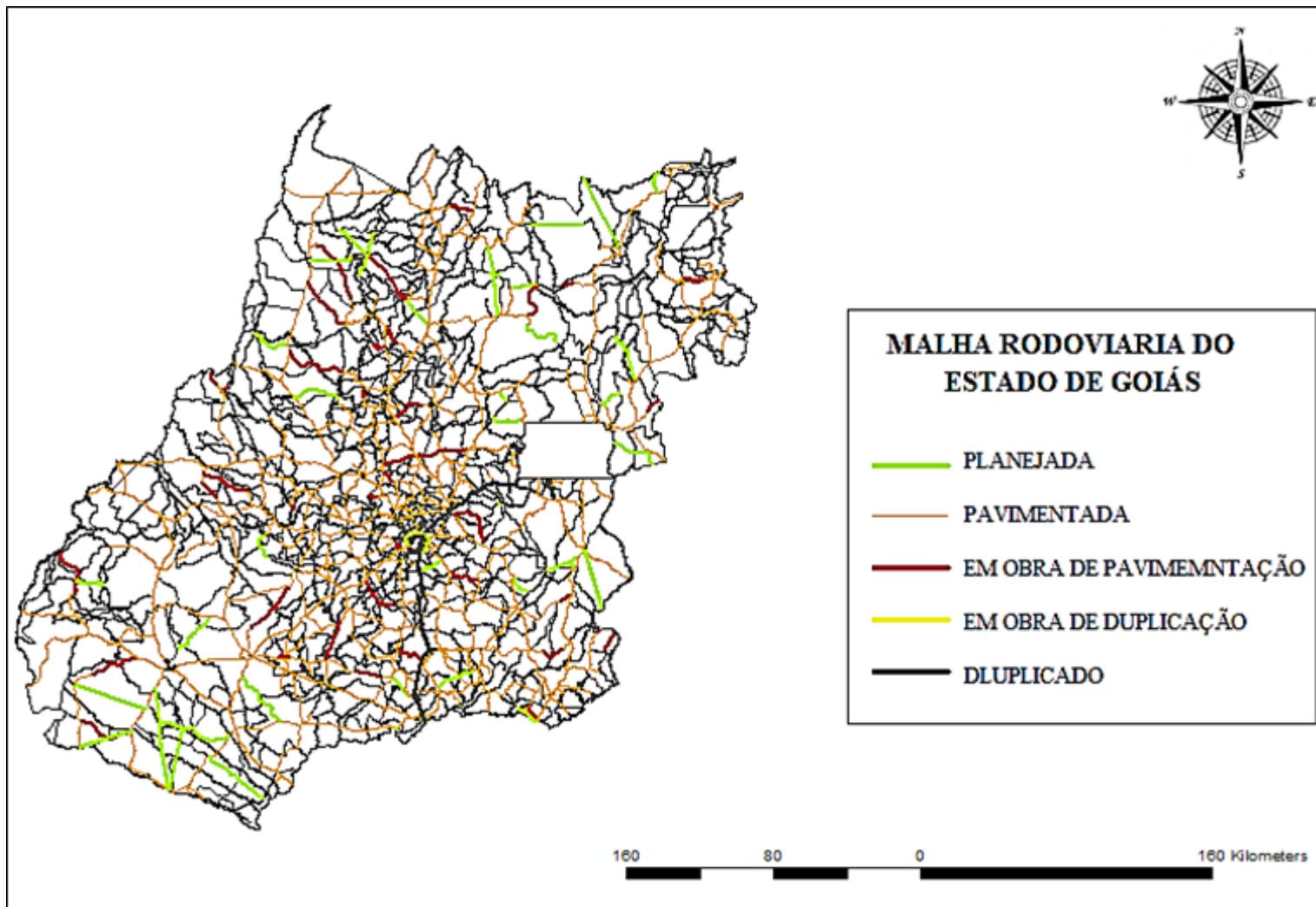


Figura 9 –Mapa da malha rodoviária do estado de Goiás.  
Fonte: Adaptado de SIEG (2013).

### 3.3 Desenvolvimento do modelo matemático de otimização

Para a otimização da localização das unidades para suprimir o déficit de armazenagem foi desenvolvido um modelo matemático de otimização derivado do modelo de fluxo de custo mínimo (descrito nas equações: 2.7, 2.8, 2.9 e, 2.10). Nesta adaptação os nós fontes são os municípios que necessitam escoar os grãos por falta de capacidade de armazenagem instalada, enquanto os nós destinatários representam os municípios que recebem os grãos. Já os arcos interligando os nós são as vias de acesso (malha rodoviária), caracterizados pelo custo de transporte do produto. Como observado anteriormente, nos problemas de custo mínimo existe uma rede de fluxo cujas rotas possuem capacidade adequada para permitir que todo o fluxo gerado nos nós de abastecimento alcance todos os nós de demanda, ou seja o fluxo é balanceado. Num cenário de déficit de armazenagem, o balanceamento da rede pode ser obtido introduzindo unidades de armazenagem em cidades pré-determinadas, cujo somatório das capacidades seja maior ou igual à quantidades de fluxo de produto excedente.

O modelo proposto minimiza os custos de movimentação dos grãos entre os municípios considerando a localização de unidades de armazenamento existentes e aquelas que devem ser construídas de modo a zerar o déficit de armazenagem na região considerada. Esta minimização está, sujeita a uma série de restrições, mostradas a seguir. Como resultado determina os municípios nos quais devem ser instaladas unidades armazenadoras especificando sua capacidade e de quais municípios essas unidades devem receber grãos. O modelo desenvolvido adota a técnica da programação linear e encontra-se no sistema de equações seguintes:

$$\text{Minimizar : } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n C_{ji} * X_{ji} \quad (3.3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} - \sum_{j=1}^n X_{ji} + S_i = B_i; \quad \forall i \quad (3.4)$$

$$S_i \geq CapMin_i; \quad \forall i \quad (3.5)$$

$$S_i \leq CapMax_i; \quad \forall i \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^n S_i = Def; \quad \forall i \quad (3.7)$$

$$B_i = Pr_i - Ca_i; \quad \forall i \quad (3.8)$$

$$Def = \sum_{j=1}^n B_i; \quad \forall i \quad (3.9)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n X_{ij}; \quad \forall i \quad (3.10)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n X_{ji}; \quad \forall i \quad (3.11)$$

Em que:

$C_{ij}$  = custo unitário de remessa de grãos da cidade  $i$  para a cidade  $j$  (R\$.t<sup>-1</sup>);

$C_{ji}$  = custo unitário de remessa de grãos da cidade  $j$  para a cidade  $i$  (R\$.t<sup>-1</sup>);

$X_{ij}$  = quantidade de produto enviada da cidade  $i$  para a cidade  $j$  (t);

$X_{ji}$  = quantidade de produto enviada da cidade  $j$  para a cidade  $i$  (t);

$S_i$  = capacidade de armazenagem a ser instalada na cidade  $i$  (t);

$B_i$  = superávit ou déficit de armazenagem na cidade  $i$  (t);

$CapMax$  = capacidade máxima de armazenagem a ser instalada na cidade  $i$  (t);

$CapMin$  = capacidade mínima de armazenagem a ser instalada na cidade  $i$  (t);

$Pr_i$  = quantidade de grãos produzida pela cidade  $i$  (t);

$Ca_i$  = capacidade de armazenagem de grãos da cidade  $i$  (t);

$Def$  = déficit de armazenagem no estado de Goiás (t);

$E_i$  = quantidade de grãos enviada pela cidade  $i$  (t);

$R_i$  = quantidade de grãos recebida pela cidade  $i$  (t).

A Equação 3.3, minimiza custo total de escoamento dos grãos entre as diversas localidades, ou seja, recebimento ou envio de produto, considerando que cada município apresente déficit ou superávit de armazenagem ou a instalação de armazéns com capacidade especificada pela otimização. No grupo das restrições impostas ao modelo, a Equação 3.4,

realiza o balanço de fluxo de grãos em cada localidade considerada. As restrições das equações 3.5 e 3.6 estabelecem limites máximos e mínimos para as capacidades das unidades que deverão ser construídas. A Equação 3.7, estabelece o que as cidades eleitas pelo modelo para receber unidades pelo modelo devem, com o somatório das capacidades instaladas, zerar o déficit regional de armazenagem. As demais equações serão comentadas na análise de funcionamento do modelo, adiante. Todas as variáveis são positivas ou igual a zero com exceção da variável  $B_i$  que é livre, pois pode assumir valores negativos uma vez que discrimina a existência ou não de déficit de armazenagem.

O modelo matemático de otimização foi implementado computacionalmente utilizando o software LINGO (Versão 9.00, Extended) utilizando sua interface de programação dedicada. Tal implementação pode ser vista Apêndice C.

### 3.4 Aplicação do modelo de otimização

O sistema de equações apresentado minimiza o custo total de movimentação de grãos numa região contendo  $n$  municípios com déficit regional por meio da alocação de unidades armazenadoras, em localidades previamente determinadas, destinadas a receber o excedente de grãos produzidos na região estudada. Considerando que o grupo de municípios que poderiam receber unidades armazenadoras na região varia entre 1 e  $n$ , a quantidade de cenários a serem analisados pelo modelo de otimização apresentado seria igual a:

$$NC = \sum_{m=1}^n \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad (3.12)$$

Em que:

$NC$  = número de cenários possíveis de serem otimizados;

$n$  = número total de municípios na região considerada;

$m$  = número de municípios escolhidos para receber unidades armazenadoras.

No cenário em que  $m = n$ , o modelo de otimização considera a hipótese de se construir unidades armazenadoras nos municípios com déficit, em face dos custos de movimentação dos grãos destas localidades para aquelas com capacidade de armazenagem ociosa.

Os valores retornados pela equação (3.12) sugerem que, em razão do alto número de cenários possíveis em problemas que envolvam uma quantidade de municípios equivalente à

do estado de Goiás, demanda-se um tempo de trabalho relativamente alto na preparação dos dados de entrada bem como na interpretação e análise dos resultados fornecidos pelo modelo; embora o processamento computacional propriamente seja rápido. Coerentemente com os objetivos deste trabalho, dentre os quais avaliar a viabilidade de aplicação de uma ferramenta de otimização, julgou-se razoável reduzir a dimensão do problema aqui estudado. Desta forma optou-se por selecionar regiões no estado de Goiás com déficit de armazenagem constatado.

Adotando as proposições anteriores, aplicou-se o modelo de otimização no estudo da localização de unidades armazenadoras e movimentação de grãos em três grupos de municípios do estado de Goiás. Cada grupo estudado consistiu no agrupamento de municípios atendendo a dois pré-requisitos: os municípios devem ser contíguos e o somatório dos déficits de armazenagem maior que zero. A visualização do mapa dos déficits de armazenagem (Figura 3.1) auxiliou na formação e localização geográfica dos grupos.

O Grupo 1 (Figura 10) contém 46 municípios localizados nas mesorregiões de Leste de Goiás e Norte de Goiás; o Grupo 2 (Figura 11) contém 56 municípios nas mesorregiões do Sul Goiano, Leste de Goiás e Centro de Goiás e o Grupo 3 (Figura 12) contém 54 municípios nas mesorregiões Sul Goiano e uma pequena parte do Nordeste de Goiás.

Consonante com a aplicação prática do modelo de otimização, nos grupos formados não foram estudados todos os cenários possíveis para a localização de unidades armazenadoras. Em cada grupo elegeram-se um conjunto de municípios candidatos ao recebimento de unidades armazenadoras. Esses conjuntos têm em comum a situação em que a maior parte destes municípios apresentam déficits expressivos de armazenagem. O resultado da otimização fornece a capacidade de armazenagem que deve ser instalada em cada um destes municípios; bem como as quantidades de grãos que devem ser transportadas entre todos as localidades do grupo estudado. Ou seja, dos municípios que possuem déficits para aqueles com superávit original de armazenagem e/ou escolhidos para receber esses armazéns.

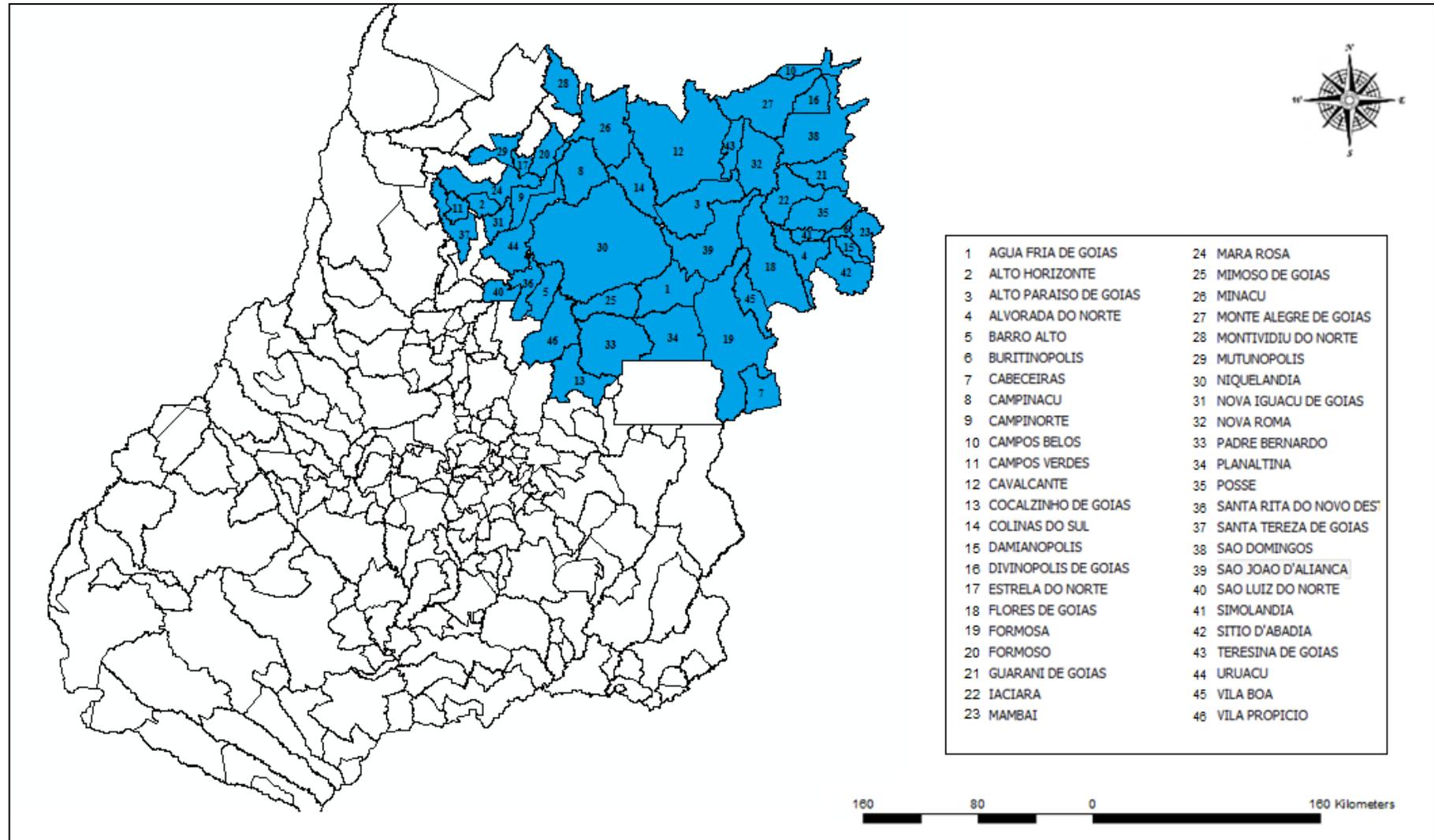


Figura 10 –Mapa do primeiro grupo dos municípios escolhidos para a análise.

