



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



LOCALIZAÇÃO DE FÁBRICAS MISTURADORAS DE ADUBO NA REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA: UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

LEANDRO BERNARDINO CARVALHO;

EESC

SÃO CARLOS - SP - BRASIL

lb.carvalho@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO ORAL

Comercialização, Mercados e Preços

LOCALIZAÇÃO DE FÁBRICAS MISTURADORAS DE ADUBO NA REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA: Uma Aplicação de Programação Linear

*(LOCALIZATION OF MIXER FERTILIZER PLANTS IN BRAZILIAN CENTER-WEST
REGION: An Application of Linear Programming)*

Grupo de Pesquisa: 1 – Comercialização, Mercados e Preços

Resumo

Atualmente, dois dos grandes desafios com os quais o agronegócio brasileiro, responsável por aproximadamente 33% do PIB nacional (SECEX, 2005), se depara em seu constante crescimento são a alta dependência de produtos químicos (fertilizantes) para que sua fronteira agrícola se expanda e, conseqüentemente, as enormes distâncias (e custos de transportes) que essas fronteiras impõem para que sejam vencidas, tanto para o recebimento de insumos de produção, quanto para o fornecimento de seus produtos finais. Particularmente, a região Centro-Oeste brasileira, formada pelos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal, se enquadra em ambos os pontos – possui grandes fronteiras agrícolas a serem exploradas e, ao mesmo tempo, se localiza a grandes distâncias dos principais portos de escoamento de sua produção e aquisição de insumos (especialmente, adubos e fertilizantes).

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo, através da elaboração de um modelo matemático de programação linear, indicar localizações para instalação de fábricas misturadoras de adubos que minimizem os custos de transporte envolvidos. Portanto, de forma geral, os dados levantados para a realização desse estudo dizem respeito, basicamente, aos custos de transportes envolvidos com a distribuição de matéria-prima e produto final entre os municípios envolvidos, bem como suas respectivas necessidades de consumo e capacidade de fornecimento. Observou-se, a partir dos resultados gerados, uma tendência bastante clara de instalações de fábricas misturadoras em locais que o acesso às matérias-primas envolvidas no processo produtivo se caracterizasse pela facilidade e pelo baixo custo. Um outro ponto bastante evidente nos resultados observado é a participação do modal ferroviário no processo de distribuição das principais matérias-primas.

Palavras-chaves: Logística, Transporte, Modelo matemático, Fertilizantes

Abstract

Currently, the Brazilian agribusiness is responsible for about 33% of the national PIB (SECEX, 2005) and face up to two of the great challenges in its constant growth which are the high dependence of chemical products (fertilizers) to expand its agricultural frontier and consequently, the big distance (and transports costs) that this frontiers impose to be overcome, as much for the receiving of production input as the supply of its final products. Particularly, the Brazilian center-west region, formed by the States of Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul and Distrito Federal, is inserted in both the points, has great agricultural frontiers to be explored and in the same time, is located so far of the main draining ports of its production and acquisition of inputs (specially fertilizers). Inside of this context and thought the elaboration of a mathematic model of linear programming, the present work had as objective to indicate localizations for mixers fertilizers plants installation which minimize the involved transport costs. Therefore, in general form, the data raised for the accomplishment of this study means of the involved transports costs with the distribution of raw material and final product between the involved cities, as its respective needs of consumption and supply capacity. With the results was observed a sufficiently clear tendency of mixers plants installation in locals where the access of raw materials involved in productive process was characterized by facility and low cost. Another evident point in the results is the participation of railway modal in the distribution process of the main raw materials.

Key Words: Logistics, Transport, Mathematical model, Fertilizers

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

Aproximadamente 33% do PIB brasileiro em 2005 foi composto por produtos oriundos do setor agropecuário e de sua indústria de processamento. Deve-se destacar como grandes responsáveis por esse índice os produtos originados, principalmente, a partir do complexo soja (soja em grão, farelo e óleo de soja), do complexo sucroalcooleiro (açúcar e



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



álcool), milho, algodão, cítricos, café e arroz. Além da grande participação e importância que o setor apresenta sobre o mercado interno brasileiro, ressalta-se que o *agribusiness* brasileiro desponta como um dos líderes mundiais na comercialização de grande parte de seus produtos e, conseqüentemente, se torna cada vez mais um país com um alto grau de influência sobre as decisões mais importantes do setor para o restante do mundo (SECEX, 2005).

Apesar de toda superioridade e influência do Brasil sobre grande parte do mercado mundial de *commodities* agrícolas, o país, em função de entraves naturais e tecnológicos, apresenta uma enorme dependência sobre os demais países do mundo e suas respectivas economias em relação ao setor. O restante do planeta não se encaixa apenas na posição de demandantes dos produtos fabricados pelo setor agropecuário brasileiro, mas também, além fornecedores de produtos que o Brasil não possui competitividade na produção (como, por exemplo, o trigo), se encaixam como grandes fornecedores de produtos considerados insumos na maior parte do processo de produção do setor.

O Brasil se caracteriza por ser um grande importador de insumos para a produção agropecuária, considerando desde produtos para o processo de planejamento agrícola (ferramentas teóricas) até maquinário pesado para o processo de plantio e colheita da produção. E, dentre todos os produtos considerados insumos agropecuários, os adubos e fertilizantes têm assumido um papel extremamente importante para o sucesso do agronegócio brasileiro, uma vez que esse tipo de produto é considerado essencial para que o país consiga vencer os principais pontos da nova fronteira agrícola e continuar no caminho de crescimento e desenvolvimento do setor e, conseqüentemente, da economia como um todo.

Segundo um levantamento anual realizado pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2005), estima-se que durante o ano de 2005 o Brasil tenha consumido (consumo efetivo + estoque final), aproximadamente, 22 milhões de toneladas de adubos e fertilizantes. Desses 22 milhões de produtos – ou melhor, matéria-prima para fabricação desses produtos – movimentados durante o ano de 2005 estima-se que, aproximadamente, 90% tenham origem internacional, ou seja, produto importado pelo país.

