

The transportation logistic of SINOP region supply chain rice: It's solution about quantitative methods.

Gilberto Sisto Fernández

Doutor em Ciências Econômicas pela Universidade de Havana
Instituição: Departamento de Ciências Econômicas
Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)-Campus Universitário de Sinop
Endereço: Rua dos Álamos 51, Bairro Centro, CEP 78550-000, Sinop-MT.
E-mail: gsf_cu@yahoo.com.br

Marcia da Silva Cezar

Especialista em Educação Ambiental pela FASIP
Instituição: Departamento de Ciências Econômicas
Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)-Campus Universitário de Sinop
Endereço: Rua Florianópolis, 1588, apto 303, setor Industrial, Cep 78550-000-
Sinop/MT
E-mail: marcia_cezar@hotmail.com

Abstract

Beyond of social economical importance of rice agro industrial chain in north of Mato Grosso, its interest to search about its decisive incidence, transportation logistic since producers to warehouses and industries, from industries to final costumers, because of the high complex levels increased for high number of producers, varieties planted, ways and means of transportation used, industries and warehouses in this terrain and out of this terrain demanding products. All of them, joined to other chain elements, turn essential the application of Quantitative Methods to determinate optimal links between producer-industry, minimizing total costs or distances using efficient systematization of all its transportation logistic.

Key-words: Transports, Rice, Optimization.

1. Introdução

É conhecida a importância decisiva que tem o transporte na logística de qualquer cadeia produtiva como acontece com o arroz. Um sistema de transporte não adequado encarece significativamente os custos da cadeia toda, mais ainda com as rodovias em condições precárias e os problemas relacionados com afetações meio-ambientais que geram perdas do produto e de tempo, ocasionando filas de espera enormes nos armazéns e estradas para o escoamento e comercialização.

Numa cadeia produtiva regional, a logística de transportes produtor-armazém poderia ser analisada de forma sistêmica, determinando integralmente o que é melhor para a cadeia toda e não de forma individual.

Observa-se que em épocas de safra, os caminhões esperam até três dias na fila para descarregar o produto incorporando todas suas implicações negativas. É claro que esse quadro depende também da localização e capacidades de armazenagem, como tem expressado o Engenheiro Ângelo Maronezzi, Presidente da Associação dos Produtores de Arroz de Mato Grosso (APA-MT). Essa sistematização poderia ser base de uma programação diária efetiva do transportes que contribuiria a minimizar esses congestionamentos.

Preocupado com a questão de encontrar uma melhor estratégia de transportes do arroz na região de Sinop, o Projeto “Soluções a Projetos Logísticos de Transporte e Localização Agro-industrial no Norte Mato-grossense”, executado pela Unemat/Campus de Sinop, com financiamento da FAPEMAT, desenvolveu uma pesquisa nessa área e atualmente desenvolve outra sobre a localização de novas indústrias e armazéns na região.

Procede-se, no primeiro lugar, fazer um esboço do referencial teórico sobre a problemática de transporte muito associada à de localização, continuando com a metodologia aplicada, que foi ilustrada com um exemplo simples junto com os métodos aplicados para o levantamento dos dados; a solução matemática e computacional do modelo matemático em suas diversas variantes com suas soluções e respectivas análises, finalizando com as conclusões.

O objetivo geral consiste em determinar, na região de Sinop, as quantidades de

arroz que cada produtor deve enviar a cada armazém com o mínimo de distância total percorrida, assegurando que as produções individuais dos plantadores sejam transportadas respeitando às capacidades industriais.

2. Referencial Teórico

Como exemplos de trabalhos publicados na área de transportes e localização tem-se o desenvolvido por OLIVEIRA, N.; SANTOS, H. N. (2004), na agroindústria do Estado de Mato Grosso, determinando a localização ótima de novas agroindústrias de esmagamento de soja, sempre baseado nos princípios da Teoria da Localização de Weber e os outros iniciadores sobre a minimização do custo total de transportes das matérias-primas as indústrias e os mercados finais.

Aplicou-se um modelo de Programação Inteira Mista, muito interessante, tendo como objetivo o custo de transportes desde o conjunto de produtores de soja até os locais possíveis a receberem instalações para seu esmagamento. O modelo tem dois tipos de variáveis, as relacionadas com o transporte que representam a fração da quantidade de demanda em que seria atendida por cada indústria, e as outras binárias que teriam valor 1 se a instalação no local é efetivada e 0 se não é.

As limitantes seriam as que representam o 100 per cento de todo o transportado e as do total a receber por cada indústria não excedendo a capacidade instalada. Um dos aspectos básicos é que se conhecem com antecedência os lugares ou regiões possíveis de instalar indústrias.