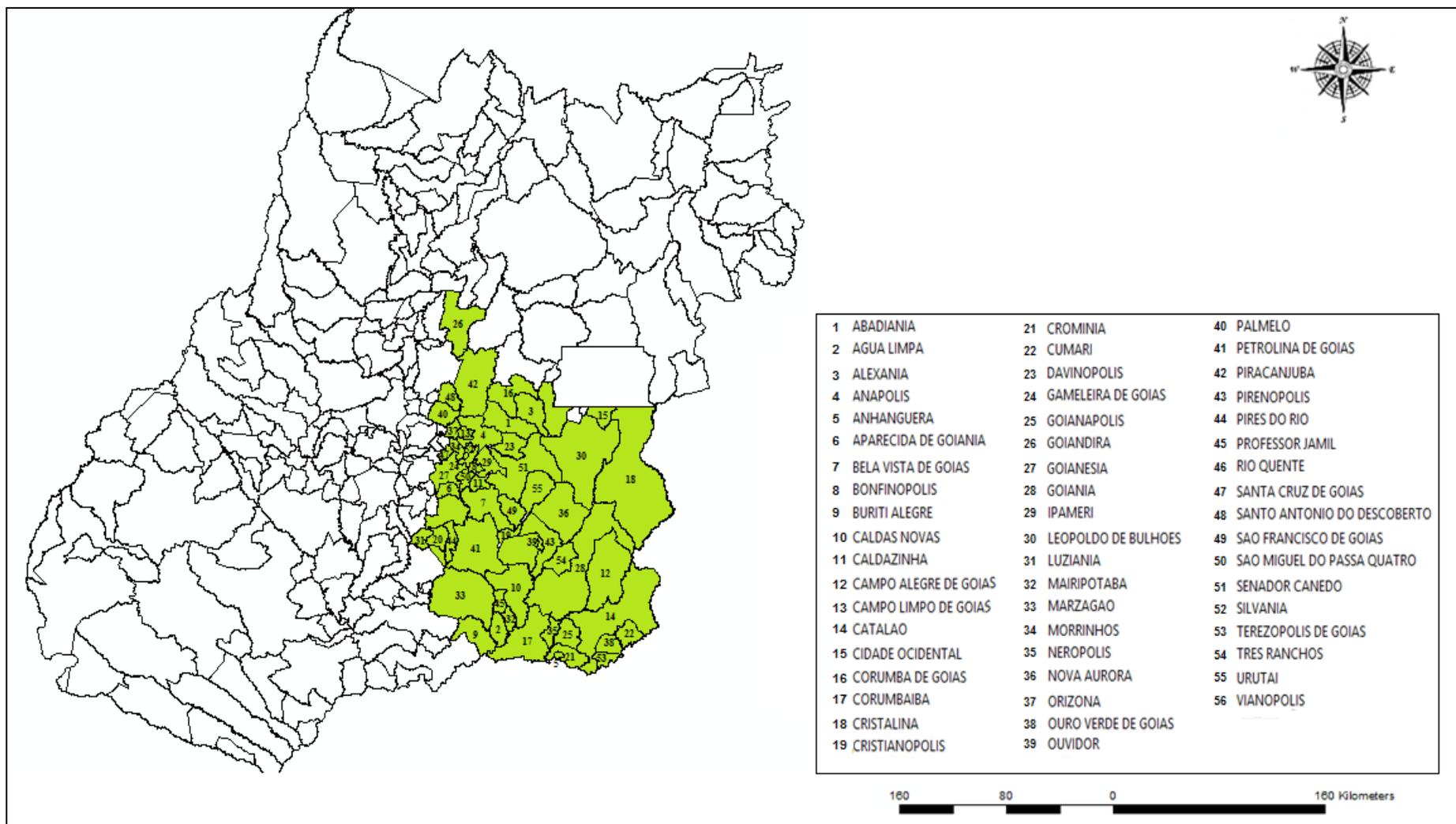


Figura 11 –Mapa do segundo grupo dos municípios escolhidos para a análise.

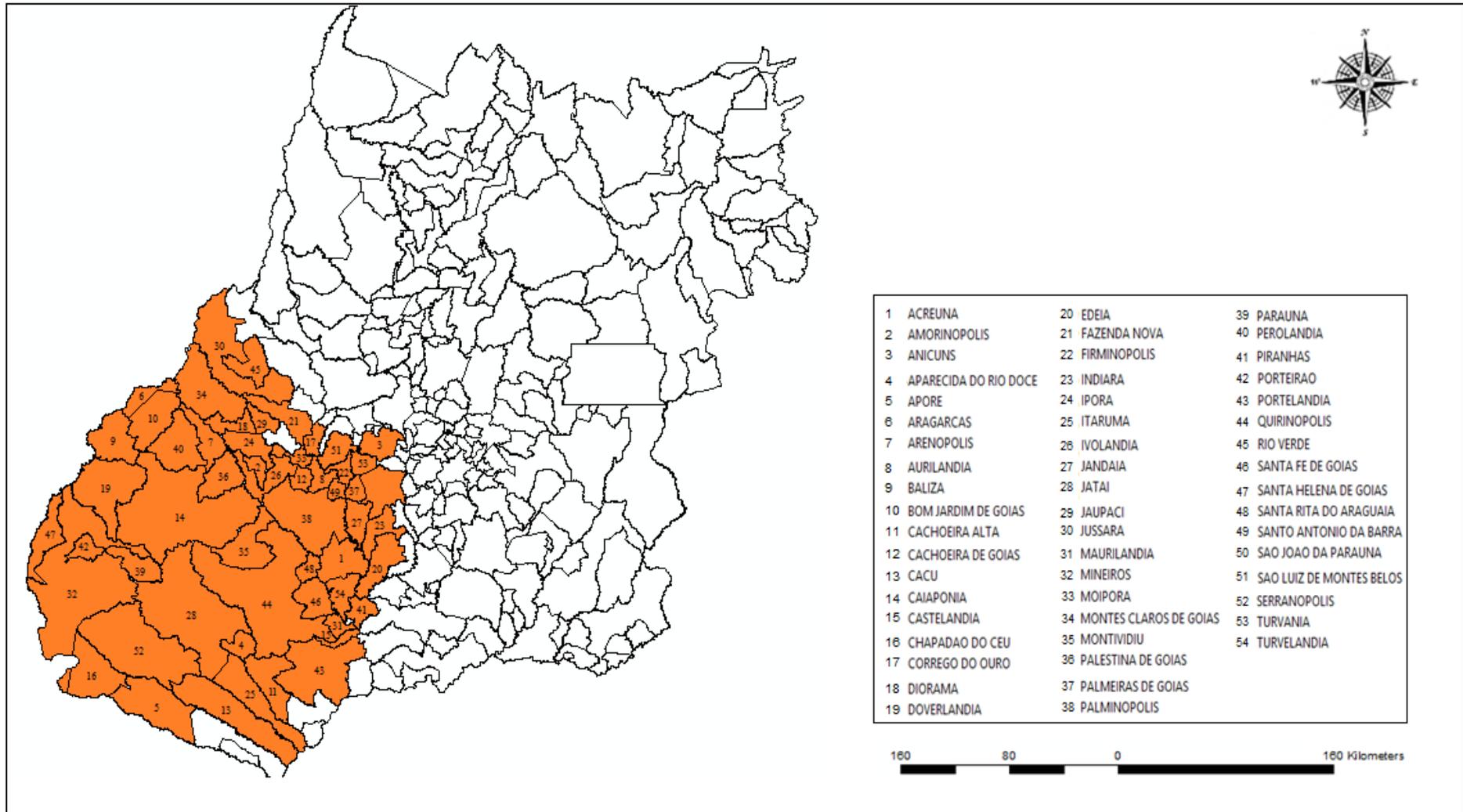


Figura 12 – Mapa do terceiro grupo dos municípios escolhidos para a análise.

Os coeficientes técnicos  $C_{ij}$  e  $C_{ji}$ , equação 3.3, representam o custo unitário ( $\text{R}\$.t^{-1}$ ) da movimentação dos grãos entre todos os municípios de cada grupo estudado a partir do custo básico de transporte dos grãos, em  $\text{R}\$.(\text{t.Km})^{-1}$ , para o estado do Goiás, obtido junto ao Sistema de Informações de fretes (SIFRECA, 2012). Tais valores são relativos ao ano 2012, para as culturas mais representativas: milho, soja e trigo. Calculou-se o valor médio ponderado do custo básico para os três produtos, considerando a quantidade produzida da cada tipo de grão no ano de 2012, observando os valores máximos e mínimos dos custos fornecidos, conforme a Tabela 5. No cálculo dos coeficientes técnicos  $C_{ij}$  e  $C_{ji}$  multiplicou-se o valor do custo médio ponderado (Tabela 5) pelas distâncias rodoviárias entre todos os municípios presentes no grupo estudado. Estas foram obtidas por meio do aplicativo Google Maps (GOOGLE MAPS, 2013).

Na Equação 3.13 se apresenta como foi obtido o custo unitário da movimentação dos grãos entre os municípios de cada um dos grupos analisados.

$$CU = CMP \times D_{ij} \quad (3.13)$$

Em que:

$CU$  = Custo unitário de movimentação ( $\text{R}\$.t^{-1}$ )

$CMP$  = Custo Médio Ponderado ( $\text{R}\$.(\text{t.Km})^{-1}$ )

$D_{ij}$  = Distancia entra o município  $i$  ao município  $j$  (Km)

Tabela 5 – Custo de movimentação rodoviária das principais culturas de grãos do ano 2012 no estado de Goiás

<b>Produto</b>	<b>Valor mínimo</b> <b>(<math>\text{R}\\$.(\text{t.Km})^{-1}</math>)</b>	<b>Valor médio</b> <b>(<math>\text{R}\\$.(\text{t.Km})^{-1}</math>)</b>	<b>Valor máximo</b> <b>(<math>\text{R}\\$.(\text{t.Km})^{-1}</math>)</b>
Milho	0,0717	0,1282	0,2857
Soja	0,0702	0,1275	0,2947
Trigo	0,0745	0,1220	0,2955
<b>Customedioponderado</b>		<b>0,1259</b>	

Fonte:SIFRECA, 2012, adaptado.

Tais valores foram organizados em planilhas eletrônicas, um exemplo do formato da planilha pode se observar no Apêndice D, para serem acessadas pelo programa computacional implementado a partir do modelo de otimização.

A equação 3.4 resgata o balanceamento da rede logística de movimentação de grãos no grupo estudado, mediante a instalação de unidades armazenadoras, variável  $S_i$ , nos municípios predeterminados para anular o déficit regional de armazenagem.

Esta equação tem por premissa que o saldo de movimentação de grãos (somatório de entradas e saídas) oriundos de municípios externos ao grupo considerado seja igual a zero. Avaliou-se que esta suposição é válida para efeito de estudo e planejamento de localização de unidades armazenadoras destinadas à guardar o produto colhido; antes de seu escoamento para os centros consumidores instalados fora perímetro geográfico delimitado pelos municípios pertencentes à região considerada.

A variável  $S_i$  define a localização e a capacidade das unidades armazenadoras que devem ser inseridas na rede de cada grupo estudado. Seus valores são restringidos pelas equações 3.5, 3.6 e 3.7. Estipulou-se que a capacidade mínima,  $CapMin_i$ , de cada unidade deve ser igual a zero. Para os municípios escolhidos para não receberem unidades armazenadoras o valor das capacidades máxima,  $CapMax_i$ , também foi considerado zero.

A determinação do valor da variável  $CapMax_i$  foi feita concomitantemente à execução do programa computacional implementado. Adotou-se um procedimento iterativo por meio de sucessivas otimizações:

1) os municípios com superávit de armazenagem, o valor atribuído à  $CapMax_i$  era constante, igual ao seu respectivo superávit.

2) para municípios com déficit de armazenagem, à cada iteração o valor do déficit total do grupo estudado, era multiplicado por uma constante, com valor inicial 2, incrementada em uma unidade a cada execução do programa. O resultado desta operação era dividido pelo número de municípios com maior déficit escolhidos para receber unidades armazenadoras, e o resultado era atribuído à  $CapMax_i$ .

Para cada otimização o valor da minimização, equação (3.3) do modelo, era comparada com o valor obtido na execução anterior. Quando uma restrição é relaxada o valor da minimização, no caso, tende a reduzir até que tal prática seja inócua para o modelo. Desta forma quando se verificava que o resultado da minimização não era mais reduzido, os valores de  $CapMax_i$  utilizados na iteração anterior, bem como os demais resultados obtidos constituíam a solução final para o grupo em estudo.

A restrição na equação 3.7 garante que o somatório das capacidades das capacidades instaladas em cada município seja suficiente para suprir o déficit de armazenagem,  $Def$ , na região caracterizada pelo grupo estudado. Esse, por sua vez, foi calculado pelas equações 3.8 e 3.9. As equações 3.10 e 3.11 são expressões auxiliares para facilitar o retorno do programa da quantidade e o destino dos grãos transportados em cada região estudada.