Visto isso, um grande ponto que deve ser levado em conta pelos agentes envolvidos com a elaboração e o planejamento agropecuário brasileiro é questão da demanda e, conseqüente, distribuição de toda essa carga que, invariavelmente, chega ao país pela sua costa (portos marítimos). Diante disso, um enorme problema surge perante o setor: a grande dimensão territorial brasileira.

Por um lado, a área territorial brasileira tem se mostrado como o grande fator diferencial do Brasil sobre os principais países produtores agrícolas concorrentes, colaborando diretamente pelo sucesso do agronegócio do país; de outro lado, a necessidade de investimentos e o surgimento de custos envolvidos nessa expansão se multiplicam proporcionalmente a sua área. Por exemplo, algumas culturas agrícolas chegam a observar, devido as grandes distâncias que necessitam ser vencidas, participações de até 15% do custo de transporte sobre o preço final do produto (SIFRECA, 2004).

Nesse sentido, algumas regiões brasileiras merecem uma atenção especial em estudos e investimentos em relação às demais, por se mostrarem relativamente mais afetadas. Destaca-se, neste cenário, a região Centro-Oeste Brasileira, formada pelos Estados do Mato Grosso (MT), do Mato Grosso do Sul (MS), de Goiás (GO) e pelo Distrito Federal (DF), que além de ser a grande referência (em termos de volume produzido e movimentado) brasileira



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



do setor agropecuário, se encontra numa localização geográfica relativamente ruim, necessitando enfrentar enormes distâncias para atingir o mercado consumidor.

Unindo o fato de que a região Centro-Oeste brasileira se encontra a uma distância elevada dos centros ofertantes (concentradamente nos portos) de matéria-prima dos adubos e fertilizantes à estimativa de que, aproximadamente, 30% de todo adubo e fertilizante consumido pelo Brasil observou como destino final essa região durante o ano de 2005, torna-se evidente a elaboração de ferramentais matemáticos e estatísticos que auxiliem os agentes ligados ao setor no processo de minimização dos custos e das perdas envolvidas com o processo de produção agrícola (ANDA, 2005).

1.2. Objetivos

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar, através da elaboração de um modelo matemático de programação linear, a localização ótima de misturadoras de adubos e fertilizantes na região Centro-Oeste brasileira através da minimização dos custos de transporte do produto final e das matérias-primas envolvidas na etapa de elaboração dos produtos. O trabalho levou em consideração que a região em análise apresenta presença nula desse tipo de indústria em seu território, visando, principalmente, a realização de uma análise comparativa entre a situação real e o ótimo calculado através do modelo matemático para a região.

Este estudo visou também, como objetivo específico, o desenvolvimento de um modelo matemático de programação linear como suporte para análises de localização que, inicialmente, serviu para região detentora da maior demanda nacional de adubos e fertilizantes – região Centro-Oeste – e, posteriormente, poderá ser utilizado como ferramental de auxílio para as demais regiões do país.

1.3. Estrutura do Trabalho

Após o capítulo introdutório (capítulo 1), o capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura com uma demonstração e uma justificativa mais detalhada do problema envolvido. O capítulo 3 apresenta os dados numéricos e respectivas fontes utilizados no trabalho, seguidos da metodologia e descrição do modelo utilizado para calcular o problema de localização das misturadoras de adubos. O resultado do trabalho, através de tabelas, é apresentado no capítulo 4 e a conclusão dos principais resultados, no capítulo 5.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Funcionamento da Cadeia de Fertilizantes

Historicamente, o setor que envolve a produção de matérias-primas e a elaboração dos adubos e fertilizantes finais é conhecido e caracterizado pela enorme complexidade pela qual sua cadeia produtiva se apresenta. Inúmeros produtos considerados como matérias-primas podem gerar inúmeras composições conhecidas como misturas de adubos, o que, por sua vez, acarreta uma enorme explosão combinatória de produtos e insumos vinculados ao setor.

Os adubos e fertilizantes possuem como função básica a reposição, ou até mesmo a ampliação, de inúmeros nutrientes presentes no solo buscando o aumento contínuo de produtividade das diversas culturas agrícolas.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



Segundo Dias *et al.* (2006), o fundamento básico da famosa fórmula dos fertilizantes, NPK (percentual de nitrogênio na fórmula N elementar, o teor percentual de fósforo na forma de pentóxido de fósforo, P₂O₅, e o conteúdo percentual de potássio na forma de óxido de potássio, K₂O) é a reposição de nutrientes específicos que se ausentes no crescimento de determinada planta, pode acarretar prejuízo posterior. De forma geral, Dias *et al.* (2006) define como função básica de cada um dos nutrientes descritos acima o seguinte:

- **Nitrogênio:** componente importante das proteínas e da clorofila e fator primordial no aumento da produtividade agrícola;
- **Fósforo:** responsável pelos processos vitais das plantas, pelo armazenamento e utilização de energia, promovendo o crescimento das raízes e a melhora da qualidade dos grãos, além de acelerar o amadurecimento dos frutos;
- **Potássio:** responsável pelo equilíbrio de cargas no interior das células vegetais, inclusive pelo controle da hidratação e das doenças da planta.

De modo geral, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) são os nutrientes com a maior representatividade econômica para as indústrias de fertilizantes, de modo que outros nutrientes utilizados no processo produtivo – em função da baixa quantidade demandada – não possuem expressa para o setor.

2.2. Evolução do Setor de Fertilizantes no Brasil

A história dos fertilizantes teve seu início no Brasil em meados da década de 1940, quando algumas fábricas misturadoras – usuárias de matéria-prima totalmente importada – de NPK foram instaladas no país junto com o processo de industrialização do mesmo. Segundo Dias *et al.* (2006), esse foi o fator primordial para que as formulações NPK se adaptassem melhor às condições dos solos brasileiros, com as primeiras unidades instaladas próximas a portos marítimos, como, por exemplo, Cubatão (SP) e Rio Grande (RS).

A demanda pelos fertilizantes, a partir disso, permaneceu estável até meados dos anos 60 quando, com o aparecimento das primeiras indústrias extrativas de matéria-prima no país, começou observar um crescimento acelerado. Contudo, a oferta de matéria-prima nacional não estava suprindo as crescentes necessidades impostas pelo setor e, conseqüentemente, o setor externo (ou seja, importações), mesmo com seus custos crescentes, era acionado. Portanto, com o intuitivo de ampliar e modernizar a indústria de fertilizantes e calcário agrícola do país, surgiu, em 1974 (vigorando até 1980) durante o II Plano Nacional de Desenvolvimento, o 1º Programa de Fertilizantes e Calcário Agrícola (PNFCA), caracterizando uma nova fase de substituição de importações que, segundo Dias *et al.* (2006), estimulou a implantação de vários complexos industriais destinados à produção interna de matérias-primas e fertilizantes.