Num outro trabalho desenvolvido pelos mesmos autores junto a PEREIRA, E. V. (2004), trata da análise econômica do transporte de soja em grão no Estado de Mato Grosso mediante um modelo de Programação Linear de redes capacitadas, determinando o fluxo a transportar desde cada produtor até as indústrias instaladas com custo total mínimo de transferência, tendo limitações a transportar pelas vias estabelecidas, sendo que o fluxo neto (saída menos entrada) é igual à zero para cada vértice, justificando dessa forma a necessidade de pavimentação das estradas e melhoramento das rodovias existentes.

CAIXETA-FILHO, J. V. (2001), reconhecido especialista na temática, tem entre as pesquisas desenvolvidas, a do Estado de Goiás relacionada com a localização no

ramo da suinocultura, mediante um modelo de Programação Inteira Mista. Nele o autor também faz um esboço do desenvolvimento da localização industrial, continuando com um modelo de Programação Inteira Mista que expõe as possibilidades e importâncias decisivas da Pesquisa Operacional nesse campo, bem explicado e os resultados analisados com profundidade.

GONZÁLEZ, P. (1984) trata muito didaticamente a problemática através do mesmo modelo de Programação Inteira Mista, parecido ao de Caixeta, porém com mais simplicidade dado seu caráter de livro de texto, considerando sempre a importância do transportes. GONZÁLEZ, CH.; BATISTA. J. C. (1985) a trata também com detalhes na área agropecuária junto com as temáticas de especialização.

Outros autores de textos sobre a Pesquisa Operacional estudam a problemática da localização e de transportes, como CAIXETA-FILHO, J. V. (2004); ACKOF AND SASIENI (1975), BALLOW, R. H. (1985), HILLIER AND LIEBERMAN (1988); LACHTERMACHER, G. (2004), que explica o uso do Excel na solução dos modelos.

BATISTA, J.C, (1985), que têm muitos problemas resolvidos mediante a Programação Linear, a Simulação Matemática, a Teoria das Filas e dos Grafos, esta última também tratada por BUSACKER, R. G.; SAATY, T. (1965); FORD AND FULKERSON (1962), GALLAGER, M. (1982); GONZÁLEZ, F. (1977, 1982, 1983, 1984); SERRANO, P. (1998) que estuda a aplicação de diversos critérios colocados como metas em ordem decrescente segundo sua importância.

A nova questão desta pesquisa consiste no desenvolvimento numa região com as características como o norte mato-grossense em pleno crescimento.

3. Metodologia Aplicada

A solução da problemática de transportes exposta foi possível mediante a aplicação do Modelo Linear de Transportes na estrutura clássica, caso particular da Programação Linear, tratada por muitos autores de textos em Pesquisa Operacional, Administrações de Empresas, de Operações e da Produção, Economia de Empresas, Métodos Quantitativos, Matemática Aplicada.

Segundo Kauffmann (1975); “Um modelo linear de transportes consiste em encontrar um esquema de transportes entre m origens conhecidos onde estão

determinadas as disponibilidades respectivas a_i , $i = 1,2,3\dots m$, e n destinos com demandas b_j , $j = 1,2,3\dots n$, de maneira que o custos do transportes seja mínimo: conhecendo que os custos unitários de transportes entre uma origem i e um destino j , vem determinado pelos $m \times n$ valores C_{ij} :

Neste caso as origens significam produtores e os destinos armazéns. A expressão geral do modelo matemático segundo os autores acima citados tem a seguinte estrutura:

a) Variáveis fundamentais

X_{ij} – Unidades de produto a transportar desde a origem i ao destino j

b) Condição de não negatividade das variáveis

$$X_{ij} \geq 0; i = 1,2,3\dots m; j = 1,2,3\dots n; \quad (1)$$

c) Que a produção de cada produtor seja enviada aos armazéns

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i; i = 1,2,3,\dots m; \quad \dots(2)$$

O termo a_i representa a produção individual de cada produtor i . A expressão a esquerda significa que o envio da produção individual a todos os armazéns será igual a seus valores a_i .

d) Que o que cada armazém recebe coincida com sua capacidade

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j; j = 1,2,3,\dots n; \quad \dots(3)$$

A expressão anterior significa o que todos os produtores enviam (soma a esquerda) a

cada armazém deve coincidir com suas capacidades individuais b_j .

e) Que o custo total de transportes seja mínimo

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}; \quad (4)$$

O valor de Z significa o custo total de transportes de todos os produtores a todos os armazéns, representados pelas duas somas.

f) Condição geral do modelo equilibrado

O sentido = nas expressões (2) e (3) evidenciam que a oferta total é igual à demanda total sendo o modelo equilibrado, que matematicamente seria expresso como:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j; \quad (5)$$

g) Considerações gerais do modelo de transportes

O modelo descrito tem solução através do Método Simplex, criado por Dantzing, G. (1962), mas no caso do transportes têm uma variante chamada Algoritmo de Transportes, mais funcional e rápida, com métodos de obtenção de soluções iniciais mais eficientes.