Os dados requisitados pelo modelo implementado foram organizados em planilha eletrônica e acessados pelo mesmo durante o processo computacional. Na análise dos resultados do modelo computacional implementado, baseou-se no resultado de menor valor fornecido pela função objetivo. Com isto garantia-se minimização dos custos, resultante da melhor combinação das rotas e a localização apropriada das unidades armazenadora nos municípios discriminados para recebê-los.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico será estudada a otimização da movimentação de grãos e instalação de unidades armazenadoras nos três grupos de municípios apresentados anteriormente, empregando o modelo computacional implementado em ambiente do software LINGO, mostrado no Apêndice C. O estudo feito em cada grupo compreendeu a seleção de um conjunto de municípios candidatos a receber unidades armazenadoras. Esta seleção remete à questão da complexidade laboral envolvida na obtenção dos cenários utilizados na otimização. (Este aspecto foi discutido anteriormente na Metodologia). Esses cenários são resultados das combinações entre número de municípios que recebem unidades armazenadoras e número total de municípios considerados, como mostrado na Equação 3.12. Desta forma, em cada grupo, trabalhou-se com somente um cenário otimizado.

Na obtenção do cenário empregado no estudo realizou-se otimizações exploratórias, no mínimo dez para cada grupo. Em cada otimização procurou-se agrupar municípios com elevado déficit local de armazenagem e municípios superavitários. Em cada otimização o grupo de municípios candidatos a receber unidades armazenadoras era modificado, em número e membros. Dessas otimizações selecionava-se, em cada grupo estudado, aquela que apresentasse o menor valor otimizado, cujos resultados tornaram-se objeto de análise.

### 4.1 Análise dos resultados obtidos para o Grupo 1

Este grupo (Figura 10) possui 46 municípios localizados no norte e noroeste do estado de Goiás. O déficit de armazenagem constatado para este grupo foi de 1.099.499 t. No cenário estudado foram escolhidos 16 municípios como candidatos para receber unidades de armazenadoras de grãos, destes 12 apresentam déficit e 4 superávit de armazenagem. Os municípios com déficit são: Agua fria de Goiás, Alto Paraiso de Goiás, Barro Alto, Cabeceiras, Campinorte, Cocalzinho de Goiás, Flores de Goiás, Mimoso de Goiás, Niquelândia, Padre Bernardo, Planaltina, Santa Rita do Novo Destino, São João da Paraúna, Vila Propicio, e os que apresentam superávit são: Formosa, Mara Rosa, Posse, Uruaçu. Na figura pode-se observar a localização dos municípios citados.

O resultado da minimização apresentado pelo modelo mostra um custo ótimo de movimentação do produto nos municípios do Grupo 1 igual a R\$3.346.941,00.

O cenário ótimo apresentado pelo modelo indicou que para, os 46 municípios do Grupo 1, devem ser instaladas unidades de armazenagem em 16 localidades: Água Fria de Goiás, Alto Paraíso de Goiás, Barro Alto, Cabeceiras, Campi Norte, Cocalzinho de Goiás, Flores de Goiás, Mara Rosa, Mimoso de Goiás, Niquelândia, Padre Bernardo, Planaltina, Posse, Santa Rita do Novo Destino, São João D’aliança e Vila Propício. As capacidades de armazenagem e os respectivos percentuais em relação à capacidade total a ser instalada no Grupo 1 estão listados na seguinte Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 1 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.

Município	Capacidade (t)	Porcentagem (%)
Água Fria de Goiás	94.603,0	8,6
Alto Paraíso de Goiás	40.892,0	3,7
Barro Alto	24.156,0	2,2
Cabeceiras	226.514,0	20,6
Campi Norte	2.204,0	0,2
Cocalzinho de Goiás	40.434,0	3,7
Flores de Goiás	97.362,0	8,9
Mara Rosa	23.281,0	2,1
Mimoso de Goiás	34.137,0	3,1
Niquelândia	137.318,0	12,5
Padre Bernardo	132.549,0	12,1
Planaltina	89.597,0	8,1
Posse	42.244,0	3,8
Santa Rita do Novo Destino	18.300,0	1,7
São João D’aliança	22.840,0	2,1
Vila Propício	73.068,0	6,6
<b>TOTAIS</b>	<b>1.099.499,0</b>	<b>100%</b>

A produção de grãos nos municípios selecionados para receber unidades armazenadoras representa 82,8% da produção do Grupo 1 e o déficit de armazenagem nestes equivale a 95,1% do total do grupo. Dois municípios são superavitários na sua capacidade de armazenagem: Mara Rosa e Posse.

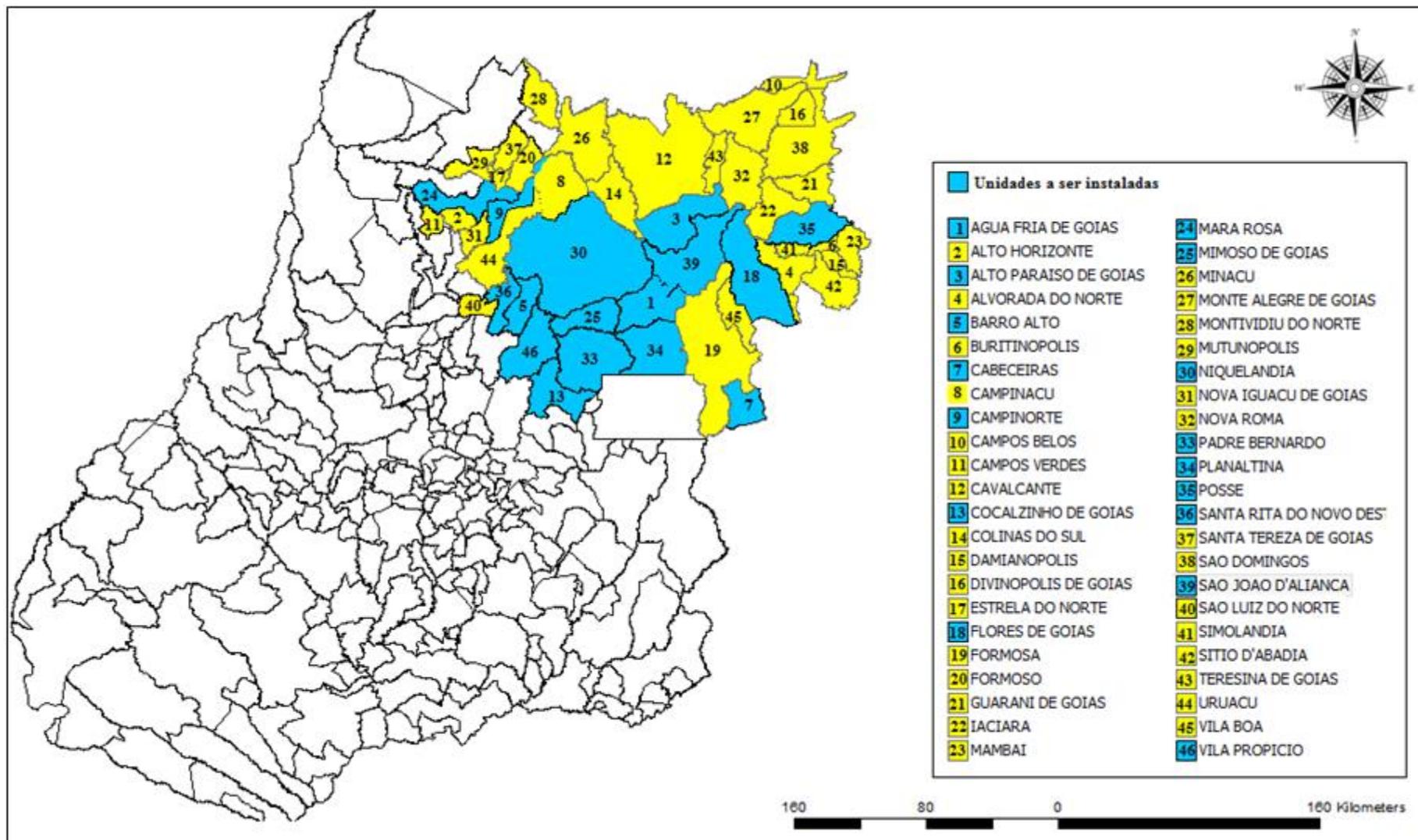


Figura 13 –Municípios escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo 1.

A Figura 14 mostra o déficit de armazenagem local nos municípios selecionados. Cinco municípios, segundo a CONAB (2012) não possuem unidades armazenadoras, são eles: Barro Alto, Campi Norte, Cocalzinho de Goiás, Mimoso de Goiás e Vila Propício. Dois municípios do grupo 1 possuem déficit de armazenamento igual a 0% (com superávit de armazenamento).

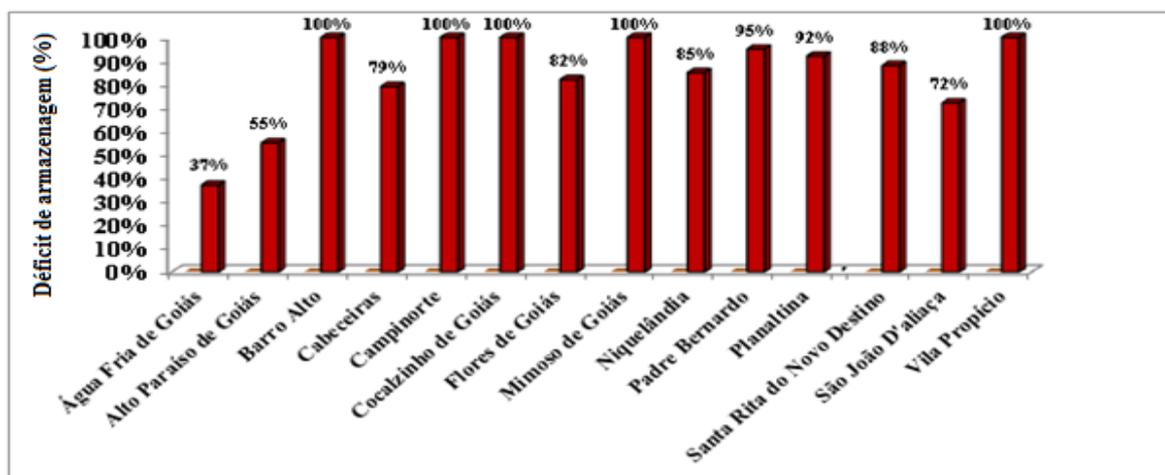


Figura –14: Municípios com déficit de armazenagem selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 1.

A movimentação otimizada dos grãos entre os municípios do Grupo 1 pode ser visualizada no mapa mostrado na Figura 15. As áreas em branco representam os municípios em que não ocorre movimentação. Estes municípios foram contemplados com unidades armazenadoras pelo modelo cujas capacidades foram iguais aos respectivos déficits. Estes municípios são: Água Fria de Goiás, Barro Alto, Cabeceiras, Cocalzinho de Goiás, Mimoso de Goiás, Niquelândia, Padre Bernardo, Santa Rita do Novo Destino, São João D'Aliaça e Vila Propício. A Tabela 4.2 mostra a quantidade de grão movimentada entre cada município.

Na Figura 7 percebe-se que alguns municípios comportam-se como entrepostos no caminho do produto da origem até o seu destino final. Esta resposta do modelo pode ser entendida como uma rota contínua do local de produção até o local de armazenagem. Este comportamento sugere um aprimoramento do modelo no sentido da inclusão dos custos relativos ao embarque, desembarque e transbordo de grãos nos pontos intermediários.

Tabela 7 – Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 1.

<b>Município que envia produto</b>	<b>Município que recebe produto</b>	<b>Quantidade de produto (t)</b>
Alto Horizonte	Uruaçu	1680,0
Alvorada do Norte	Simolândia	2865,6
Buritinópolis	Posse	16110,0
Campinaçu	Mara Rosa	6906,0
Campinorte	Uruaçu	35000,0
Campos Belos	Posse	4248,0
Campos Verdes	Alto Horizonte	834,0
Cavalcante	Alto Paraíso de Goiás	6478,8
Colinas do Sul	Alto Paraíso de Goiás	4962,0
Damianópolis	Posse	3153,0
Divinópolis de Goiás	Guarani de Goiás	4407,6
Estrela do Norte	Mara Rosa	7482,0
Formosa	Mara Rosa	10156,8
Guarani de Goiás	Posse	6265,6
Iaciara	Posse	2352,0
Mambaí	Posse	7329,6
Minaçu	Colinas do Sul	2874,0
Monte Alegre de Goiás	Alto Paraíso de Goiás	7792,8
Montividiu do Norte	Formosa	9000,0
Mutunópolis	Mara Rosa	1663,2
Nova Iguaçu de Goiás	Uruaçu	793,2
Nova Roma	Flores de Goiás	6214,8
Planaltina	Formoso	6468,8
Santa Terezinha de Goiás	Uruaçu	3648,0
São Domingos	Posse	6062,4
São Luiz do Norte	Uruaçu	2850,0
Simolândia	Posse	4938,0
Sítio D'abadia	Buritinópolis	13306,8
Teresina de Goiás	Cavalcante	488,4
Vila Boa	Formoso	9590,4