Segundo Dias *et al.* (2006), os investimentos no período do 1º PNFCA foram estimados em US\$ 2,5 bilhões. O BNDES, por exemplo, disponibilizou sob as várias formas de apoio financeiro a cifra de US\$ 1 bilhão, o que, por sua vez, acabou por gerar várias instalações de indústrias extrativas de matérias-primas no período.

Não muito obstante ao primeiro, o 2º PNFCA (vigorado entre os anos de 1987 e 1995) observou como principais ações concretas no setor a instalação e renovação das indústrias



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



extrativas de matéria-prima para o setor, com recursos que chegaram, segundo Dias *et al.* (2006), a cifra de US\$ 1 bilhão (50% sendo originados pelo BNDES).

Contudo, durante os anos que vigoraram pela última década, o setor de fertilizantes se caracterizou, principalmente, pelo processo de privatização de suas unidades produtoras e, também, pela intensa entrada de multinacionais em seu mercado. Apesar do contínuo crescimento da demanda brasileira por fertilizantes unido aos altos investimentos observados pelo setor de fertilizantes nacionais, o país ainda se caracteriza como um grande importador das principais matérias-primas envolvidas no processo de produção das misturas finais.

2.3. Modelos de Localização

A decisão de localização sempre representou grande impasse aos diversos agentes tomadores de decisões envolvidos com os distintos meios produtivos possíveis. Em função da grande importância e eficiência que decisões corretamente tomadas quanto à localidade para a instalação de uma determinada planta industrial, um sistema de armazenamento etc. teorias e modelos ligados ao tema começaram a surgir e, ao mesmo tempo, observar uma maior atenção de especialistas da área.

Segundo Caixeta Filho *et al.* (2000), o trabalho considerado como a gênese da teoria da localização foi desenvolvido pelo alemão Alfred Weber em 1909. Ele determinou a localização da atividade industrial, através das forças de atração. Em seu estudo, Weber considerou uma área onde existia somente um único mercado consumidor e duas regiões fornecedoras de matéria-prima. As forças de atração, neste caso, foram representadas pelo custo de transporte, sendo que o equilíbrio de tais forças determinava a localização da atividade industrial. Após se determinar a localização, o mesmo procurava, através de isodapanas, verificar o efeito de outras forças de atração, como custo de mão-de-obra e aglomeração.

A partir disso, muitos dos problemas e situações propostas aos modelos de localização começaram a se torna extremamente complexas, envolvendo um número elevado de variáveis e parâmetros relacionados com o problema. Em função dessa demanda específica dos usuários de modelos de localização, em meados de 1940, o ferramental da programação linear incentivou a camada intimamente ligada aos problemas de localização a migrar para o uso dos principais fundamentos proposto. Desse fato em diante, grande parte dos problemas (inclusive situações que envolvem os sistemas agroindustriais em seu escopo) demandantes de técnicas que envolviam os modelos de localização passou a se utilizar do ferramental da programação linear para suas respectivas resoluções.

Segundo Lopes (1997), o advento da programação linear permitiu que os modelos de transporte incorporassem uma série de regiões de oferta e demanda, possibilitando com isso a determinação dos fluxos de produtos.

Por fim, cabe ressaltar que, segundo o mesmo autor, o progresso dos modelos de localização (que são tidos como um refinamento dos problemas de transporte) com o uso da programação inteira-mista, onde se incorpora variáveis binárias do tipo zero-um ao modelo, as quais auxiliam na determinação do local e da capacidade do centro de processamento (ou armazenamento) a ser instalado, de forma a minimizar o custo total envolvido.

3. MATERIAL E MÉTODO



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



3.1. Zoneamento Adotado

A partir dos Estados selecionados para a participação no presente trabalho (GO, MS, MT e DF) realizou-se a divisão dos mesmos em microrregiões e municípios segundo a divisão estabelecida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Portanto, 52 microrregiões (18 de Goiás, 11 do Mato Grosso do Sul, 22 do Mato Grosso e 1 do Distrito Federal) foram identificadas para o desenvolvimento do objetivo proposto.

Posteriormente, com o intuito de simplificar e viabilizar a análise e coleta dos dados para a alimentação do modelo matemático proposto, considerou-se o município com o maior PIB 2003 (ano mais recente disponibilizado pelos órgãos federais) como o ponto representativo de sua respectiva microrregião, onde ficou responsável pelo recebimento de toda a demanda de sua microrregião e sediar uma indústria misturadora se selecionado.

3.2. Especificação dos Dados

Os dados referentes ao setor de Adubos e Fertilizantes (matéria-prima e misturas finais), utilizados como parâmetros do modelo matemático, seguiram as seguintes especificações:

- **Consumo de Misturas:** dados estaduais ponderados pela área total plantada de cada microrregião – ANDA e IBGE;
- **Produção de Matéria-Prima:** dados por nutriente (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) produzidos a nível municipal – ANDA;
- **Importação de Matéria-Prima:** dados por nutriente (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) importados por porto de entrada – ANDA e SECEX;
- **Fretes (Rodo e Ferroviários):** valores estimados a partir de dados reais de todo o Brasil – SIFRECA e ANTT;

Por fim, cinco importantes premissas adotadas durante o desenvolvimento do presente trabalho devem ser destacadas. São elas:

- a) todos os dados utilizados dizem respeito ao ano de 2005;
- b) fretes de matéria-prima e produto final (misturas finais) não foram diferenciados, uma vez que estes produtos não recebem diferenciação pelo setor de transportes responsável pela sua movimentação;
- c) para cada Estado selecionado foi estabelecida uma determinada mistura de adubo distinta baseado no consumo total de cada um dos Estados pelos três nutrientes (matérias-primas) responsáveis pela composição dos adubos finais. A Tabela 1, abaixo, lista os Estados envolvidos no presente trabalho e suas respectivas misturas demandadas (concentração de nutriente da matéria-prima);
- d) indústrias misturadoras de adubos localizadas fora dos Estados selecionados foram consideradas como ausentes no processo de recebimento de matéria-prima, processamento das misturas e seu respectivo fornecimento ao consumidor final;
- e) fluxos intermodais foram considerados pelo modelo (na apresentação das respostas), com os devidos custos de cada modal considerados, como sendo ferroviário.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

Tabela 1. Concentração dos Nutrientes (matéria-prima) nas Misturas destinadas a cada um dos Estados da região em análise.