A condição de equilíbrio expressada por (5) sempre deve se procurar para facilitar a solução ótima. Na realidade ela não ocorre na maioria das ocasiões, pelo contrário, quase sempre existe desequilíbrio entre a oferta e a demanda total e, nesse caso, para iguala-las se incorporam variáveis fictícias, que quando a oferta é maior que a demanda significa produção sem enviar e, caso contrário, quando a demanda é maior que a oferta seria capacidade não utilizada.

A categoria custos como critério de otimalidade nem sempre é possível de aplicar pelas múltiplas dificuldades próprias e sua enorme variabilidade.

Às vezes é melhor utilizar outras mais fáceis de calcular como, por exemplo, a distância total percorrida, ou seja “tráfego total” medida em toneladas-quilômetros, sendo sua minimização o objetivo primário a alcançar. Procede-se a ilustrar com um exemplo simples. Mostra-se a seguir a Tabela de Transportes.

Tabela 1. Dados do Exemplo do Sistema de Transportes.

Produtor	A1	A2	A3	A4	Produções
P1	15	20	25	19	500
P2	13	8	12	24	300
P3	18	30	17	7	600
P4	11	23	5	40	250
P5	9	45	10	33	350
P6	21	27	14	37	150
P7(artificial)	0	0	0	0	200(artificial)
Cap/armazém	700	600	500	550	2350/2350

h) Estrutura da tabela

a) Nas linhas 1 à 6 têm-se os 6 produtores cujas produções individuais estão na última coluna: por exemplo, a produção do produtor 4 é 250 toneladas de arroz, a do 5 de 350 toneladas e assim... Nas colunas 2 até 5 estão os quatro armazéns cujas capacidades vem colocadas na última linha, sejam 700; 600; 500 e 550 toneladas;

b) No corpo estão as distâncias em quilômetros, exemplo, as do produtor 2 seriam de 13 km ao armazém 1; de 8 km ao armazém 2; de 12 km ao armazém, etc. A produção total seria: $500 + 300 + 600 + 250 + 350 + 150 = 2150$ toneladas. A capacidade total de armazenagem seria: $700 + 600 + 500 + 550 = 2350$ sendo superior a produção total em 200 toneladas, ou seja, existe desequilíbrio. A linha do produtor artificial P7 tem custos zeros porque essas 200 toneladas de desequilíbrio representam o que algum(s) armazém(s) deixará de receber.

i) Objetivo a alcançar

Determinar a variante de transportes que garanta o envio de todas as respectivas produções, respeitando as limitações nas capacidades individuais dos armazéns com o mínimo de distância ou tráfego total percorrido.

Tabela 2. Quadro de Variáveis do Exemplo.

Produtor	A1	A2	A3	A4	Produções
P1	X11	X12	X13	X14	500
P2	X21	X22	X23	X24	300
P3	X31	X32	X33	X34	600
P4	X41	X42	X43	X44	250
P5	X51	X52	X53	X54	350
P6	X61	X62	X63	X64	150
P7(artificial)	X71	X72	X73	X74	200(artificial)
Cap/armazém	700	600	500	550	2350/2350

As restrições de oferta (2) ficam assim: $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14} = 500$;

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24} = 300;$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34} = 600;$$

$$X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44} = 250;$$

$$X_{51}+X_{52}+X_{53}+X_{54} = 350;$$

$$X_{61}+X_{62}+X_{63}+X_{64} = 150;$$

$$X_{71}+X_{72}+X_{73}+X_{74} = 200;$$

As restrições de demanda (3) ficam assim:

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41}+X_{51}+X_{61}+X_{71} = 700;$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42}+X_{52}+X_{62}+X_{72} = 600;$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+X_{43}+X_{53}+X_{63}+X_{73} = 500;$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34}+X_{44}+X_{54}+X_{64}+X_{74} = 550;$$