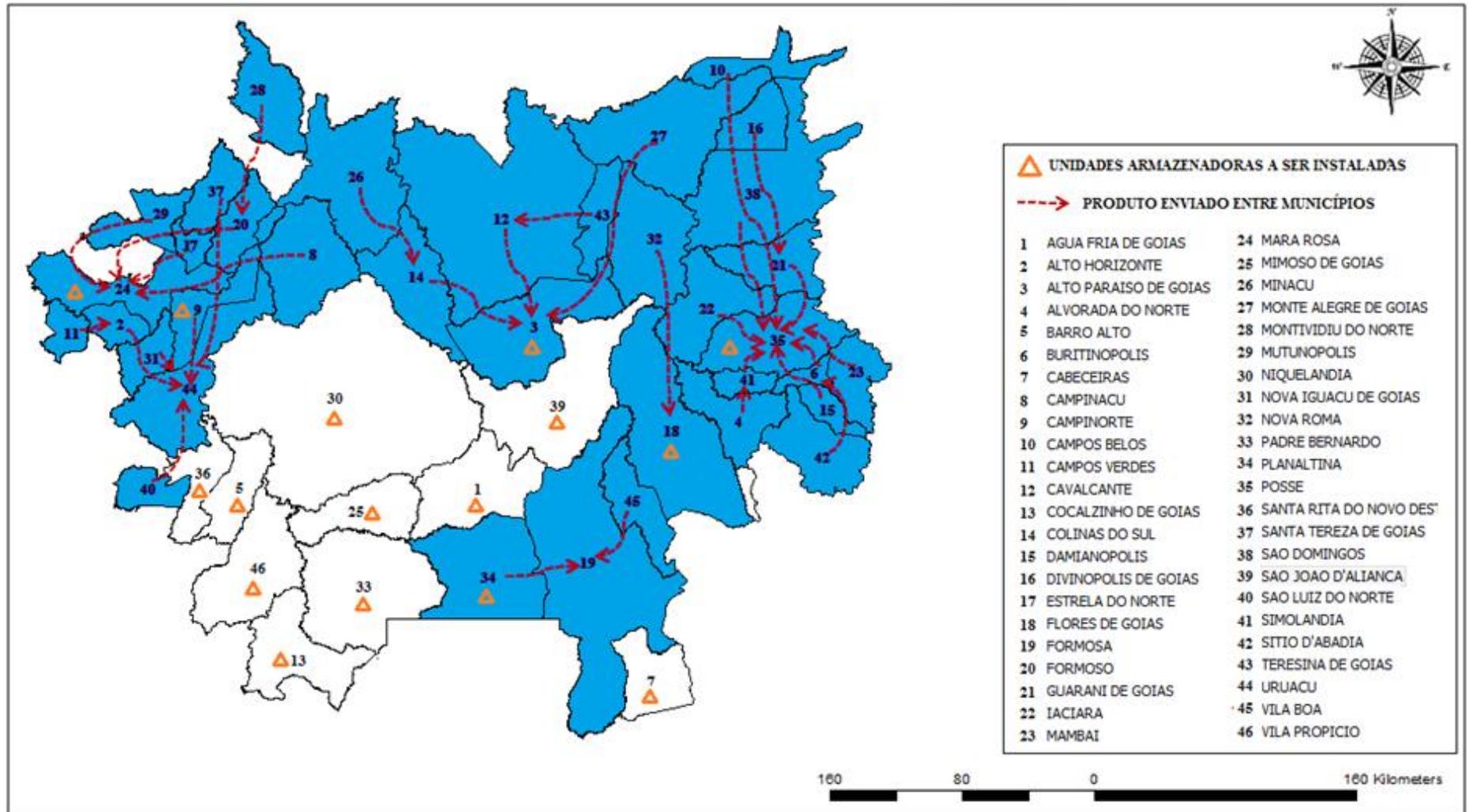


Figura 15–Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo 1.

Na tabela 8, é apresentado a quantidade de produto enviado e recebido em cada município do Grupo 1, tendo em conta o déficit, superávit e a capacidade de armazenagem a ser instalada em cada município. Observou-se que municípios com superávit em sua capacidade de armazenagem receberam grãos na quantidade equivalente às respectivas capacidades ociosas. A tabela seguinte revela o balanço de massa em cada município, destacando a situação original quanto a capacidade de armazenagem, a movimentação de produto e a capacidade de armazenagem a ser instalada.

Tabela 8 – Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 1.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviada (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
1	Água fria de Goiás	94603,0	0,0	0,0	94.603,0
2	Alto Horizonte	846,0	834,0	1680,0	0,0
3	Alto Paraíso de Goiás	21659,0	19233,0	0,0	40.892,0
4	Alvorada do Norte	2866,0	0,0	2866,0	0,0
5	Barro Alto	24156,0	0,0	0,0	24.156,0
6	Buritinópolis	2803,0	13306,0	16110,0	0,0
7	Cabeceiras	226514,0	0,0	0,0	226.514,0
8	Campinaçu	6906,0	0,0	6906,0	0,0
9	Campinorte	37205,0	0,0	35000,0	2.204,0
10	Campos Belos	4248,0	0,0	4248,0	0,0
11	Campos Verdes	834,0	0,0	834,0	0,0
12	Cavalcante	5990,0	488,0	6478,0	0,0
13	Cocalzinho de Goiás	40434,0	0,0	0,0	40.434,0
14	Colinas do Sul	2088,0	2874,0	4962,0	0,0
15	Damianópolis	3154,0	0,0	3153,0	0,0
16	Divinópolis de Goiás	4408,0	0,0	4407,0	0,0
17	Estrela do Norte	7482,0	0,0	7482,0	0,0
18	Flores de Goiás	91147,0	6214,0	0,0	97.362,0
19	Formoso	-16059,0	16059,0	0,0	0,0
20	Formosa	1157,0	9000,0	10156,0	0,0
21	Guarani de Goiás	1818,0	4407,0	6225,0	0,0
22	Iaciara	2352,0	0,0	2352,0	0,0

Continua Tabela 8 – Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo1.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviado (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
23	Mambaí	7330,0	0,0	7330,0	0,0
24	Mara Rosa	-2926,0	26208,0	0,0	23.281,0
25	Mimoso de Goiás	34138,0	0,0	0,0	34.137,0
26	Minaçu	2874,0	0,0	2874,0	0,0
27	Monte Alegre de Goiás	7793,0	0,0	7793,0	0,0
28	Montividiu do Norte	9000,0	0,0	9000,0	0,0
29	Mutunópolis	1663,0	0,0	1663,0	0,0
30	Niquelândia	137318,0	0,0	0,0	137.318,0
31	Nova Iguaçu de Goiás	793,0	0,0	793,0	0,0
32	Nova Roma	6215,0	0,0	6215,0	0,0
33	Padre Bernardo	13255,0	0,0	0,0	132.549,0
34	Planaltina	96066,0	0,0	6469,0	89.597,0
35	Posse	-8174,0	50419,0	0,0	42.244,0
36	Santa Rita do Novo Destino	18300,0	0,0	0,0	18.300,0
37	Santa Terezinha de Goiás	3648,0	0,0	3648,0	0,0
38	São Domingos	6062,0	0,0	6062,0	0,0
39	São João D'Aliança	167645,0	0,0	0,0	167.645,0
40	São Luiz do Norte	2850,0	0,0	2850,0	0,0
41	Simolândia	2072,0	2865,0	4938,0	0,0
42	Sítio D'abadia	13307,0	0,0	13306,0	0,0
43	Teresina de Goiás	488,0	0,0	0,0	0,0
44	Uruaçu	-43971,0	43971,0	0,0	0,0
45	Vila Boa	9590,0	0,0	0,0	0,0
46	Vila Propício	73068,0	0,0	0,0	73.068,0

## 4.2 Análise dos resultados obtidos para o Grupo 2

O Grupo 2 (Figura 11) possui 56 municípios localizados no leste, no centro e no sul do estado de Goiás. Constatou-se para este grupo um déficit de armazenagem igual a 2.417.054 ton. Onze municípios foram selecionados para receber unidades armazenadoras de grãos,

destes 11 apresentam déficit e 4 superávit de armazenagem. Os municípios com déficit são: Anápolis, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Cristalina, Gameleira de Goiás, Ipameri, Luziânia, Orizona, Piracanjuba, Silvania, Caldas Novas, e os que apresentam superávit são:

Goianésia, Goiânia, Petrolina de Goiás, Pires do Rio. Na figura seguinte pode-se observar a localização dos municípios escolhidos com déficit de armazenagem.

O custo ótimo de movimentação do produto nos municípios do Grupo 2, resultante da minimização feita pelo modelo, foi igual a R\$ 8.661.017,00. Neste cenário constatou-se que nos 56 municípios do Grupo 2, devem ser instaladas unidades de armazenagem em 11 localidades: Campo Alegre de Goiás, Catalão, Cristalina, Gameleira de Goiás, Ipameri, Luziânia, Orizona, Piracanjuba, Silvânia, Caldas Novas e Pires do Rio, único município com superávit de armazenagem no subgrupo. Suas capacidades de armazenagem e respectivos percentuais em relação ao déficit regional estão na Tabela 9.

Tabela 9 – Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 2 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.

Município	Capacidade (t)	Porcentagem (%)
Campo Alegre de Goiás	107.826,0	4,5
Catalão	134.006,0	5,5
Cristalina	1.050.883,0	43,5
Gameleira de Goiás	96.784,0	4,0
Ipameri	94.164,0	3,9
Luziânia	328.716,0	13,6
Orizona	140.676,0	5,8
Piracanjuba	119.743,0	5,0
Pires do Rio	2.155,0	0,1
Silvânia	149.738,0	6,2
Caldas novas	192.363,0	8,0
TOTAIS	2.417.054	100%

A produção de grãos nos municípios selecionados para receber unidades armazenadoras representa 82,8% da produção do Grupo 2 e o déficit de armazenagem nestes equivale a 94,2% do total do grupo. Somente um município, Caldas Novas, não possui unidade armazenadora, CONAB (2012). Na Figura 17, tem-se a relação dos municípios selecionados com as respectivas porcentagens dos déficits de armazenagem, respeito a sua quantidade produzida de grãos.

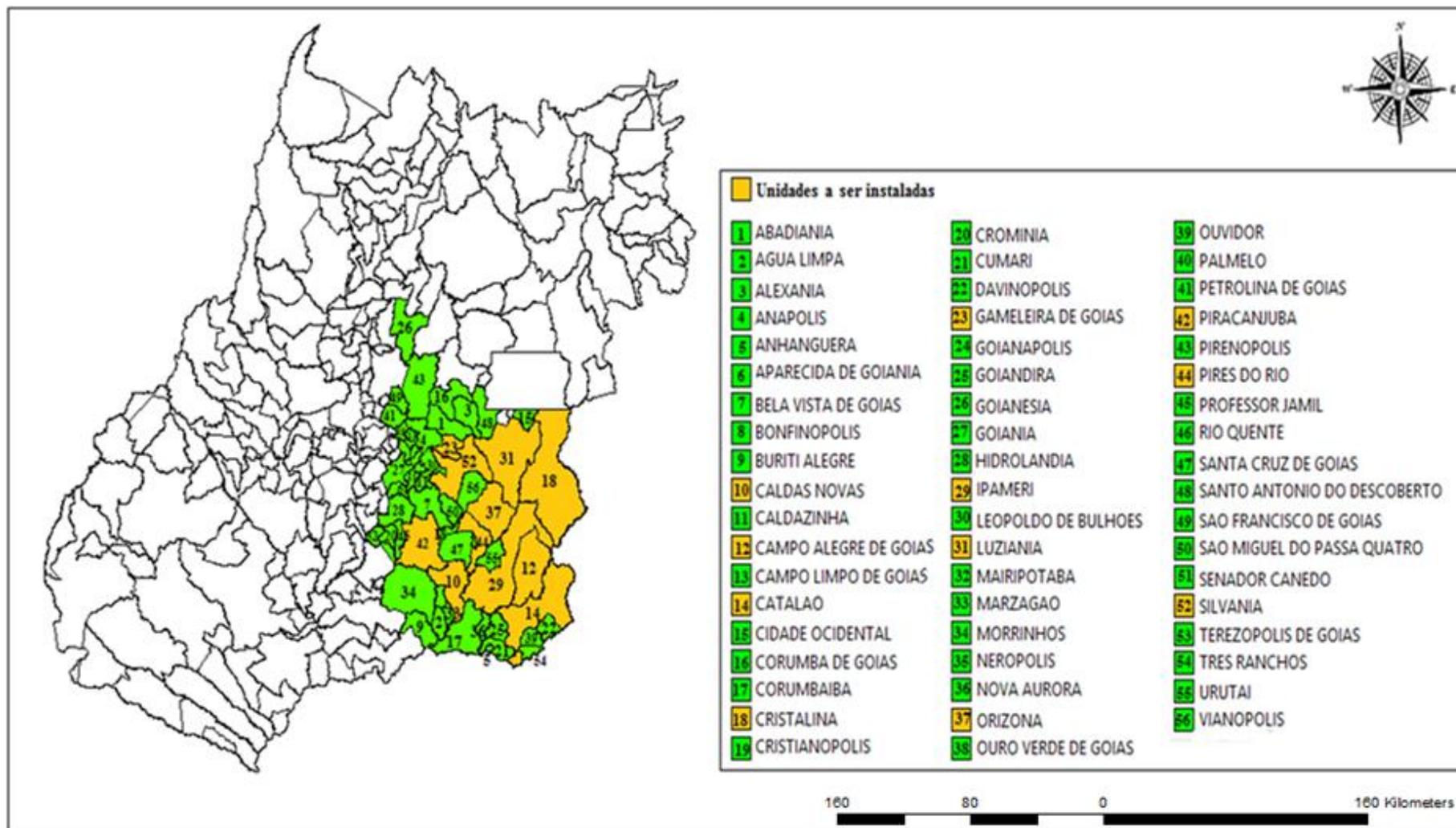


Figura 16–Municípios com déficit de armazenagem escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo2.

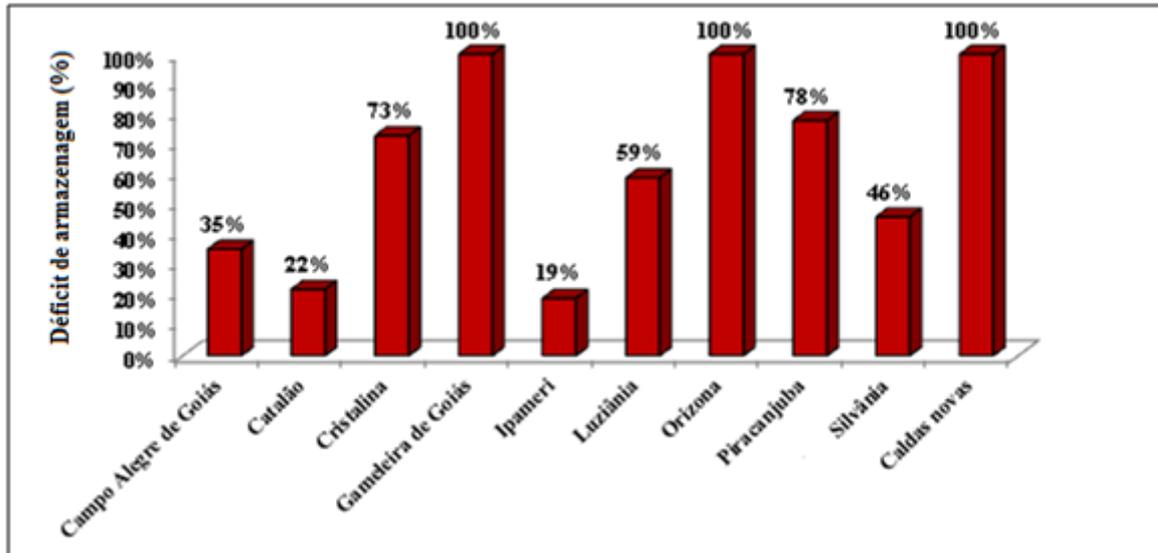


Figura 17 –Municípios com déficit de armazenagem selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 2.