Estado	Concentração (%)		
	Nitrogênio (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)
Goiás	20	42	38
Mato Grosso do Sul	18	40	42
Mato Grosso	12	42	46
Distrito Federal	26	45	29

Fonte: ANDA (2005).

3.3. Estimativa dos Valores de Frete Rodoviário

Foi elaborado um modelo geral, conforme a equação (1), o qual permitiu estimar os valores de frete rodoviário e ferroviário, a partir de dados fornecidos pelo SIFRECA e pela ANTT, respectivamente. Para isso, foi utilizado um modelo de regressão linear, estimado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (1)$$

▪ **Onde:**

Y corresponde ao valor do frete rodoviário ou ferroviário, realizado no ano de 2005, em Reais por tonelada (R\$/t);

α é o termo referente à constante relativa ao frete rodoviário ou ferroviário;

β é o coeficiente referente às distâncias relacionadas ao frete rodoviário ou ferroviário;

X corresponde à distância rodoviária ou ferroviária, em quilômetros;

ε é o vetor de erro aleatório.

Os valores dos coeficientes das variáveis utilizadas, bem como os respectivos valores dos testes t e demais especificações para o modelo de estimativa de fretes rodoviários e ferroviários, podem ser observados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Coeficientes obtidos para as variáveis do modelo de frete rodoviário e ferroviário, bem como seus respectivos testes t .

Modal	Variáveis exógenas	Coefficientes	Teste t
Rodoviário	constante	29,914	34,23*
	distância	0,027	38,53*
Ferroviário	constante	10,854	45,36*
	distância	0,020	68,34*

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIFRECA e ANTT.

* Denota significância ao nível de 1%.

Observou-se, a partir do teste t dos dados da Tabela 2, que todas as variáveis se mostraram explicativas no modelo, para o valor do frete rodoviário e ferroviário. Assim, uma



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



vez explicativas, elas mostraram-se estatisticamente diferentes de zero a um nível de significância inferior ao limite estipulado para este estudo de 5% de significância.

3.4. Formulação Matemática do Modelo de Otimização de Programação Linear

A localização de misturadoras de adubos na região Centro-Oeste brasileira é desenvolvida com o auxílio de um modelo de otimização por programação linear. O modelo adotado considera como critério de solução ótima a minimização do custo de transporte global da área analisada.

Portanto, a formulação matemática pode ser representada genericamente como:

▪ Função Objetivo:

Minimizar

$$\sum_{i=1}^{80} \sum_{j=1}^{52} \sum_{k=1}^3 \sum_{m=1}^2 X_{ijkm} \times FM_{mij} + \sum_{j=1}^{52} \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} \times FP_{mjl}.$$

▪ Sujeito às seguintes Restrições:

$$\sum_{j=1}^{52} \sum_{m=1}^2 X_{ijkm} \leq OFERTA_{ik}, \text{ para cada } i \text{ e } k.$$

A somatória dos fluxos da matéria-prima k originados a partir do centro gerador de matéria-prima i através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal m) com destino aos potenciais centros misturadores de adubos (município j) deve ser menor ou igual à oferta da matéria-prima k pelo centro gerador de matéria-prima i . Esta restrição garante que a oferta do centro gerador de matéria-prima i da matéria-prima k seja respeitada.

$$\sum_{j=1}^{52} \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} \geq DEMANDA_{la}, \text{ para cada } l \text{ e } a.$$

A somatória dos fluxos da mistura a originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município j) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal m) para o centro consumidor l deve ser maior ou igual à demanda da mistura a pelo centro consumidor l . Esta restrição garante que a demanda do centro consumidor l pela mistura a seja atendida.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

$$\sum_{i=1}^{80} \sum_{k=1}^1 \sum_{m=1}^2 X_{ijkm} = 0,20 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^1 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,18 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=2}^2 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,12 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=3}^3 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,26 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=4}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} , \text{ para cada } j.$$

A somatória dos fluxos da matéria-prima *nitrogênio* originados a partir do centro gerador de matéria-prima *i* através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) com destino aos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) deve ser igual a 20% da somatória dos fluxos da mistura *GO* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 18% da somatória dos fluxos da mistura *MS* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 12% da somatória dos fluxos da mistura *MT* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 26% da somatória dos fluxos da mistura *DF* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l*. Esta restrição garante que quantidade da matéria-prima *nitrogênio* com destino a misturadora *j* atenda a necessidade desta misturadora no processo de produção das misturas que ela produzirá.

$$\sum_{i=1}^{80} \sum_{k=2}^2 \sum_{m=1}^2 X_{ijkm} = 0,42 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^1 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,40 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=2}^2 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,42 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=3}^3 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,45 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=4}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} , \text{ para cada } j.$$

A somatória dos fluxos da matéria-prima *fósforo* originados a partir do centro gerador de matéria-prima *i* através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) com destino aos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) deve ser igual a 42% da somatória dos fluxos da mistura *GO* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 40% da somatória dos fluxos da mistura *MS* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 42% da somatória dos fluxos da mistura *MT* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 45% da somatória dos fluxos da mistura *DF* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l*. Esta restrição garante que quantidade da matéria-prima *fósforo* com destino a misturadora *j* atenda a necessidade desta misturadora no processo de produção das misturas que ela produzirá.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



$$\sum_{i=1}^{80} \sum_{k=3}^3 \sum_{m=1}^2 X_{ijkm} = 0,38 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^1 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,42 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=2}^2 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,46 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=3}^3 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} + 0,29 \times \sum_{l=1}^{52} \sum_{a=4}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} , \text{ para cada } j.$$