A função objetiva (4) fica assim;

$$\begin{aligned}
 Z_{\min} = & 15X_{11}+20X_{12}+25X_{13}+19X_{14}+13X_{21}+8X_{22} \\
 & +12X_{23}+24X_{24}+18X_{31}+30X_{32}+17X_{34}+11X_{41} \\
 & +23X_{42}+5X_{43}+40X_{44}+9X_{51}+45X_{52}+10X_{53} \\
 & +33X_{56}+21X_{61}+27X_{62}+14X_{63}+37X_{64}+0X_{71} \\
 & +0X_{72}+0X_{73}+0X_{74};
 \end{aligned}$$

O modelo tem um total 28 variáveis essenciais com 11 restrições (7 de ofertas + 4 de demandas). A solução ótima se obtém aplicando o SOFTWARE QSB e seus resultados mostram-se na seguinte tabela:

Tabela 3. Solução Ótima do Sistema de Transportes.

Produtor	A1	A2	A3	A4	Produções
P1	400	100			500
P2		300			300
P3			50	550	600
P4			250		250
P5	300		50		350
P6			150		150
P7(artificial)		200			200
Cap/armazém	700	600	500	550	2350/2350

j) Análise dos resultados

O Tráfego Total Mínimo é de 21.650,00 TON/KM que divididas pela produção total (2135) a distância média é 10,07 KM. Os envios das respectivas produções se comportam como segue: o produtor 2 envia toda sua produção ao armazém 2 e os produtores 4 e 6 ao armazém 3. Os produtores 1, 3 e 5 enviam suas produções a dois armazéns. Percebe-se que os envios são minimizados: de 24 possíveis só efetivam 10, coincidindo esse valor com o teorema da solução de transportes (# de variáveis básicas = # de origens + # de destinos - 1);

Cada armazém tem a seguinte opção de recebimento: o armazém 4 recebe só de um produtor; os armazéns 1 e 2 recebem de dois produtores e o armazém 3 de 4 produtores. As 200 toneladas de capacidade ociosa correspondem ao armazém 2;

O sistema permite conhecer as incidências negativas se alguns dos valores ótimos não são cumpridos, por exemplo, que aconteceria com o tráfego ou a distância totais mínimas se por acaso o produtor 3 em vez de enviar ao armazém 4 as 500 toneladas decide envia-las ao armazém 1. Por outro lado dá para saber rapidamente que acontece técnica e economicamente se algum dos valores iniciais: distâncias, produções ou capacidades mudam.

Outro aspecto interessante consiste em assegurar que a ociosidade não aconteça num armazém determinado, nesse caso é utilizado um custo proibitivo (muito alto) na intercessão da linha artificial com esse armazém.

k) Conclusões sobre o exemplo

Constitui uma simples representação da situação à pesquisar, que analisou também múltiplas variantes que poderiam acontecer com seus resultados, inclusive foi aplicado, junto a outras técnicas, no estudo da localização agroindustrial da região.

Além do conhecimento da vinculação geral estratégica produtor-armazém, outro aspecto de interesse seria a consideração de sua dinâmica durante o período de safra aplicando o sistema numa programação diária do transportes, que sendo conhecidas em qualquer dia de safra as colheitas de arroz dos produtores e as capacidades disponíveis dos armazéns, são lançados no sistema e logo se têm a vinculação produtor-armazém ótima para esse dia. Esses dados podem ser conhecidos inclusive com poucas horas de antecedência pela rapidez de execução do sistema, comunicando rapidamente os resultados aos interessados.

Os dados reais utilizados na pesquisa não serão divulgados sem a prévia autorização das entidades envolvidas. Só serão tratados de forma geral sem especificar a fonte.

4. Informação Utilizada na Pesquisa

Com a ajuda da Associação dos Produtores de Arroz de Mato Grosso (APA-MT), junto a Prefeitura, entrevistas aos produtores, motoristas, Armazéns Gerais e indústrias do arroz do território, visitadas frequentemente pela equipe de pesquisa, além

das Corretoras de Bolsas de Mercadorias, a FAMATO e as Empresas produtoras de Sementes como a CEREAIS-NET, entre outros muitos, foi possível a obtenção da informação necessária para a safra 2004/2005.

Começou-se pelo número de produtores junto aos armazéns da região com suas localizações geográficas. No caso dos produtores se determinou individualmente a área plantada com sua produtividade estimada, que multiplicando ambas entregou a produção total de arroz a transportar por cada produtor as indústrias durante a safra (P_i).

No caso das indústrias se determinarem suas demandas para toda a safra multiplicando individualmente sua capacidade diária de secagem - a atividade fundamental que define a capacidade industrial - pelo número de dias de safra (120), sendo representadas por (C_i).