Na Figura 18, tem-se a movimentação dos grãos resultante da otimização feita para o Grupo 2. Na área em branco estão os municípios de Campo Alegre de Goiás, Cristalina, Piracanjuba, Silvânia e Ipameri, contemplados com unidades armazenadoras, não se verificou transporte de grãos. Como no caso do grupo anterior, alguns municípios, mesmo deficitários em sua capacidade de armazenagem, comportam-se como entrepostos no caminho do produto da origem até o seu destino final. A Tabela 4.5 mostra as quantidades de produto movimentada entre os municípios.

Na Tabela 10 tem-se os balanços de massa nos municípios que compõem o Grupo 2. Como ocorreu no estudo do cenário representado no Grupo 1, os municípios com superávit de armazenagem receberam produto para ocupar a capacidade ociosa. O município de Pires do Rio, inicialmente superavitário, recebeu uma quantidade de produto além de sua capacidade ociosa, com isto o modelo de otimização indicou a necessidade de instalação de unidade armazenadora para equalizar o balanço de grãos.

A Tabela 11, mostra a quantidade de produto enviado e recebido em cada município do grupo 2, tendo em conta o déficit, superávit e a capacidade de armazenamento a ser instalada em cada município.

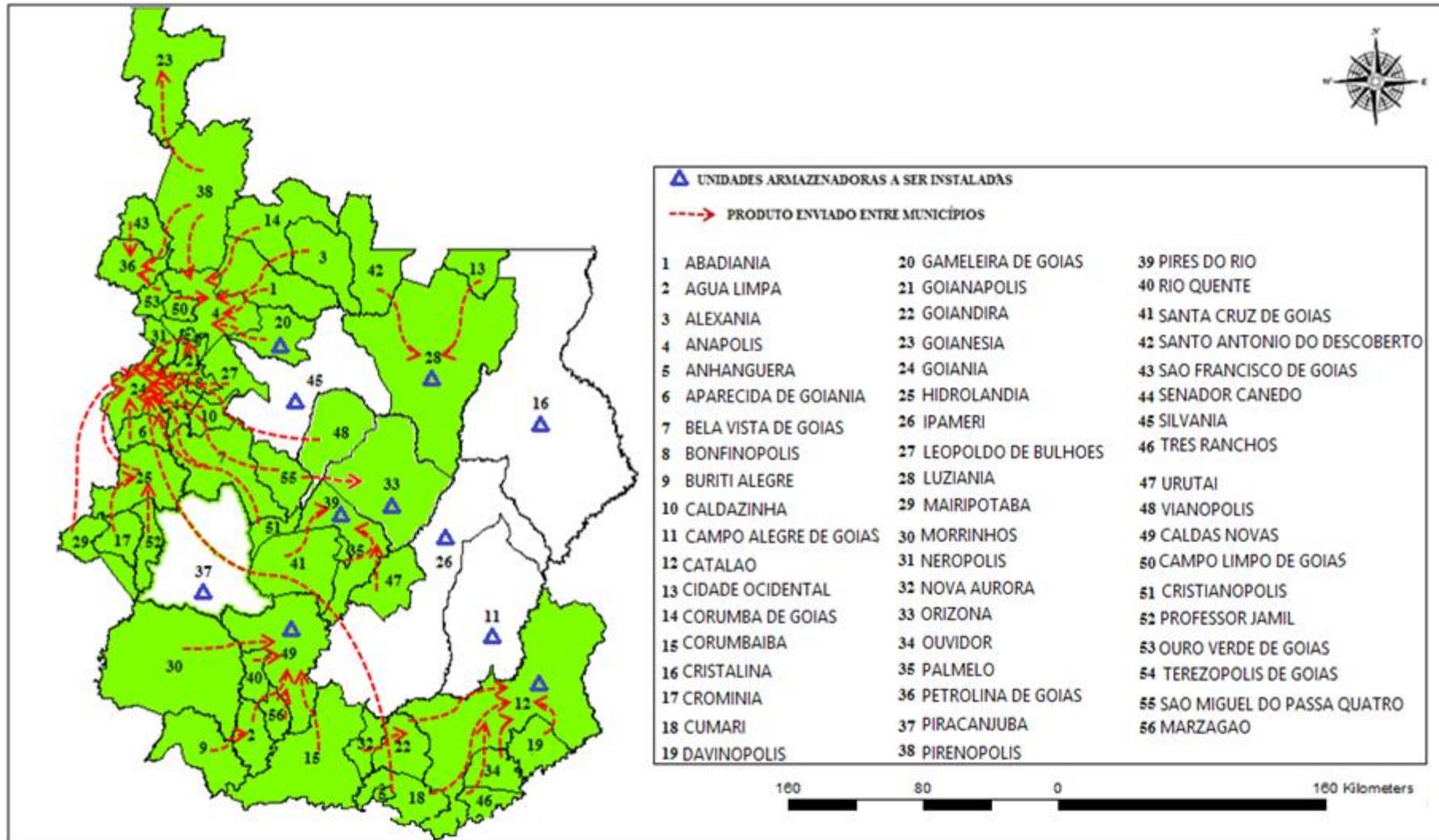


Figura 18 – Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo2.

Tabela 10 – Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 2.

Município que envia produto	Município que recebe produto	Quantidade de produto (t)
Abadiânia	Anápolis	41287,2
Água Limpa	Caldas novas	34989,6
Alexânia	Anápolis	6435,6
Ananguera	Goiânia	1530,0
Aparecida de Goiânia	Goiânia	705,6
Bela Vista de Goiás	Goiânia	30480,0
Bonfinópolis	Goiânia	4472,4
Buriti Alegre	Água Limpa	32551,2
Caldazinha	Goiânia	4845,6
Cidade Ocidental	Luziânia	21996,0
Corumbá de Goiás	Anápolis	17444,4
Corumbáiba	Caldas novas	35184,0
Cromínia	Hidrolândia	9540,0
Cumari	Catalão	4957,2
Davinópolis	Catalão	5128,8
Gameleira de Goiás	Anápolis	38194,3
Goianápolis	Terezopolis de Goiás	5118,0
Goiandira	Catalão	11848,8
Hidrolândia	Goiânia	14436,0
Leopoldo de Bulhões	Goiânia	17856,0
Mairipotaba	Goiânia	21390,0
Morrinhos	Caldas novas	9654,0
Nerópolis	Goiânia	1620,0
Nova Aurora	Goiandira	1152,0
Ouvidor	Catalão	9180,0
Palmelo	Pires do Rio	2325,6
Pirenópolis	Anápolis	7067,7
Pirenópolis	Goianésia	16090,7
Pirenópolis	Petrolina de Goiás	1912,0
Rio Quente	Caldas novas	1956,0
Santa Cruz de Goiás	Pires do Rio	48444,0
Santo Antônio do Descoberto	Luziânia	36462,0
São Francisco de Goiás	Petrolina de Goiás	4134,0
Senador Canedo	Goiânia	5160,0
Três Ranchos	Catalão	3799,2
Urutaí	Pires do Rio	22072,8
Vianópolis	Goiânia	654,0

Continua Tabela 10 – Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 2.

Município que envia produto	Município que recebe produto	Quantidade de produto (t)
Campo limpo de Goiás	Anápolis	3238,8
Cristianópolis	Goiânia	9559,2
Professor Jamil	Hidrolândia	1332,
Ouro verde de Goiás	Petrolina de Goiás	4290,0
Terezopolis de Goiás	Goiânia	7131,6
São Miguel do Passa quarto	Goiânia	81362,3
São Miguel do Passa quarto	Orizona	849,7
Marzagão	Caldas novas	1350,0

Tabela 11 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 2.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviado (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
1	Abadiânia	41287,2	0,0	41287,0	0,0
3	Alexânia	6435,6	0,0	6435,6	0,0
4	Anápolis	-113668,0	113668,0	0,0	0,0
5	Ananguera	1530,0	0,0	1530,0	0,0
6	Aparecida de Goiânia	705,6	0,0	705,6	0,0
7	Bela Vista de Goiás	30480,0	0,0	30480,0	0,0
8	Bonfinópolis	4472,4	0,0	4472,4	0,0
9	Buriti Alegre	32551,2	0,0	32551,2	0,0
10	Caldazinha	4845,6	0,0	4845,6	0,0
11	Campo Alegre de Goiás	107826,0	0,0	0,0	107826,0
12	Catalão	99092,4	34914,0	0,0	134006,0
13	Cidade Ocidental	21996,0	0,0	21996,0	0,0
14	Corumbá de Goiás	17444,4	0,0	17444,4	0,0
15	Corumbá	35184,0	0,0	35184,0	0,0
16	Cristalina	1050883,2	0,0	0,0	1050883,0
17	Cromínia	9540,0	0,0	9540,0	0,0
18	Cumari	4957,2	0,0	4957,2	0,0
19	Davinópolis	5128,8	0,0	5128,8	0,0
20	Gameleira de Goiás	134978,4	0,0	38194,3	968784,0
21	Goianápolis	5118,0	0,0	5118,0	0,0
22	Goiandira	10696,8	1152	11848,8	0,0
23	Goianésia	-16090,7	16090,7	0,0	0,0

Continua Tabela 11 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 2.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviado (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
24	Goiânia	-201202,7	201202,7	0,0	0,0
25	Hidrolândia	3564,0	10872	14436,0	0,0
26	Ipameri	94164,0	0,0	0,0	94164,0
27	Leopoldo de Bulhões	17856,0	0,0	17856,0	0,0
28	Luziânia	270258,0	58458,0	0,0	328716,0
29	Mairipotaba	21390,0	0,0	21390,0	0,0
30	Morrinhos	9654,0	0,0	9654,0	0,0
31	Nerópolis	1620,0	0,0	1620,0	0,0
32	Nova Aurora	1152,0	0,0	1152,0	0,0
33	Orizona	139826,4	849,7	0,0	140676,1
34	Ouvidor	9180,0	0,0	9180,0	0,0
35	Palmelo	2325,6	0,0	2325,6	0,0
36	Petrolina de Goiás	-10336,0	10336,0	0,0	0,0
37	Piracanjuba	119743,2	0,0	0,0	119743,2
38	Pirenópolis	25070,4	0,0	25070,4	0,0
39	Pires do Rio	-70687,2	72842,4	0,0	2155,2
40	Rio Quente	1956,0	0,0	1956,0	0,0
41	Santa Cruz de Goiás	48444,0	0,0	48444,0	0,0
42	Santo Antônio do Descoberto	36462,0	0,0	36462,0	0,0
43	São Francisco de Goiás	4134,0	0,0	4134,0	0,0
44	Senador Canedo	5160,0	0,0	5160,0	0,0
45	Silvânia	149738,4	0,0	0	149738,4
46	Três Ranchos	3799,2	0,0	3799,2	0,0
47	Urutaí	22072,8	0,0	22072,8	0,0
48	Vianópolis	654,0	0,0	654	0,0
49	Caldas novas	109230,0	83133,0	0	192363,6
50	Campo limpo de Goiás	3238,8	0,0	3238,8	0,0
51	Cristianópolis	9559,2	0,0	9559,2	0,0
52	Professor Jamil	1332,0	0,0	1332	0,0
53	Ouro verde de Goiás	4290,0	0,0	4290	0,0
54	Terezopolis de Goiás	2013,6	5118,0	7131,6	0,0
55	São Miguel do Passa quarto	82212,0	0,0	82212	0,0
56	Marzagão	1350,0	0,0	1350	0,0

### 4.3 Análise dos resultados obtidos para o Grupo 3

Para este grupo foram selecionados 54 municípios pertencentes as regiões do sul goiano e parte de nordeste de Goiás (Figura 12) . O déficit regional de armazenagem computado foi igual a 3.607.719 ton. Selecionou-se 27 municípios como candidatos à instalação de unidades armazenadoras. Quinze municípios com superávit de armazenagem Acreúna, Anicuns, Baliza, Bom Jardim de Goiás, Castelândia, Edéia, Maurilândia, Palmeiras de Goiás, Piranhas, Porteirão, Portelândia, Quirinópolis, Santa Helena de Goiás, Santo Antônio da Barra, São Luís de Montes Belos e 12 com déficit Caiapônia, Chapadão do Céu, Jataí, Jussara, Mineiros, Montes Claros de Goiás, Montividiu, Paraúna, Perolândia, Rio Verde, São João da Paraúna, Serranópolis, estes mostrados na Figura 20. A minimização realizada para o Grupo 3 obteve o custo de R\$9.943.639,00 para a movimentação de grãos entre os municípios. Treze municípios foram selecionados pelo modelo de otimização para receber unidades armazenadoras de grãos. São os seguintes: Caiapônia, Chapadão do Céu, Jataí, Jussara, Mineiros, Montes Claros de Goiás, Montividiu, Paraúna, Rio Verde, São João da Paraúna, Serranópolis e Perolândia, único com superávit de armazenagem. As respectivas capacidades e percentuais em relação ao déficit regional de armazenagem estão na Tabela 12.

Tabela 12 - Capacidade de armazenagem a ser instalada nos municípios do Grupo 3 com os respectivos percentuais relativos à capacidade total.