A somatória dos fluxos da matéria-prima *potássio* originados a partir do centro gerador de matéria-prima *i* através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) com destino aos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) deve ser igual a 38% da somatória dos fluxos da mistura *GO* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 42% da somatória dos fluxos da mistura *MS* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 46% da somatória dos fluxos da mistura *MT* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* mais 29% da somatória dos fluxos da mistura *DF* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l*. Esta restrição garante que quantidade da matéria-prima *potássio* com destino a misturadora *j* atenda a necessidade desta misturadora no processo de produção das misturas que ela produzirá.

$$\sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} \geq CIP_j \times B_j , \text{ para cada } j.$$

A somatória dos fluxos da mistura *a* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* deve ser maior ou igual à capacidade mínima de processamento dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*). Esta restrição garante que a quantidade de adubo movimentado a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) não se estabeleça abaixo da capacidade mínima de processamento dos centros misturadores.

$$\sum_{l=1}^{52} \sum_{a=1}^4 \sum_{m=1}^2 Y_{jlam} \leq CSP_j \times B_j , \text{ para cada } j.$$

A somatória dos fluxos da mistura *a* originados a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) através de uma rota rodoviária ou ferroviária (modal *m*) para o centro consumidor *l* deve ser menor ou igual à capacidade máxima de processamento dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*). Esta restrição garante que a quantidade de adubo movimentado a partir dos potenciais centros misturadores de adubos (município *j*) não se estabeleça acima da capacidade máxima de processamento dos centros misturadores.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



▪ **Onde:**

X_{ijkm} : fluxo da matéria-prima k originado a partir do centro gerador de matéria-prima i através do modal m com destino ao potencial centro misturador de adubo j ;

FM_{mij} : valor do frete (R\$/t) para o transporte de matéria-prima originada a partir do centro gerador de matéria-prima i através do modal m com destino ao potencial centro misturador de adubo j ;

Y_{jlam} : fluxo da mistura a originado a partir do potencial centro misturador de adubo j através do modal m com destino ao centro consumidor l ;

FP_{mjl} : valor do frete (R\$/t) para o transporte de mistura originada a partir do potencial centro misturador de adubo j através do modal m com destino ao centro consumidor l ;

$OFERTA_{ik}$: nível de oferta da matéria-prima k originada a partir do centro gerador de matéria-prima i ;

$DEMANDA_{la}$: nível de demanda da mistura a apresentada pelo centro consumidor l ;

CIP_j : capacidade mínima de processamento do potencial centro misturador de adubo j ;

CMP_j : capacidade máxima de processamento do potencial centro misturador de adubo j ;

BP_j : variável binária identificadora da existência ou não de uma misturadora no potencial centro misturador de adubo j ;

▪ **Sendo:**

i : índice referente aos centros geradores de matéria-prima

j : índice referente aos potenciais centros misturadores de adubo;

l : índice referente aos centros consumidores;

k : índice referente às matérias-primas;

a : índice referente as misturas finais;

m : índice referente ao modal de transporte utilizado.

Por fim, cabe ressaltar que para a solução do modelo e geração dos resultados foi utilizado o *software* GAMS – através do *solver* CPLEX – onde os dados de entrada e saída do modelo utilizaram-se de uma planilha em Excel.

3.5. Cenários em Análise

Com intuito de detalhar e subdividir a análise dos resultados alcançados em função do cenário atual e das diversas especificações atribuídas aos dados de entrada do modelo proposto, três diferentes cenários, abaixo detalhados, foram analisados:

- **Cenário 1:** considerando as capacidades mínima e máxima de processamento das misturadoras iguais aos limites de capacidade que as misturadores existentes atualmente apresentam;



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



- **Cenário 2:** considerando as capacidades mínima e máxima de processamento das misturadoras livres;
- **Cenário 3:** fixando a capacidade de processamento das misturadoras em um número médio baseado nos valores de capacidade das misturadoras existentes atualmente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem como enfoque as análises dos resultados apresentadas pelo modelo de otimização proposto para indicar a localização de misturadoras de adubos na região Centro-Oeste brasileira. Primeiramente, será realizada uma breve análise dos resultados gerais obtidos e, posteriormente, uma análise mais detalhada e específica de cada um dos três cenários mencionados no capítulo 3.

De modo geral, quatro pontos principais podem ser ressaltados como característicos e coincidentes entre os cenários analisados. São eles:

- a) com relação ao fluxo observado de matérias-primas entre os municípios de origem e as fábricas misturadoras, pode ser notado que a presença dos municípios de Santos, Paranaguá, Cubatão, Uberaba e Catalão é intensa, no que diz respeito o volume de cargas movimentado entre esses pontos;
- b) com relação a movimentação do produto final (misturas prontas) entre as misturadoras e os consumidores finais, pode ser observado que, como esperado, em sua maioria as misturadoras tendem a atender municípios consumidores localizados nos mesmos Estados em estão localizadas;
- c) como esperado, o modelo indicou um fluxo intenso de carga (tanto matéria-prima quanto produto final) pelo modal ferroviário, explorando, principalmente, a capacidade de fornecimento de matéria-prima dos municípios que possuem acesso a atual malha ferroviária;
- d) os Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul se mostraram, através do modelo utilizado, mais propícios para a instalação de indústrias misturadoras de adubos em função dos custos de transportes envolvidos.

A seguir, são apresentados individualmente e mais detalhadamente os resultados obtidos para cada cenário analisado.

- **Cenário 1:**

O cenário 1 foi estabelecido a partir de dados¹ reais e atuais da capacidade produtiva de misturadoras de adubos brasileiras. Com base em dados da capacidade produtiva de 88 misturadoras de adubos localizadas no território brasileiro, estipulou-se que as misturadoras localizadas pelo modelo matemático proposto não deveriam ter suas capacidades de produção inferior ao volume de 30.000 toneladas e superior ao volume de 1.300.000, buscando, desta forma, se aproximar ao padrão apresentado atualmente por este tipo de indústria.

Portanto, abaixo segue a Tabela 3 ilustrando os fluxos (em toneladas) indicados pelo modelo, bem como a localização (municipal) das misturadoras e os modais utilizados.