Pelas dificuldades existentes com os custos unitários, devido a sua enorme variabilidade pelos múltiplos fatores como distâncias, situação das estradas, capacidade transportada, tipo de transportes seja próprio ou terceirizado, formas de pagamento sejam mensais, por sacas, toneladas, não foi possível calculá-los com a suficiente clareza.

Por essas razões foi utilizada a distância produtor-armazém (d_{ij}) como critério de otimalidade expressada mediante a Categoria Tráfego Total (toneladas - quilômetros), que apesar de ter também seus problemas é muito mais efetiva que os custos. Outros critérios poderiam ser as perdas de produto por tonelada transportada ou os tempos de transportes, sendo muito difíceis, pois precisam de estudos mais detalhados e o levantamento ainda mais complexo de dados.

O cálculo das distâncias individuais em quilômetros, desde cada produtor a cada armazém, foi feito com a ajuda de mapas, fotos aéreas e AUTOCAD, segundo as localizações individuais, tarefa complicada e trabalhosa que terminou depois de vários meses.

A pesquisa realizada contempla mais de quinhentos produtores de arroz com 7 armazéns, mas por limitações de espaço só foi utilizada uma amostra de 91 produtores corretamente localizados e com as produções bem definidas. Todos esses dados foram corretamente preenchidos constituindo a sustentação do modelo de transportes aplicado.

5. Formulação Matemática da Situação de Transportes Pesquisada

Dos mais de quinhentos produtores e plantadores de arroz entre grandes (40 %), médios (40%) e pequenos (20%) que têm a região de Sinop, espalhados de forma irregular e com produções diversas para cada variedade, principalmente duas, Primavera e a Cirad, cujos volumes mudam ano após ano devido às oscilações que tem os preços do produto em comparação com outros como a soja, por exemplo, e os tipos de lavouras sejam de aberturas de áreas ou pastagens, que trazem como consequência negativa à instabilidade da produção ao plantar o arroz só durante dois anos, pois depois não compensa economicamente continuar pelo aumento dos custos devido a pouca produtividade.

Também a região tem 7 armazéns que beneficiam o arroz que chega dos produtores em diferentes tipos de veículos, cujo processo começa com o controle da qualidade do produto. Ao final o arroz está pronto para continuar o processo industrial de beneficiamento que termina com a distribuição e comercialização, sendo desenvolvido em quatro indústrias que tem a região, algumas delas também têm armazéns que beneficiam o arroz como a TIO URBANO, ARROZ ENGENHO e SUL ARROZ.

5.1 Aspectos preliminares

Serão considerados 91 produtores cujas localizações geográficas são as mais exatas e 7 armazéns com as suas respectivas produções (P_i) e capacidades industriais (C_i), além das distâncias produtor-armazém (d_{ij}), com o arroz de maneira geral e não para as diferentes variedades, com um único meio de transporte rodoviário. Todos esses dados aparecem no anexo 1. Na primeira coluna estão apresentados por linha cada produtor e na última coluna suas produções respectivas. Nas colunas 2 até a 8 estão os 7 armazéns cujas capacidades respectivas aparecem na última linha. Os outros elementos da tabela são as distâncias em KM de cada produtor a cada armazém.

...um problema de rota também pode envolver múltiplas origens e destinos. Na

sua resolução devem-se considerar as restrições das capacidades de oferta nos pontos de origem e das necessidades de produtos (demanda) nos pontos de destino, assim como os custos associados aos diversos caminhos possíveis. É um problema comum que ocorre ao se roteirizar mercadorias de fornecedores às fábricas, de fábricas aos depósitos e de depósitos aos clientes, o qual é frequentemente resolvido por Programação Linear. (VALENTE; PASSAGLIA; NOVAES, 2001, p.)

5.2 Modelo matemático

a) **Índices:** i – produtores; $i = 1,2,\dots,91$; j – armazéns; $j = 1,2,\dots,7$. (6)

b) Variáveis Principais

X_{ij} – toneladas de arroz a transportar desde o produtor i até o armazém j . (7)

c) Condição de não negatividade das variáveis

$X_{ij} \geq 0$; $i = 1,2,\dots,91$; $j = 1,2,\dots,7$. (8)

d) Sistema de Restrições Lineares

d.1) Envio de toda produção aos armazéns

$$\sum_{j=1}^7 X_{ij} \leq P_i ; i = 1, 2 \dots 91 ; (9)$$

P_i – produção de arroz de cada produtor i para uma safra, calculada como foi explicado. A expressão (9) representa que toda a produção de cada produtor seja enviada aos armazéns durante a safra. O sentido \leq é de deve a ser maior a produção total a capacidade total dos armazéns;

d.2) Capacidade dos armazéns

$$\sum_{i=1}^{91} X_{ij} \geq C_j ; j = 1, 2 \dots 7 ; \quad (10)$$

C_j – capacidade total do armazém j correspondente a uma safra. A expressão (10) representa o que cada armazém deve receber dos produtores, não excedendo sua capacidade. O sentido \geq se deve a ser menor a capacidade total de armazenagem a produção total da região.