<b>Município</b>	<b>Capacidade (ton)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Caiapônia	289.330,1	8,0
Chapadão do Céu	204.914,4	5,7
Jataí	867.631,2	24,0
Jussara	93.207,6	2,6
Mineiros	413.637,6	11,5
Montes Claros de Goiás	84.814,8	2,4
Montividiu	116.374,8	3,2
Paraúna	380.045	10,5
Perolândia	440.256	12,2
Portelândia	20.556,5	0,6
Rio Verde	339.586,1	9,4
São João da Paraúna	128.815,2	3,6
Serranópolis	228.550	6,3
<b>TOTAIS</b>	<b>3.607.719</b>	<b>100%</b>

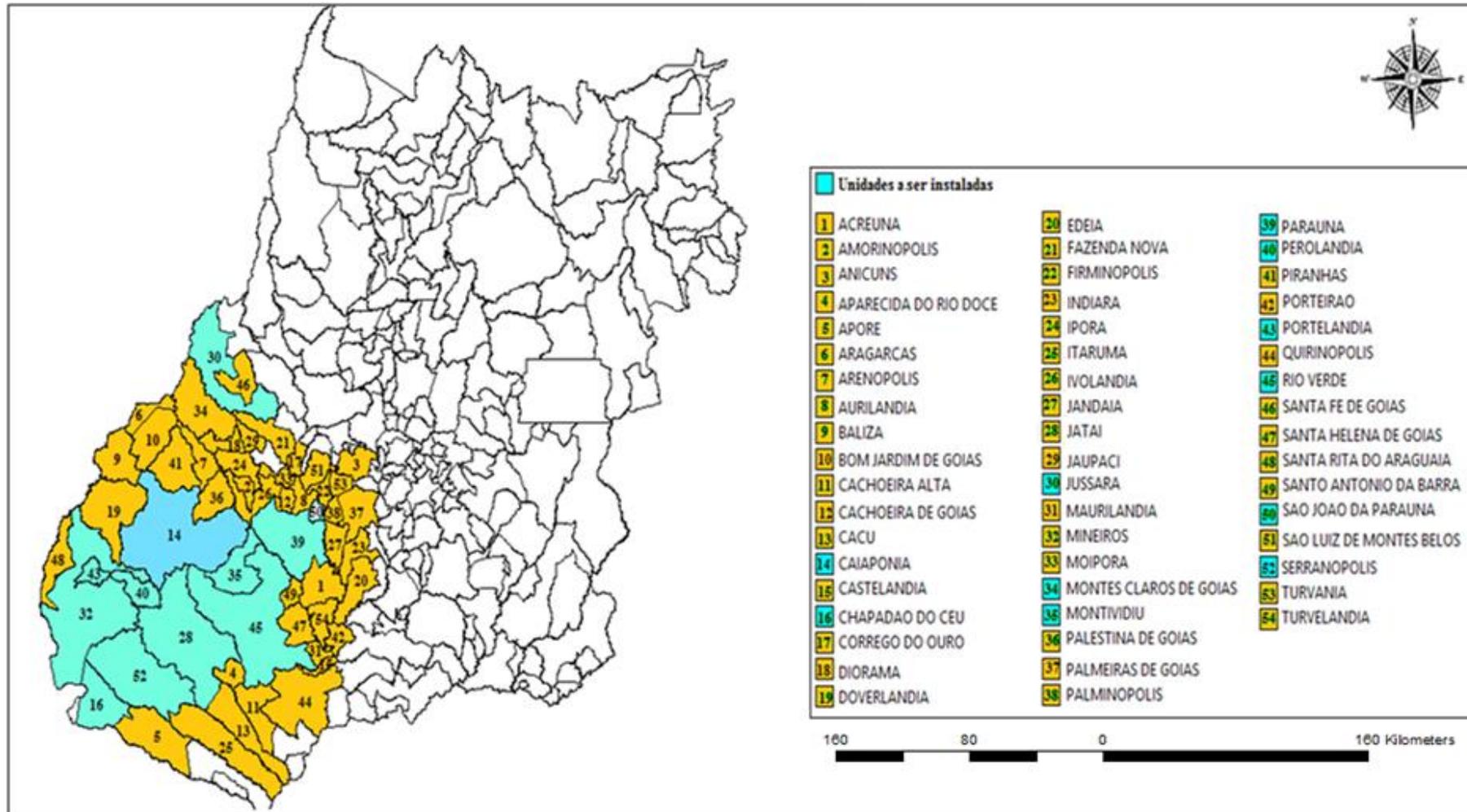


Figura 20 Municípios com déficit de armazenagem escolhidos como candidatos para receberem unidades armazenadoras no Grupo 3.

A produção total de grãos dos municípios listados na tabela anterior equivale a 85,6% da produção total do Grupo 3 enquanto o déficit de armazenagem totalizado, nestes municípios, atinge 90,4% do grupo.. Os déficits percentuais de armazenagem em cada município podem ser conferidos na Figura 19.

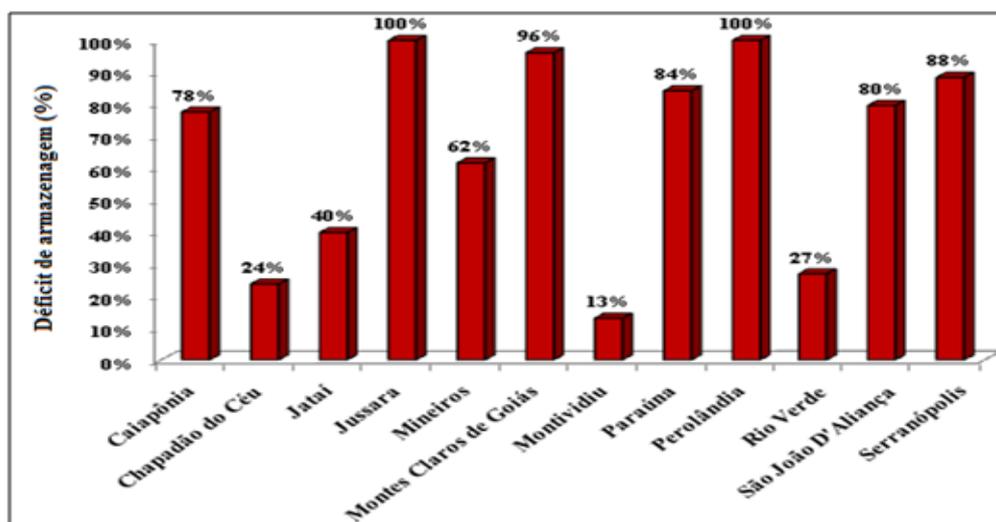


Figura 19 -Municípios com déficit de armazenagem dos municípios selecionados para receber unidades armazenadoras no Grupo 3.

A Figura 21 revela a movimentação de grãos entre os municípios do Grupo 3. Percebe-se que além das localidades de Chapadão do Céu, Montes Claros de Goiás, Montividiu, Perolândia e Serranópolis, que receberam unidades armazenadoras, em outros dois municípios também não houve movimentação de grãos. Verificou-se novamente a situação na qual alguns municípios comportaram-se como entrepostos no escoamento dos grãos. As quantidades e os destinos dos grãos movimentados entre os municípios destacados na Figura 20 estão discriminados na Tabela 13.

Uma peculiaridade no cenário estudado no Grupo 3, em comparação foi a situação de municípios como Doverlândia, Jandai e Turvânia, por exemplo, enviarem produtos para mais de um município. Este fato comprova o efeito benigno da otimização ao parcelar a quantidade de grãos excedente em vários destinos ao invés de enviá-lo para um município somente, buscando a redução dos custos na movimentação da safra. A Tabela 14, mostra a quantidade de produto enviado e recebido em cada município do Grupo 3, tendo em conta o balanço de massa em cada município. Como ocorreu no estudo do grupo anterior, para o município de Pires do Rio, o município de Portelândia, superavitário na capacidade de armazenagem, também foi selecionado para receber unidades armazenadora para compensar a quantidade de grãos a ele enviada, além da sua capacidade ociosa.

Tabela 13 - Quantidades de grãos movimentadas entre os municípios do Grupo 3

Município que envia produto	Município que recebe produto	Quantidade de produto (t)
Amorinópolis	Acreúna	58447,2
Aparecida do Rio Doce	Acreúna	2574,0
Aporé	Acreúna	11116,8
Aragarças	Bom Jardim de Goiás	90,0
Arenópolis	Acreúna	26617,9
Arenópolis	Piranhas	790,0
Aurilândia	Acreúna	94240,6
Cachoeira Alta	Acreúna	4300,8
Cachoeira de Goiás	Aurilândia	402,0
Caçu	Quirinópolis	5364,0
Córrego do Ouro	São Luis de Montes Belos	110,4
São Luis de Montes Belos	Iporá	3812,4
Doverlândia	Baliza	14756,2
Doverlândia	Bom Jardim de Goiás	74,2
Doverlândia	Caiapônia	12792,5
Fazenda Nova	São Luis de Montes Belos	1416,0
Firminópolis	São Luis de Montes Belos	1396,0
Indiara	Edéia	37921,2
Iporá	Amorinópolis	16044,0
Itarumã	Quirinópolis	10248,0
Ivolândia	Aurilândia	7231,2
Jandaia	Indiara	28365,1
Jandaia	Palminópolis	19532,2
Jandaia	Porteirão	7692,7
Jaupaci	São Luis de Montes Belos	1908,0
Jussara	Castelândia	48366,5
Maurilândia	São Luis de Montes Belos	1002,0
Palestina de Goiás	Amorinópolis	38665,2
Palmeiras de Goiás	Palmeiras de Goiás	27548,6
Palminópolis	Aurilândia	85035,4
Palminópolis	São Luis de Montes Belos	2894,4
Rio Verde	Maurilândia	48395,3
Rio Verde	Mineiros	41705,8
Rio Verde	Moiporá	105668,2
Rio Verde	Montes Claros de Goiás	22955,5

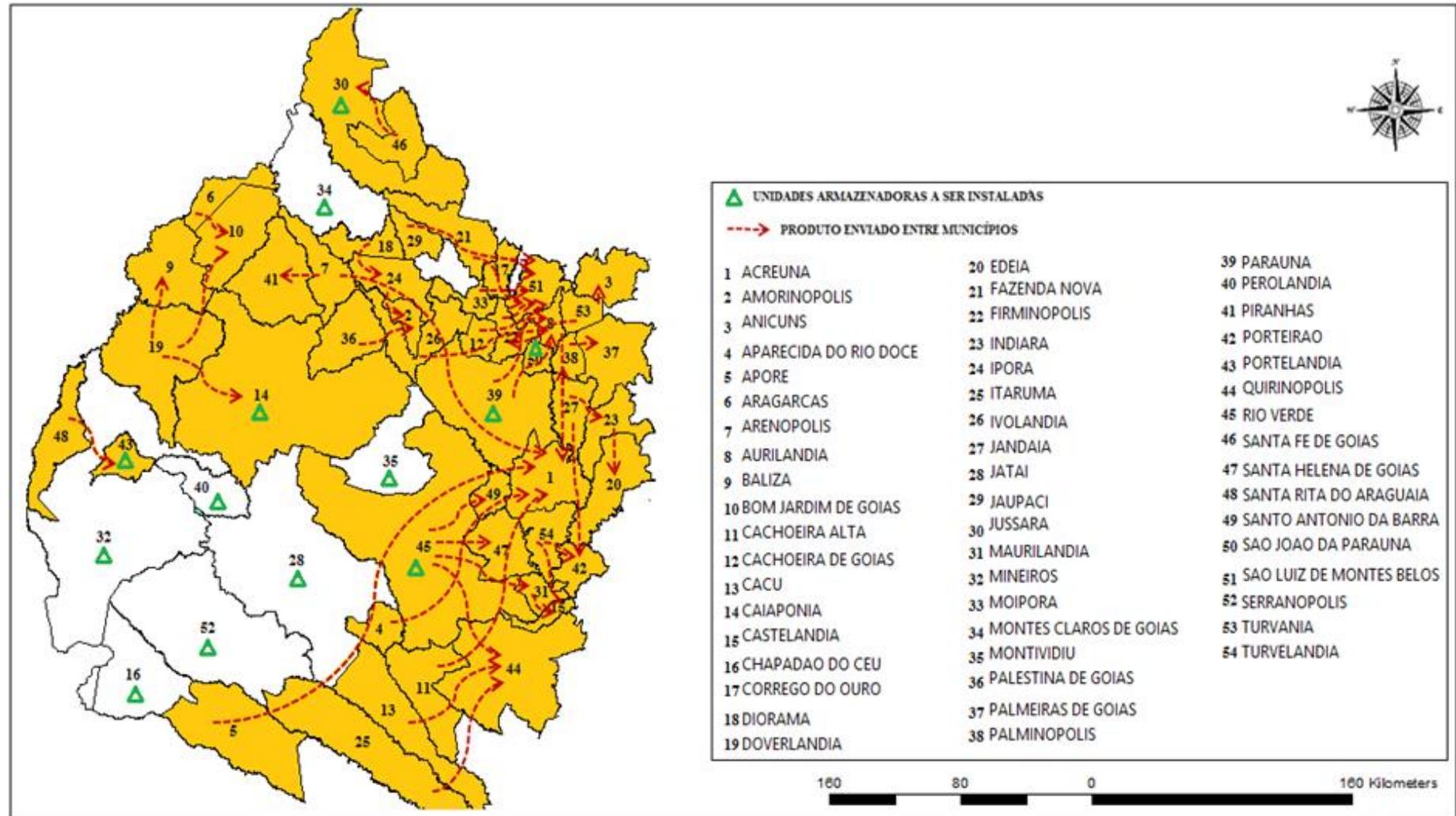


Figura 21 - Mapa do roteiro de envio de grãos entre os municípios do Grupo 3.

Tabela 14 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 3.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviado (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
1	Acreúna	-197297,3	197297,3	0,0	0,0
2	Amorinópolis	3738,0	54709,2	58447,2	0,0
3	Anicuns	-13123,2	13123,2	0,0	0,0
4	Aparecida do Rio Doce	2574,0	0,0	2574,0	0,0
5	Aporé	11116,8	0,0	11116,8	0,0
6	Aragarças	90,0	0,0	90,0	0,0
7	Arenópolis	27408,0	0,0	27408,0	0,0
8	Aurilândia	1572,0	92668,6	94240,6	0,0
9	Baliza	-14756,2	14756,2	0,0	0,0
10	Bom Jardim de Goiás	-164,2	164,2	0,0	0,0
11	Cachoeira Alta	4300,8	0,0	4300,8	0,0
12	Cachoeira de Goiás	402,0	0,0	402,0	0,0
13	Caçu	5364,0	0,0	5364,0	0,0
14	Caiapônia	276537,6	12792,5	0,0	289330,1
15	Castelândia	-79122,2	79122,2	0,0	0,0
16	Chapadão do Céu	204914,4	0,0	0,0	204914,4
17	Córrego do Ouro	110,4	0,0	110,4	0,0
18	Diorama	3812,4	0,0	3812,4	0,0
19	Doverlândia	27622,8	0,0	27622,8	0,0
20	Edéia	-37921,9	37921,9	0,0	0,0
21	Fazenda Nova	1146,0	0,0	1146,0	0,0
22	Firminópolis	0,0	1396,8	1396,8	0,0
23	Indiara	9556,8	28365,1	37921,9	0,0
24	Iporá	12231,6	3812,4	16044,0	0,0
25	Itarumã	10248,0	0,0	10248,0	0,0
26	Ivolândia	7231,2	0,0	7231,2	0,0
27	Jandaia	55590,0	0,0	55590,0	0,0
28	Jataí	867631,2	0,0	0,0	867631,2
29	Jaupaci	1908,0	0,0	1908,0	0,0
30	Jussara	91543,2	1664,4	0,0	93207,6
31	Maurilândia	-28,8	48395,3	48366,5	0,0
32	Mineiros	413637,6	0,0	0,0	413637,6
33	Moiporá	1002,0	0,0	1002,0	0,0

Continua Tabela 14 - Situação quanto à capacidade de armazenagem, quantidade de produto movimentada e capacidade de armazenagem instalada em cada município do Grupo 3.