¹ Os dados referentes à capacidade produtiva das indústrias brasileiras misturadoras de adubos podem ser encontrados na seção “Anexos” do presente trabalho.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

Tabela 3. Fluxo de matéria-prima e produto final indicado pelo modelo matemático para o Cenário 1 proposto.

Matéria-Prima* (toneladas)			MISTURADORA (Município) Destino e Origem	Mistura Final (toneladas)				
Origem		Modal		Modal		Destino Município		
Município	Rodo			Rodo	Ferro			
Catalão		728.000,00	Catalão (GO)	62.000,00	45.000,00	Acreúna		
Uberaba		41.952,38		7.100,00		Alta Floresta		
Paranaguá		393.108,19		5.500,00		Araputanga		
Santos		570.272,76		10.000,00		Arenápolis		
				5.000,00		Cáceres		
				275.000,00		Campo Novo do Parecis		
				110.000,00		Catalão		
						Itumbiara		
				5.000,00		Pires do Rio		
				47.000,00		Pontes e Lacerda		
				280.000,00		Poxoréo		
				100.000,00		Rio Verde		
				2.500,00		Rondonópolis		
			324.778,57	Rosário Oeste				
				Sorriso				
Paranaguá	40.289,20		Dourados (MS)		71.945,00	Dourados		
Piaçaguiera		55.637,47						
Paranaguá		259.322,48	Nova Andradina (MS)	7.000,00	71.945,00	Bela Vista		
Piaçaguiera		77.275,43		13.000,00		Colider		
Santos		239.030,67		11.000,00		Cuiabá		
				66.000,00		Juara		
				40.000,00		Juina		
				43.000,00		Navirai		
				7.500,00		Nova Andradina		
				45.000,00		São Gabriel do Oeste		
			98.000,00	Sinop				
			65.221,43	Sorriso				
			36.000,00	Tangará da Serra				
Poços de Caldas		23.000,00	Paranaíba (MS)		2.500,00	Alto Taquari		
Cubatão		12.000,00				37.000,00	Chapadão do Sul	
Paulínia		29.986,67		14.000,00			Lagoa Santa	
Santos		63.680,00					Paranaíba	
Catalão		274.000,00	Pires do Rio (GO)	110.000,00	18.000,00	Água Boa		
Uberaba		73.047,62					Anápolis	
Santos		251.190,48				4.500,00	Barra do Garças	
						18.500,00	Brasília	
						7.000,00	Cavalcante	
							6.000,00	Goiânia
						5.500,00	Goiás	
				3.000,00	Iporá			
					78.000,00	Luziânia		

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

				15.000,00		Minaçu
				5.800,00		Montes Claros de Goiás
				30.000,00	10.878,57	Paranatinga
				6.500,00		Pires do Rio
				100.000,00		Posse
				20.000,00		Primavera do Leste
				7.500,00		Santa Isabel
				2.500,00		São Luis de Montes Belos
						São Miguel do Araguaia
Paulínia		85.013,33			1.700,00	Aquidauana
Piaçagüera		38.256,00			27.000,00	Campo Grande
Santos		89.264,00	Três Lagoas (MS)		145,00	Corumbá
					123.055,00	Dourados
					7.500,00	Três Lagoas
Luis Eduardo Magalhães	20.720,00		Vila Rica (MT)	37.000,00		Vila Rica
Itaquí	28.613,33					

Fonte: elaborado pelo autor.

* somatória dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Nota-se, a partir da Tabela 3, a importante participação dos municípios de Catalão e Pires do Rio entre os sete municípios indicado pelo modelo.

Outro ponto importante a ser observado a partir dos resultados detalhados acima, é a grande presença do modal ferroviário nos fluxos das matérias-primas.

▪ Cenário 2:

O cenário 2 leva em consideração a presença nula de limites de capacidade produtiva, deixando por conta do modelo matemático a indicação dos mesmos. Portanto, abaixo segue a Tabela 4 ilustrando os fluxos (em toneladas) indicados pelo modelo, bem como a localização (municipal) das misturadoras e os modais utilizados.

Tabela 4. Fluxo de matéria-prima e produto final indicado pelo modelo matemático para o Cenário 2 proposto.

Matéria-Prima* (toneladas)			MISTURADORA (Município) Destino e Origem	Mistura Final (toneladas)		
Origem	Modal			Modal		Destino
Município	Rodo	Ferro		Rodo	Ferro	Município
Catalão		899.640,00	Catalão (GO)		18.000,00	Anápolis
Uberaba		112.600,00		7.500,00		São Luis de Montes Belos
Paranaguá		386.268,19		5.800,00		Montes Claros de Goiás
Piaçagüera		177.457,77			45.000,00	Catalão
Santos		564.272,13		20.000,00		Santa Isabel
					78.000,00	Luziânia
					6.000,00	Goiânia
				3.000,00		Iporá
				110.000,00		Itumbiara
				15.000,00	32.000,00	Pires do Rio
					Minaçu	

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

				5.500,00		Goiás
				2.500,00		São Miguel do Araguaia
				280.000,00		Rio Verde
				62.000,00		Acreúna
				7.100,00		Alta Floresta
				5.000,00		Pontes e Lacerda
				5.000,00		Cáceres
				10.000,00		Arenápolis
				60.778,57		Sorriso
				66.000,00		Juara
				40.000,00		Juina
				110.000,00		Água Boa
				13.000,00		Colider
				11.000,00		Cuiabá
				5.500,00		Araputanga
				4.500,00		Barra do Garças
				275.000,00		Campo Novo do Parecis
				100.000,00		Rondonópolis
				2.500,00		Rosário Oeste
				98.000,00		Sinop
				36.000,00		Tangará da Serra
				47.000,00		Poxoréo
					18.500,00	Brasília
Paranaguá Piaçagüera	40.289,20	55.637,47	Dourados (MS)		71.945,00	Dourados
Catalão Paranaguá		11.160,00 6.840,00	Luziânia (GO)	7.000,00 6.500,00		Cavalcante Posse
Paranaguá Cubatão Piaçagüera		259.322,48 12.000,00 304.306,10	Nova Andradina (MS)	45.000,00 7.000,00 43.000,00 7.500,00 329.221,43		São Gabriel do Oeste Bela Vista Naviraí Nova Andradina Sorriso
Poços de Caldas Paulínia Santos		23.000,00 29.986,67 75.680,00	Paranaíba (MS)	14.000,00	37.000,00 2.500,00 43.000,00	Lagoa Santa Chapadão do Sul Paranaíba Alto Taquari
Catalão Uberaba Santos		91.200,00 2.400,00 79.733,33	Pires do Rio (GO)	30.000,00 100.000,00		Paranatinga Primavera do Leste
Paulínia Santos		85.013,33 127.520,00	Três Lagoas (MS)		1.700,00 145,00 27.000,00 123.055,00 7.500,00	Aquidauana Corumbá Campo Grande Dourados Três Lagoas
Luis Eduardo Magalhães Itaquí	20.720,00 28.613,33		Vila Rica (MT)	37.000,00		Vila Rica

Fonte: elaborado pelo autor.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

* somatória dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Nota-se, a partir da Tabela 4, a importante e intensa participação do município de Catalão entre os oito municípios indicado pelo modelo.