e) Função Objetiva

$$\text{MÍN } (Z) = \sum_{i=1}^{91} \sum_{j=1}^7 d_{ij} X_{ij} \quad (11)$$

Z - tráfego total expressado em TON/KM.

d_{ij} - distância em km de cada produtor i a cada armazém j .

Está expressão permite selecionar a solução ótima entre o conjunto de soluções possíveis, sendo que a solução dividida entre a produção total resulta na distância média mínima.

5.3 Teste do modelo

São cumpridas todas as exigências teóricas do Modelo Linear de Transportes sendo desequilibrado. Como a Capacidade Total de Armazenagem instalada é menor que a Produção Total, se cria um armazém ou coluna fictícia cuja capacidade representaria a diferença (311.766 toneladas), sendo a produção total que ficaria sem enviar aos armazéns da região e que seriam transportadas a outras empresas do Estado de Mato Grosso ou de outros estados e regiões.

As dimensões do modelo são consideráveis pela quantidade de variáveis e restrições existentes, porém foi possível sua solução graças aos sistemas computacionais disponíveis. Uma das vantagens do modelo de transportes construído relaciona-se com o fato de procurar a maior especialização possível. Matematicamente se demonstra pelo teorema correspondente que a quantidade máxima de vinculações totais, nessa situação considerando as fictícias, é de 98.

6. Resultados Alcançados

Através do software QSB se achou a solução ótima, organizando o sistema de entrega da produção total nos armazéns segundo os seguintes resultados obtidos na primeira versão. Ver anexo 2:

a) O total de TON/KM obtido dividido entre a produção total resulta uma distância média mínima de 11,99 km.

c) As capacidades dos armazéns são utilizadas totalmente durante os 120 dias de safra e os armazéns receberam um total de 66 envios distribuídos assim: 15 para o armazém 1; 12 para o armazém 2; 4 para o armazém 3; 9 para o armazém 4; 12 para o armazém 5; 9 para o armazém 6 e 5 para o armazém 7.

b) A produção total que ficou sem enviar pelo seu excesso total sobre a capacidade total de armazenagem (311.766 toneladas) correspondeu 32 produtores (parcial ou total) distribuídos como segue: produtor 1; 14; 32; 33; do 35 até o 38; 41 até 44; 51; 62; 63; 64; 65; 67; 72; 83 até 87. Só um produtor envia sua produção a dois armazéns: os 72 produtores restantes enviam suas produções apenas a um armazém.

Variante 2: Mediante a utilização da distância proibitiva, termo utilizado para definir uma suposta distância grande, por exemplo, 10.000, são consideradas as seguintes situações:

a) Que um produtor específico por diversas razões tenha que transportar toda sua produção. Nesse caso se coloca W na intercessão da sua linha com a coluna fictícia e resolve-se o modelo. Foi considerada tal situação nos produtores 18; 35; 42; 67; 84, obtendo-se uma distância média mínima de 12,49 km, e apenas dois produtores enviam sua produção a dois armazéns; um deles os três armazéns e os outros somente a um. Ver

o anexo 3.

b) Os armazéns 1 e 5 recebem de 13 produtores; o armazém 2 de 12 produtores; o armazém 6 de 10 produtores e os outros dentre 5 e 8 produtores.

c) Um total de 31 produtores deixa de transportar suas respectivas produções de forma parcial ou total.

Variante 3: Supondo que o modelo inicialmente esteja equilibrado, que a Capacidade Total seja igual à Produção Total. As capacidades individuais dos armazéns são calculadas multiplicando seus percentuais com respeito à capacidade total instalada pela Produção Total. A distância média mínima seria de 22,27 KM, e só 6 produtores enviam a 2 armazéns, e os outros 85 apenas a um armazém. Com respeito aos armazéns têm-se que o armazém 3 recebe arroz de 20 produtores; o armazém 5 de 18 produtores; o armazém 6 de 15 produtores; e os demais armazéns recebem de 9 até 13 produtores. Ver o anexo 4.