	Município	Déficit (+) ou Superávit (-) de armazenagem (t)	Quantidade de produto recebida (t)	Quantidade de produto enviado (t)	Capacidade de armazenagem instalada (t)
34	Montes Claros de G	84814,8	0,0	0,0	84814,8
35	Montividiu	116374,8	0,0	0,0	116374,8
36	Palestina de Goiás	38665,2	0,0	38665,2	0,0
37	Palmeiras de Goiás	-27548,2	27548,2	0,0	0,0
38	Palminópolis	8016,0	19532,2	27548,2	0,0
39	Paraúna	467974,8	0,0	87929,8	380045,0
40	Perolândia	440256,0	0,0	0,0	440256,0
41	Piranhas	-790,1	790,1	0,0	0,0
42	Porteirão	-56103,4	56103,4	0,0	0,0
43	Portelândia	-12083,5	32640,0	0,0	20556,5
44	Quirinópolis	-57317,7	57317,7	0,0	0,0
45	Rio Verde	558310,8	0,0	218724,7	339586,1
46	Santa Fé de Goiás	1664,4	0,0	1664,4	0,0
47	Santa Helena de Goiás	-105668,2	105668,2	0,0	0,0
48	Santa Rita do Araguaia	32640,0	0,0	32640,0	0,0
49	Santo Antônio da B	- 22955,5	22955,52	0,0	0,0
50	São João D'Aliança	128815,2	0,0	0,0	128815,2
51	São Luis de Montes B	-8457,6	8457,6	0,0	0,0
52	Serranópolis	228550,8	0,0	0,0	228550,0
53	Turvânia	14520,0	0,0	14520,0	0,0
54	Turvelândia	79166,4	0,0	79166,4	0,0

## 5. CONCLUSÕES

A rede de armazenamento estudada no estado de Goiás é representada por 247 unidades armazenadoras localizadas em 90 municípios com capacidade estática de 13.626.308t, e apresenta um 60,3% de déficit na sua capacidade de armazenamento, onde os maiores déficit se localizam na mesorregião do Sul de Goiás, detentora dos maiores níveis de produção. Além da insuficiência de armazenes que cobram o total da produção do estado, constatou-se que a distribuição dos armazéns é de forma desigual, distante e escassa. Esta situação provoca o congestionamento da cadeia logística em momento de safra. E o aumento nos custos unitários de movimentação de grãos entre os municípios. Neste trabalho estudou-se a otimização, utilizando modelagem matemática, da alocação de unidades armazenadoras em regiões pré-determinadas do estado de Goiás visando a anulação do déficit regional de armazenagem. Obteve-se também, como resultado, a minimização dos custos logísticos de movimentação dos grãos produzidos em municípios com déficit de armazenagem para aqueles com capacidade superavitária e/ou para municípios selecionados para receber unidades armazenadoras. O modelo de otimização desenvolvido, baseado no modelo geral de redes de fluxo mínimo, revelou-se adequado para o emprego em problemas similares ao estudado neste trabalho. Entretanto, aprimoramentos são necessários visando a aplicabilidade prática do mesmo em situações reais, tais como: □ Detalhamento dos custos envolvidos no transporte do produto considerando os diversos modais existentes e o tipo de veículo utilizado.

- Custos de transbordo dos grãos, visando contornos mais realistas para as soluções fornecidas pelo modelo, que destinou volume produto a municípios deficitários, reencaminhando-o, em seguida, para outro município com capacidade disponível para recebê-lo.
  - Limitação das capacidades máximas e mínimas das unidades armazenadoras. Neste sentido dever ser considerado o custo de instalação dessas unidades sob a ótica da capacidade estática modular.
- 67.
- Desenvolvimento de metodologia matemática para auxiliar na definição do cenário mais adequado onde se escolheria o conjunto de municípios candidatos a receber unidades armazenadoras.

- Emprego de técnica de programação linear multiperiódica para avaliar o efeito da entrada e saída de grãos, ao longo do tempo, no perímetro geográfico configurado pelos municípios que compõem a região estudada.
- Custos de armazenamento, em relação aos armazéns cadastrados por entidade (oficial, cooperativa e privada), e por localização (fazenda, rural, urbana e portuária).

O modelo matemático de otimização desenvolvido revelou-se adequado para o estudo proposto, pois zerou o déficit de armazenamento nos grupos estudados, revelou a movimentação e onde podem ser alocadas as unidades armazenadora. Agregando melhorias como as sugeridas, ele pode se constituir numa adequada ferramenta para ser aplicada no setor do estudo e planejamento da logística de armazenagem e escoamento de grãos.

## REFERENCIAS

ALVARENGA. A. C., GALVÃO. A. **Logística aplicada, suprimento e distribuição física**. 3 ed. São Paulo: Blücher, 2000.

AZEVEDO, L. F., PINHEIRO. T., GONÇALVES. A., SCHWANS. F.. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil**. In: I ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. 14p. Outubro 2008. Disponível em [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_069\\_492\\_11589.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_492_11589.pdf). Acesso em 11 de janeiro de 2013.

BALLOU. R. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5 ed., São Paulo: Bookman, 2006.

BALLOU. R. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas 2011.

BOWERSOX. D. J.; CLOSS. D. J.; COOPER. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. São Paulo: Bookman, 2007.

BOWERSOX. D. J., CLOSS. D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX. D. J.; CLOSS. D. J.; COOPER. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. São Paulo: Mc Graw Hill, 2002

BALLOU. R. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5 ed. São Paulo: Bookman, 2006.

BORGES, M.; SILVA, A.M.V.; SANTOS, B.A; SILVA, E.G.; TEIXEIRA,J.F.; CARAGÉ,R.S.; **Tipos de Armazéns**. Guarulhos, 2009.

BOWERSOX. D. J., CLOSS. D. J., COOPER. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. São Paulo: Bookman, 2007.

CAIXETA. J. V. **Sistema de transporte e logística: conceitos básicos e modelagem matemática**. 3.ed. Pinera Thomson, 2005.

CNA.,Confederação Nacional da Agricultura. **Capacidade de armazenamento e escoamento da produção agrícola**. 2012. Disponível em: <http://www.icna.org.br/sites/default/files/relatorio/RELAT%C3%93RIO%20DE%20INTELI%20G%C3%80NCIA2%20-%20Novembro%202012.PDF>. Acesso em 20 Aug.2013.

CONAB., Companhia Nacional de Abastecimento. **Capacidade estática dos armazéns**. . Disponível em: <http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1077&t=2>. Acesso em: 05 jun. 2013.

CORREIA. D., TONIAL. E., DALLA. G., POSTA. R., CARVALHO. A. **Análise Logística de Redes de Transporte de Grãos no Território Brasileiro**. In: ADM, CONGRESO

INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO. 2012. Gestão estratégica: Empreendedorismo e Sustentabilidade. Setembro.

FERRARI, R. C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no estado de Mato Grosso.** Dissertação de mestrado em Ciências, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. 186 p.

FOGLIATTO. F. **Pesquisa operacional.** 1997. Disponível em <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382\\_po\\_apostila\\_completa\\_mais\\_livro.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382_po_apostila_completa_mais_livro.pdf)>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013.

GALLARDO. P., STUPELLO. B., KREPEL. D. J., LUNA. J. S. MENDES. M. de O. **Avaliação da capacidade da infraestrutura de armazenagem para os grãos agrícolas produzidos no Centro-Oeste brasileiro.** Projeto de pesquisa financiado pela FINEP e CNPq. 2009. Disponível em [http://www.ipen.org.br/downloads/XXI/166\\_P\\_\\_Gallardo\\_Alfonso.pdf](http://www.ipen.org.br/downloads/XXI/166_P__Gallardo_Alfonso.pdf). Acesso em 11 de janeiro de 2013.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. (Org). **Métodos de pesquisa.** 1 ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

GIOVINE. H., CHRIST. D. **Tudo sobre processos de armazenagem de grãos: um estudo de caso da região de Francisco Beltrão.** Ciências Sociais em Revistas. V 10, nº 18. 2010 p. 139 a 152.

GOOGLE MAPS. GOOGLE. Distancia entre dos puntos. Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em 20 Aug.2013.

GRATÃO. P. T da S. et al . **Análise do déficit de armazenagem de grãos no estado de Goiás.**In: IX Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola, 39 th, 2010, Vitória-ES.

IBGE., Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Lavouras - Produção Agrícola 2013 - Cereais, leguminosas e oleaginosas.** Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201303comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201303comentarios.pdf). Acesso em 20 Aug.2013.

KEFALÁS. O. A. M., CAIXETA. J.V. **Potencial da logística ferroviária para exportação de açúcar em São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodais.** Rev. Econ. Sociol. Rural vol.45 no.4 Brasília Out./Dec. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032007000400002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032007000400002). Acesso em 11 de janeiro de 2013.

MONTEIRO. A. dos S., DA SILVA. Z. F. **O Processo de Armazenagem Logística: O Trade-off entre Verticalizar ou Terceirizar.** In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2010. Ouro Preto-MG. 8p. Disponível em:[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENECEP2003\\_TR0112\\_1225.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENECEP2003_TR0112_1225.pdf). Acesso em 05 de fevereiro de 2013.

MOURA. B. de C. **Logística: conceitos e tendências.** 1ª edição. Portugal: Centro Atlântico. Ltda, 2006.

REVISTA GRÃOS BRASIL. Maringá, Paraná: 2013. Disponível em<<http://www.graosbrasil.com.br/noticias/>>. Acesso em 24 de janeiro de 2013.

SEGPLAN. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Governo do Estado de Goiás. **Goiás em dados.** 2011. Disponível em <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/godados2011.pdf>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013.

SIEG., Sistema Estadual de Geoinformação. Instituto Mauro Borges de estatística e estudos socioeconômicos (IMB). **Produção de grãos-quantidade produzida em toneladas, 2012.** Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 23 oct. 2013.

SIFRECA., Sistema de informações de fretes. Anuário 2012, **Momentos rodoviários.** Disponível em: <http://esalqlog.esalq.usp.br/files/biblioteca/606.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2013.

SILVEIRA. M. R., REBECHI. D., PRATI. C., CONTE. H. **Decisões Estratégicas na Logística do Agronegócio: Compensação de Custos Transporte-Armazenagem para a Soja no Estado do Paraná,** 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rac/v9n1/v9n1a04.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013.

TAHA, H.A. **Pesquisa Operacional.** 8. Ed. São Paulo: Pearson, 2010. 3559 p. ISBN 9788576051503.

## APÊNDICES

### Apêndice A - Produção de grãos nos municípios do estado de Goiás.

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Abadia de Goiás	4.080
Abadiânia	42.900
Acreúna	186.929
Adelândia	1.784
Água Fria de Goiás	253.060
Água Limpa	2.438
Águas Lindas de Goiás	608,4
Alexânia	28.794
Aloândia	8.810
Alto Horizonte	846
Alto Paraíso de Goiás	39.624
Alvorada do Norte	11.099
Amaralina	4.610
Americano do Brasil	4.620
Amorinópolis	3.738
Anápolis	19.172
Anhanguera	1.530
Anicuns	12.329
Aparecida de Goiânia	705,6
Aparecida do Rio Doce	2.574
Aporé	11.117
Araçu	8.364
Aragarças	90
Aragoiânia	1.548
Araguapaz	0

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Arenópolis	27.408
Aruanã	0
Aurilândia	1.572
Avelinópolis	5.950
Baliza	23.812
Barro Alto	24.156
Bela Vista de Goiás	30.480
Bom Jardim de Goiás	7.774
Bom Jesus de Goiás	387.162
Bonfinópolis	4.472
Bonópolis	20.724
Brazabrantes	5.011
Britânia	4.565
Buriti Alegre	49.793
Buriti de Goiás	96
Buritinópolis	2.803
Cabeceiras	286.018
Cachoeira Alta	4.301
Cachoeira de Goiás	402
Cachoeira Dourada	57.896
Caçu	5.364
Caiapônia	427.810
Caldas Novas	109.230
Caldazinha	4.846
Campestre de Goiás	5.954

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Campinaçu	6.906
Campinorte	37.205
Campo Alegre de Goiás	366.318
Campo Limpo de Goiás	3.239
Campos Belos	4.248
Campos Verdes	834
Carmo do Rio Verde	8.644
Castelândia	36.852
Catalão	540.504
Caturaí	5.608
Cavalcante	5.990
Ceres	2.453
Cezarina	9.000
Chapadão do Céu	1.039.393
Cidade Ocidental	21.996
Cocalzinho de Goiás	40.434
Colinas do Sul	2.088
Córrego do Ouro	110,4
Corumbá de Goiás	17.444
Corumbaíba	35.184
Cristalina	1.737.404
Cristianópolis	9.559
Crixás	2.736
Cromínia	9.540
Cumari	4.957

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Damianópolis	3.154
Damolândia	1.948
Davinópolis	5.129
Diorama	3.812
DISTRITO FEDERAL	675657,6
Divinópolis de Goiás	4.408
Doverlândia	37.511
Edealina	74.852
Edéia	187.608
Estrela do Norte	7.482
Faina	960
Fazenda Nova	1146
Firminópolis	8.533
Flores de Goiás	111.238
Formosa	115.889
Formoso	1156,8
Gameleira de Goiás	137.880
Goianápolis	5.118
GoianDIRA	10.697
Goianésia	17.928
Goiania	128,4
Goianira	4.680
Goiás	17.976
Goiatuba	381.816
Gouvelândia	25.788