Outro ponto importante a ser observado a partir dos resultados detalhados acima é a indicação de localização da maior capacidade produtiva para o município de Catalão (de, aproximadamente, 1.600.000 toneladas) e da menor capacidade produtiva para o município de Luziânia (de, aproximadamente, 13.500), valores relativamente próximos aos limites (inferiores e superiores) observados na realidade.

Novamente, pode-se observar a presença marcante do modal ferroviário como preferido pelo modelo para a movimentação de matéria-prima.

▪ Cenário 3:

O cenário 3 considerou como capacidade das misturadoras um valor fixo para todas as misturadoras instaladas na região em análise. A obtenção deste número (170.000 toneladas) diz respeito à média aritmética das capacidades das indústrias atuais (ANDA, 2005). Portanto, abaixo segue a Tabela 5 ilustrando os fluxos (em toneladas) indicados pelo modelo, bem como a localização (municipal) das misturadoras e os modais utilizados.

Tabela 5. Fluxo de matéria-prima e produto final indicado pelo modelo matemático para o Cenário 3 proposto.

Matéria-Prima* (toneladas)			MISTURADORA (Município) Destino e Origem	Mistura Final (toneladas)					
Origem	Modal			Modal		Destino			
Município	Rodo	Ferro		Rodo	Ferro	Município			
Catalão		95.746,13	Anápolis (GO)	152.000,00	18.000,00	Anápolis			
Uberaba		7.546,67				Rio Verde			
Paranaguá		86.133,33							
Santos		37.240,53							
Catalão		95.200,00	Catalão (GO)	108.445,00	45.000,00	Catalão			
Paranaguá		86.133,33				Itumbiara			
Santos		45.333,33				Rio Verde			
Catalão		116.844,07	Luziânia (GO)	7.500,00	82.755,00	São Luis de Montes Belos			
Paranaguá		86.949,40				Luziânia			
Piaçaguêra		22.873,20				3.000,00	61.745,00	2.000,00	Iporá
									Rio Verde
									Acreúna
			13.000,00			Colider			
Catalão		95.200,00	Goiânia (GO)	60.000,00	110.000,00	Acreúna			
Uberaba		33.600,00				Água Boa			
Paranaguá		56.948,27							
Santos		40.918,40							
Catalão	31.200,00		Itumbiara (GO)	1.555,00		Itumbiara			
Lagamar	64.000,00					Pontes e Lacerda			
Paranaguá	104.100,80					Cáceres			
Cubatão	12.000,00					Cuiabá			

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

Piaçagüera	15.365,87			5.500,00 141.945,00		Araputanga Campo Novo do Parecis
Catalão Uberaba Paranaguá	95.200,00 31.253,33 100.213,33		Pires do Rio (GO)	2.000,00 30.000,00 100.000,00	6.000,00 32.000,00	Goiânia Pires do Rio Barra do Garças Paranatinga Primavera do Leste
Poços de Caldas Cubatão Piaçagüera Santos	23.000,00 70.577,47 32.067,60 101.021,60		Aquidauana (MS)	7.000,00 66.000,00 40.000,00 3.155,00	1.700,00 145,00 0,00 27.000,00 25.000,00	Aquidauana Corumbá Bela Vista Campo Grande Dourados Juara Juina Tangará da Serra
Piaçagüera Santos	122.400,00 104.266,67		Campo Grande (MS)	60.555,00 76.600,00 32.845,00		Campo Novo do Parecis Sinop Tangará da Serra
Cubatão Piaçagüera Santos	66.435,87 57.937,47 102.293,33		Chapadão do Sul (MS)	66.100,00 2.500,00 21.400,00	37.000,00 43.000,00	Chapadão do Sul Alto Taquari Rondonópolis Rosário Oeste Sinop
Paranaguá Piaçagüera	95.200,00 131.466,67		Dourados (MS)		170.000,00	Dourados
Paranaguá Cubatão Piaçagüera	101.573,33 93.853,33 31.240,00		Nova Andradina (MS)	43.000,00 7.500,00 72.500,00 47.000,00		Naviraí Nova Andradina Campo Novo do Parecis Poxoréo
Cubatão Paulínia Piaçagüera Santos	73.933,33 21.200,00 27.400,00 104.133,33		Paranaíba (MS)	167.500,00	2.500,00	Paranaíba Sorriso
Paulínia Piaçagüera Santos	93.800,00 32.893,33 99.973,33		Três Lagoas (MS)	14.000,00 45.000,00 7.100,00 10.000,00 52.500,00 33.900,00	7.500,00	Lagoa Santa São Gabriel do Oeste Três Lagoas Alta Floresta Arenópolis Sorriso Rondonópolis
Cubatão Santos	95.200,00 131.466,67		Alto Taquari (MT)	170.000,00		Sorriso
Catalão Uberaba Santos	95.940,00 42.600,00 88.126,67		Brasília (DF)	5.800,00 20.000,00 7.000,00 15.000,00 5.500,00		Montes Claros de Goiás Santa Isabel Cavalcante Minaçu Goiás

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

			2.500,00		São Miguel do Araguaia
			49.700,00		Rio Verde
			6.500,00		Posse
			2.500,00		Barra do Garças
			37.000,00		Vila Rica
				18.500,00	Brasília

Fonte: elaborado pelo autor.