7. Conclusões

Nessa pesquisa ainda não foram consideradas outras questões relacionadas com as quantidades totais de produtores da região, assim como as diferentes variedades e diversos meios de transportes, o qual complicaria o processo. Elas poderão ser consideradas quando estiverem disponíveis no Banco de Dados Geral com todas as informações logísticas do arroz na região. Além delas poderiam ser tratadas numa outra oportunidade outras variantes de interesse relacionadas com a problemática da Localização Agroindustrial e a Programação da Produção.

A solução ótima entregue, além da informação analisada, tem também outra muito importante associada a situações pós-solução. Por exemplo, é possível saber o efeito técnico e econômico negativo se uma variável que não tem valor, ou seja, se esse produtor que não envia arroz ao armazém correspondente, chegasse a transportar por diferentes causas. Também, qual seria a nova solução se modificassem os dados originais, cuja resposta é imediata.

A situação considerada por ser sistêmica se ajusta essencialmente com o transporte terceirizado, porém pode se determinar qual é a melhor solução para cada

produtor ou grupo de produtores individualmente, sendo o mesmo que para os armazéns, mediante simples artifícios econômico-matemáticos no modelo original.

8. Referências Bibliográficas.

BORGES, F. T. *Do Extrativismo à Pecuária: Algumas Observações Sobre a História Econômica de Mato Grosso (1.870 a 1.930)*. Cuiabá: Gráfica Genus, 1991.

BALLOW, R. H. *Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas S. A., 1993.

BERTAGLIA, P. R. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento*. 1 ed. São Paulo: Saraiva; 2003.

CAIXETA-FILHO, J. V.; AUGUSTO, H. S. *Transporte e Logística em Sistemas Agro-industriais*. 1 ed. São Paulo: Atlas S. A., 2001.

DANTZING, G. B. *Linear Programming and Extensions*. New Jersey: Princeton University Press, 1962.

FORD AND FULKERSON. *Flows Networks*. New Jersey: Princeton University Press, 1962.

GONZÁLEZ, CH.; BREZÓ, J. C. *Modelación matemática de los procesos económicos en la agricultura*. Ciudad de la Habana-Cuba: Editorial Pueblo y Educación, 1988.

HAIR AND TATHAM. *Análisis Multivariante*. 5 ed. España: Prentice Hall Iberia, S. R. L., 1999, 799 p.

HILLIER AND LIEBERMAN. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 3 ed. São Paulo: Editora Campus Ltda, 1988, 805 p.

DIAS, P. B. *A Industrialização da Agricultura Mato-grossense*. Cuiabá: EDUFMT, 1995;

FELIPE, P.; OTERO, D. *Introducción a la Modelación Económico-Matemática*. EMPES, La Habana, Cuba, 1982.

SERRANO, F. *Programación Multiobjetivos y por Metas*. Valencia, España, 1998.

ANEXO I. DISTÂNCIAS (KM) PRODUTOR – ARMAZÉM, AS PRODUÇÕES E CAPACIDADES.