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Guapó	4.716
Guaraíta	1.836
Guarani de Goiás	1.818
Guarinos	1.728
Heitoraí	8.567
Hidrolândia	3.564
Hidrolina	10.896
Iaciara	2.352
Inaciolândia	63.755
Indiara	46.277
Inhumas	19.385
Ipameri	606.373
Ipiranga de Goiás	3.326
Iporá	12.232
Israelândia	343,2
Itaberaí	128.964
Itaguari	9.324
Itaguaru	5.376
Itajá	0
Itapaci	5.206
Itapirapuã	0
Itapuranga	6.672
Itarumã	10.248
Itauçu	6.030
Itumbiara	177.924
Ivolândia	7.231
Jandaia	55.590
Jaraguá	27.156
Jataí	2.618.728

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Jaupaci	1.908
Jesópolis	1180,8
Joviânia	119.910
Jussara	93.703
Lagoa Santa	0
Leopoldo de Bulhões	40.140
Luziânia	552.338
Mairipotaba	21.390
Mambaí	7.330
Mara Rosa	3.732
Marzagão	1.350
Matrinchã	7.614
Maurilândia	34.416
Mimoso de Goiás	34.138
Minaçu	2.874
Mineiros	805.828
Moiporá	1002
Monte Alegre de Goiás	7.793
Montes Claros de Goiás	105.943
Montividiu	1.077.245
Montividiu do Norte	9.000
Morrinhos	162.343
Morro Agudo de Goiás	710,4
Mossâmedes	1015,2
Mozarlândia	1.650
Mundo Novo	7.978
Mutunópolis	1.663
Nazário	7.781
Nerópolis	1.620

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Niquelândia	160.691
Nova América	360
Nova Aurora	1152
Nova Crixás	12.240
Nova Glória	3.965
Nova Iguaçu de Goiás	793,2
Nova Roma	6.215
Nova Veneza	3.658
Novo Brasil	0
Novo Gama	5.918
Novo Planalto	26.520
Orizona	144.643
Ouro Verde de Goiás	4.290
Ouvidor	9.180
Padre Bernardo	139.496
Palestina de Goiás	38.665
Palmeiras de Goiás	86.460
Palmelo	2.326
Palminópolis	8.016
Panamá	29.924
Paranaiguara	3.203
Paraúna	666.680
Perolândia	477.869
Petrolina de Goiás	11.700
Pilar de Goiás	561,6
Piracanjuba	184.117

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Piranhas	12.912
Pirenópolis	25.070
Pires do Rio	21.464
Planaltina	104.922
Pontalina	81.744
Porangatu	36.324
Porteirão	81.328
Portelândia	232.644
Posse	14.210
Professor Jamil	1.332
Quirinópolis	138.979
Rialma	5.402
Rianópolis	1.762
Rio Quente	1.956
Rio Verde	2.494.232
Rubiataba	2.862
Sanclerlândia	1.920
Santa Bárbara de Goiás	6.584
Santa Cruz de Goiás	48.444
Santa Fé de Goiás	1.664
Santa Helena de Goiás	362.138
Santa Isabel	2.136
Santa Rita do Araguaia	32.640
Santa Rita do Novo Destino	20.700
Santa Rosa de Goiás	3.288

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
São Domingos	6.062
São Francisco de Goiás	4.134
São João D'Aliança	194.150
São João da Paraúna	22.830
São Luis de Montes Belos	6.228
São Luiz do Norte	8.633
São Miguel do Araguaia	24.672
São Miguel do Passa Quatro	82.212
São Patrício	1.993
São Simão	1.728
Senador Canedo	5.160
Serranópolis	310.262
Silvânia	389.990
Simolândia	2.072
Sítio D'Abadia	24.161
Taquaral de Goiás	4.619

<b>Cidade</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Teresina de Goiás	488,4
Terezópolis de Goiás	2.014
Três Ranchos	3.799
Trindade	19.596
Trombas	22.008
Turvânia	14.520
Turvelândia	152.126
Uirapuru	1.506
Uruaçu	66.192
Uruana	38.666
Urutaí	22.073
Valparaíso de Goiás	0
Varjão	6.648
Vianópolis	180.805
Vicentinópolis	130.039
Vila Boa	9.590
Vila Propício	73.068

Fonte: IMB, 2013

**Apêndice B - Capacidade estática de armazenamento nos municípios do estado de Goiás.**

**Tabela B - Capacidade estática de armazenamento de grãos em toneladas cadastrada nos municípios do estado de Goiás**

Município	Convencional		Granel		Total	
	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)
Abadiânia			1	1344	1	1344
Acreúna	12	33959	9	327333	21	361292
Adelândia	1	3564			1	3564
Água Fria de Goiás	16	45324	15	86723	31	132047
Alexânia			4	18632	4	18632
Alto Paraíso de Goiás	1	373	4	14598	5	14971
Alvorada do Norte	1	1890	2	4971	3	6861
Americano do Brasil	3	9656			3	9656
Anápolis	5	21268	7	136794	12	158062
Anicuns			1	23944	1	23944
Baliza			1	35214	1	35214
Bom Jardim de Goiás	1	6649			1	6649
Bom Jesus de Goiás	6	17069	19	460570	25	477639
Bonópolis	1	2160	1	3300	2	5460
Buriti Alegre	1	4027	2	10341	3	14368
Cabeceiras	2	3766	6	45820	8	49586
Cachoeira Dourada	2	5070	1	33467	3	38537
Caiapônia	4	19368	7	106692	11	126060
Campo Alegre de Goiás	7	37902	15	177508	22	215410

Município	Convencional		Granel		Total	
	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)
Castelândia			3	113129	3	113129
Catalão	5	24580	28	343263	33	367843
Chapadão do Céu	18	46523	44	648876	62	695399
Cristalina	38	109927	45	462174	83	572101
Doverlândia	4	8240			4	8240
Edealina	1	2200	1	39703	2	41903
Edéia	1	26712	8	169130	9	195842
Flores de Goiás	1	790	6	15952	7	16742
Formosa	6	15530	14	101118	20	116648
Gameleira de Goiás			1	2418	1	2418
Goianésia	9	35910	2	9200	11	45110
Goiânia	4	270500	8	106862	12	377362
Goiatuba	7	38438	13	280525	20	318963
Inaciolândia			8	123504	8	123504
Indiara			1	30600	1	30600
Ipameri	4	12768	12	414073	16	426841
Itaberaí	1	2750	3	99399	4	102149
Itapuranga	2	2589	1	7000	3	9589

Município	Convencional		Granel		Total	
	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)
<b>Itumbiara</b>	5	15303	11	224197	16	239500
<b>Jaraguá</b>	1	4392	1	14857	2	19249
<b>Jataí</b>	4	6511	47	1452737	51	1459248
<b>Joviânia</b>	1	2250	5	107939	6	110189
<b>Jussara</b>	1	1800			1	1800
<b>Leopoldo de Bulhões</b>			2	18570	2	18570
<b>Luziânia</b>	9	22493	20	212574	29	235067
<b>Mara Rosa</b>	3	6768			3	6768
<b>Maurilândia</b>			1	28710	1	28710
<b>Mineiros</b>	17	49380	23	277445	40	326825
<b>Montes Claros de Goiás</b>	1	5400	2	12207	3	17607
<b>Montividiu</b>	5	16606	38	784119	43	800725
<b>Morrinhos</b>			8	127241	8	127241
<b>Niquelândia</b>	3	6534	2	12943	5	19477
<b>Novo Planalto</b>	3	26184			3	26184
<b>Orizona</b>			1	4014	1	4014
<b>Padre Bernardo</b>	1	1100	2	4689	3	5789
<b>Palmeiras de Goiás</b>	2	5740	4	95006	6	100746
<b>Panamá</b>			1	15526	1	15526
<b>Paranaiguara</b>	1	4050	1	56622	2	60672
<b>Paraúna</b>	5	19070	7	146518	12	165588

<b>Município</b>	<b>Convencional</b>		<b>Granel</b>		<b>Total</b>	
	<b>Quantidade</b>	<b>Capacidade (t)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Capacidade (t)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Capacidade (t)</b>
<b>Paraúna</b>	5	19070	7	146518	12	165588
<b>Perolândia</b>			4	31344	4	31344
<b>Petrolina de Goiás</b>			1	22670	1	22670
<b>Piracanjuba</b>			4	53645	4	53645
<b>Piranhas</b>	3	11583			3	11583
<b>Pires do Rio</b>			3	106246	3	106246
<b>Planaltina</b>			3	7380	3	7380
<b>Pontalina</b>	1	3240	4	98024	5	101264
<b>Porangatu</b>			1	22990	1	22990
<b>Porteirão</b>	2	4650	3	121564	5	126214
<b>Portelândia</b>			4	206457	4	206457
<b>Posse</b>			2	22060	2	22060
<b>Quirinópolis</b>	4	26918	4	148604	8	175522
<b>Rialma</b>	1	400	1	180	2	580
<b>Rio Verde</b>	20	87220	65	1526048	85	1613268
<b>Sanclerlândia</b>	1	10867			1	10867
<b>Santa Helena de Goiás</b>	10	52077	15	355176	25	407253
<b>Santa Rita do Novo Destino</b>			1	2000	1	2000
<b>Santo Antônio da Barra</b>	1	1600	3	57032	4	58632
<b>São João d'Aliança</b>	7	17718	7	36728	14	54446
<b>São Luís de Montes Belos</b>			1	14000	1	14000

Município	Convencional		Granel		Total	
	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)	Quantidade	Capacidade (t)
São Luíz do Norte	1	4819			1	4819
São Miguel do Araguaia	1	5850			1	5850
São Simão			7	151836	7	151836
Serranópolis			4	68093	4	68093
Silvânia	6	20011	10	180199	16	200210
Sítio d'Abadia	1	1300	3	7745	4	9045
Trindade			1	5729	1	5729
Turvelândia	4	30800	1	30000	5	60800
Uruaçu	4	15985	3	94139	7	110124
Uruana	1	2396			1	2396
Vianópolis	3	14635	7	135491	10	150126
Vicentinópolis			6	290402	6	290402
<b>Total Geral</b>	<b>297</b>	<b>1315152</b>	<b>637</b>	<b>11845873</b>	<b>934</b>	<b>13161025</b>

Fonte: CONAB, 2013

## Apêndice C - Estrutura de programação do modelo no software LINGO 9.0

```

MODEL:
TITLE DEFICIT GOIAS;

!LISTA DE VARIÁVEIS
CUST : "Custo" de enviar o produto de uma cidade para outra (km),
PROD : Quantidade de produto enviado de uma cidade para outra (ton),
CAI  : Capacidade de armazenagem a ser instalada em cada cidade (ton),
SD   : Superavit (-, destino de produto)oudeficit (+, fonte de produto) de
armazenagem em cada cidade (ton),
CAPMIN: Capacidade mínima de armazenagem a ser instalada em cada cidade
(ton),
CAPMAX: Capacidade máxima de armazenagem a ser instalada em cada cidade
(ton),
DEF  : Defict global de armazenagem no estado de Goiás (ton),
ENV  : Quantidade de produto enviada por cada cidade (ton),
REC  : Quantidade de produto recebida por cada cidade (ton);

!CONJUNTOS;
SETS:
    CID/1..46/: CAI, PRD, CARM, SD, CAPMAX, CAPMIN, ENV, REC;
    LINK(CID,CID): CUST, PROD;
ENDSETS

!DADOS;
DATA:
!IMPORTANDO DADOS DO EXCEL;
    CUST, PRD, CARM, SD, CAPMIN, CAPMAX =
OLE('C:\Users\CAROC\Documents\SIMULACA3.XLSX');
ENDDATA

!FUNÇÃO OBJETIVO: NINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DE REMOÇÃO DOS GRÃOS ($ ou KM);
MIN = @SUM(LINK(I,J) : CUST(I,J) * PROD(I,J)) +
      @SUM(LINK(J,I) : CUST(J,I) * PROD(J,I));

!RESTRIÇÕES

!CÁLCULO DO SUPERAVIT (-, DESTINO DE PRODUTO) OU DEFICIT (+, FONTE DE
PRODUTO) DE ARMAZENAGEM EM CADA CIDADE (TON);
!@FOR(CID(I) :
    SD(I) = PRD(I) - CARM(I));

!VARIÁVEIS LIVRES PARA O DEFICIT/SUPERAVIT DE ARMAZENAGEM NAS CIDADES;
@FOR(CID(I) :
    @FREE(SD(I)));

!CÁLCULO DEFICIT GLOBAL DE ARMAZENAGEM NO ESTADO DE GOIAS (TON);
DEFCT =
    @SUM(CID(I) : SD(I));

!BALANÇO DE ENTRADA E SAÍDA DE PRODUTO EM CADA CIDADE CONSIDERANDO AS
UNIDADES DE ARMAZENAGEM A SEREM CONSTRUÍDAS NAS CIDADES SELECIONADAS (TON);
@FOR(CID(I) :
    @SUM(CID(J) : PROD(I,J)) - @SUM(CID(J) : PROD(J,I)) + CAI(I) =
SD(I));

```

```
!CAPACIDADE MÁXIMA DE ARMAZENAGEM A SER INSTALADA NAS CIDADES SELECIONADAS
(TON);
@FOR(CID(I) :
      CAI(I) <= CAPMAX(I));

!CAPACIDADE MÍNIMA DE ARMAZENAGEM A SER INSTALADA NAS CIDADES SELECIONADAS
(TON);
@FOR(CID(I) :
      CAI(I) >= CAPMIN(I));

!CAPACIDADES INSTALADAS NAS CIDADES SELECIONADAS DEVEM SUPRIR O DEFICIT DE
ARMAZENAGEM ESTADUAL (TON);
@SUM(CID(I) : CAI(I)) = DEFCT;

!QUANTIDADE DE PRODUTO ENVIADO PARA CADA CIDADE (TON);
@FOR(CID(I) :
      ENV(I) = @SUM(CID(J) : PROD(I,J)));

!QUANTIDADE DE PRODUTO RECEBIDO PARA CADA CIDADE (TON);
@FOR(CID(I) :
      REC(I) = @SUM(CID(J) : PROD(J,I)));

END
```