* somatória dos nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Nota-se a partir da Tabela 5 o aumento no número de misturadoras existentes em relação aos cenários 1 e 2; contudo, a preferência pelos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul continua caracterizada pelo modelo matemático. Assim sendo, destacam-se os municípios de Brasília (DF), Aquidauana (MS) e Três Lagoas (MS) como as misturadoras com o maior número de municípios consumidores finais como seus clientes.

A preferência pelo modal ferroviário permaneceu como alternativa preferencial pelo modelo matemático proposto.

5. CONCLUSÃO

Atingindo os objetivos propostos pelo trabalho, o modelo matemático de programação linear mostrou-se bastante útil e eficaz no que diz respeito ao auxílio na identificação de potenciais locais para a instalação de fábricas misturadoras de adubos. O uso de modelos lineares mostrou-se como uma importante ferramenta para estudos desta natureza, por revelar-se de fácil aplicação e ser mais flexível quanto à escassez de dados necessários para a formulação de modelos mais completos.

Os resultados gerados pelo modelo matemático proposto indicaram a concentração de misturadoras em municípios onde o acesso às matérias-primas é facilitado e, principalmente, apresentem fluxos das mesmas com custos relativos mais baixos – cenário oposto ao que, normalmente, pode ser considerado pelos principais agentes do setor, onde se avalia que o fator decisivo para a instalação desse tipo de indústria é a quantidade demandada do produto.

Essa característica de localização em pontos de acesso estratégico as principais matérias-primas utilizadas no processo de produção das principais misturas demandadas pelo mercado pode ser exemplificado de duas maneiras. São elas:

- a) no caso do município de Catalão (GO), pode-se observar uma grande quantidade de matéria-prima sendo produzida no município, fato que acarreta diminuição no custo de transporte total e, conseqüentemente, se torna um local de grande potencial para a instalação de indústrias misturadoras;
- b) no caso dos municípios de Três Lagoas (MS), Paranaíba (MS) e Nova Andradina (MS), pode-se observar que um bom acesso ferroviário aos principais centros fornecedores de matérias-primas acarreta ganhos de escala para o agente envolvido com o setor e, conseqüentemente, torna municípios com esse perfil potenciais locais para a instalação das indústrias misturadoras.

Uma segunda grande conclusão que se pode ser obtida a partir dos resultados observados, é em relação ao grande potencial apresentado pelo modal ferroviário sobre o



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



rodoviário. Seja para a movimentação de matérias-primas ou para a movimentação dos produtos finais (misturas), as alternativas ferroviárias, sempre que possível, se mostraram mais atrativas que as alternativas rodoviárias. Esse é um ponto importante a ser trabalhado pelos agentes envolvidos com esse tipo de setor, pelo fato de se tratar de carga de retorno.

Por fim, uma terceira importante conclusão que os resultados permitem que seja observada é a relação entre as localizações apontadas pelo modelo matemático e as atuais localidades de indústrias misturadoras existentes na região analisada. Apesar do modelo não considerar a existência deste tipo de fábrica fora do território da região em análise, algumas importantes localizações indicadas pelo modelo – como, por exemplo, o município de Catalão (GO), Dourados (MS) e Anápolis (GO) – são grandes (principalmente se levando em consideração o volume de produção) indústrias do setor do mercado atual.

De forma geral, é de extrema importância ressaltar que estudos com esse perfil podem ser de grande utilidade para agentes públicos e privados se tornando ferramentas de grande valor para as mais diversas utilidades. Pelo lado do setor público, os resultados de um trabalho com este perfil indicam possíveis falhas, ou até mesmo demandas reprimidas, de investimentos em infra-estrutura de transporte e movimentação de cargas (como por exemplo, ausência de estradas em locais estratégicos, má fiscalização das concessionárias ferroviárias etc.); já pelo lado do setor privado, é evidente que estudos deste porte podem vir a auxiliar tomadores de decisões no momento de balizamento de seus investimentos (como, por exemplo, construção de novas indústrias ou ampliação de outras mais antigas).

Os resultados obtidos a partir dos dados e modelo utilizados proporcionam, também, algumas conclusões distintas daquelas comentadas até aqui. Por exemplo, ao se realizar uma avaliação mais específica sobre os resultados observados, alguns pontos abordados no processamento dos dados pelo modelo poderiam ser modificados e, até certo ponto, melhorados, o que, por sua vez, acarretariam resultados distintos dos observados neste estudo. Portanto, segue alguns pontos e sugestões de assuntos para balizar trabalhos e estudos futuros relacionados ao setor de adubos e fertilizantes:

- considerar outros modais de transporte como alternativas para o escoamento dos produtos aqui trabalhados, além do rodoviário e do ferroviário;
- detalhar ainda mais a especificação de demanda por misturas;
- considerar a existência de misturadoras em locais fora dos Estados selecionados;
- utilizar-se de pesquisa junto a agentes do setor, de modo a identificar novas e importantes variáveis influentes nas tomadas de decisões.

6. BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA E CONSULTADA

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT) –
<http://www.antt.gov.br/>

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA) –
<http://www.anda.org.br/>

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa Operacional – Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001, 169p.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



CAIXETA-FILHO, J. V; GAMEIRO,A.H. **Logística e Transporte em Sistemas Agroindustriais**. São Paulo:Atlas, 2001, 217p.

DIAS V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: Uma Visão Global Sintética**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL (ESALQ-LOG) – <http://log.esalq.usp>

LOPES, R. L. **Suinocultura no Estado de Goiás**: aplicação de um modelo de localização. 1997. 95 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – <http://www.ibge.gov.br/>

SECRETARIA DO COMÉRCIO EXTERIOR (SECEX) – <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE FRETES (Sifreca) – <http://sifreca.esalq.usp.br>

ZYLBERSZTAJN, D.; IANK, M. S.; AZEVEDO, P. F.; BACHA, C. J. C.; HERRMANN, I.; PEROBELLI, F. S.; PAES LEME, M. F. **Complemento do Relatório sobre o setor de Fertilizantes contido na página 154 do relatório final enviado em novembro de 2000** (In: Apoio à instalação dos Fóruns de Competitividade nas Cadeias Produtivas Couro/Calçados, Têxtil, Madeira/Móveis e Fertilizantes), PENSA, São Paulo, set. 2002.