P/A.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Produção
P1	27.81	28.00	35.25	43.38	53.38	57.00	57.31	3388
P2	9.19	9.38	16.56	24.69	34.75	38.50	38.75	4175
P3	16.13	16.31	23.50	31.63	41.69	45.44	45.69	13976
P4	11.38	11.13	9.94	18.00	28.00	31.75	32.00	7744
P5	11.38	11.13	9.94	18.00	28.00	31.75	32.00	5281
P6	11.38	11.13	9.94	18.00	28.00	31.75	32.00	10217
P7	45.56	45.38	42.25	29.94	19.88	18.94	19.38	2974
P8	19.88	19.69	16.69	12.44	23.06	26.19	26.63	4659
P9	44.88	44.69	41.56	29.25	19.19	18.25	18.69	4114
P10	23.88	23.69	20.69	16.44	26.44	30.19	30.63	1694
P11	11.69	11.44	10.25	18.31	34.56	32.06	32.31	10454
P12	11.69	11.44	10.25	18.31	34.56	32.06	32.31	11110
P13	11.88	12.06	19.31	27.44	37.44	41.06	41.38	3775
P14	21.06	20.81	19.63	27.69	43.94	41.44	41.69	7187
P15	10.94	11.13	18.31	26.44	36.50	40.25	40.50	4471
P16	15.75	15.50	14.31	22.38	32.38	38.00	36.38	3055
P17	65.00	63.13	59.44	47.13	37.06	36.13	36.56	1501
P18	63.81	67.50	60.50	48.19	38.13	37.19	38.75	3207
P19	68.31	68.13	65.00	52.69	42.63	41.69	42.13	8712
P20	70.63	68.75	60.00	47.69	37.63	36.69	37.13	9680
P21	66.00	65.63	64.38	50.38	40.31	39.38	39.81	9874
P22	68.31	68.13	65.00	52.69	42.63	41.69	42.13	3328
P23	65.00	63.13	59.44	47.13	37.06	36.13	36.56	8349
P24	7.63	7.38	6.19	14.25	24.25	28.00	28.25	4659
P25	42.19	42.00	38.88	26.56	16.50	15.56	16.00	12536
P26	42.19	42.00	38.88	26.56	16.50	15.56	16.00	9595
P27	42.19	42.00	38.88	26.56	16.50	15.56	16.00	8712
P28	9.81	9.56	8.38	16.44	26.44	30.19	30.44	6198
P29	17.31	17.06	15.88	23.94	40.19	37.69	37.94	4235
P30	17.31	17.06	15.88	23.94	40.19	37.69	37.94	12161
P31	38.69	38.44	35.31	23.00	13.25	9.06	8.75	9196
P32	60.63	60.44	57.31	45.00	34.94	34.00	34.44	6095
P33	68.13	67.94	64.81	52.50	42.44	41.50	41.94	8833
P34	5.75	5.94	13.13	21.25	31.31	35.06	35.31	3098
P35	68.13	67.94	64.81	52.50	42.44	41.50	41.94	12161
P36	36.44	36.63	43.88	52.00	62.00	65.63	65.94	4659
P37	58.44	58.19	57.00	65.06	75.63	80.69	79.06	8131
P38	46.56	46.31	45.13	53.19	63.19	68.81	67.19	3630
P39	15.44	15.19	14.00	22.06	38.31	35.81	36.06	12003
P40	27.63	27.19	24.44	20.19	30.00	33.94	34.38	8712
P41	21.56	21.25	20.13	28.19	44.44	41.94	42.19	12342
P42	27.81	28.00	35.25	43.38	53.38	57.00	57.31	1960
P43	27.81	28.00	35.25	43.38	53.38	57.00	57.31	6776
P44	24.88	25.06	32.31	40.44	50.44	54.06	54.38	9438
P45	20.44	20.19	19.00	27.06	41.19	40.81	41.06	6292

P46	61.31	61.13	58.00	45.69	35.63	34.69	35.13	4356
P47	38.88	38.69	35.56	23.25	13.19	12.25	12.69	12542
P48	49.81	49.63	46.50	34.19	24.13	23.19	23.63	3146
P49	49.81	49.63	46.50	34.19	24.13	23.19	23.63	8470
P50	11.50	11.69	18.94	27.06	37.06	40.69	41.00	4417
P51	67.63	67.44	68.13	52.00	41.94	41.00	41.44	13794
P52	13.56	13.31	12.13	20.19	36.44	33.94	34.19	5082
P53	39.81	39.63	36.56	24.13	14.06	13.25	13.69	1782
P54	39.81	39.63	36.56	24.13	14.06	13.25	13.69	3694
P55	11.00	10.81	8.94	17.13	27.19	30.94	31.31	7142
P56	11.00	10.81	8.94	17.13	27.19	30.94	31.31	9583
P57	16.13	16.31	23.50	31.63	41.69	45.44	45.69	7260
P58	29.00	28.81	25.81	21.56	31.38	35.31	35.75	4659
P59	14.75	14.94	22.19	30.31	40.31	43.94	44.25	6582
P60	14.75	14.94	22.19	30.31	40.31	43.94	44.25	11326
P61	49.56	49.38	46.25	33.94	23.88	22.94	23.38	15096
P62	67.81	67.63	64.50	52.19	42.13	41.19	41.63	24209
P63	67.81	67.63	64.50	52.19	42.13	41.19	41.63	22868
P64	23.63	23.81	31.06	39.19	49.19	52.81	53.13	35332
P65	59.06	58.88	55.75	43.44	33.38	32.44	32.88	18392
P66	17.25	17.00	15.81	23.88	33.88	37.63	37.88	20522
P67	33.31	33.50	40.75	48.88	58.88	62.50	65.63	22143
P68	33.31	33.50	40.75	48.88	58.88	62.50	65.63	12197
P69	55.25	55.06	51.94	39.63	29.56	28.63	29.06	19820
P70	55.25	55.06	51.94	39.63	29.56	28.63	29.06	31944
P71	9.50	9.69	16.88	25.00	35.06	38.25	39.06	39325
P72	35.31	35.13	32.13	27.88	37.69	41.63	42.06	31933
P73	16.38	16.13	14.94	23.00	33.00	38.63	37.00	66429
P74	14.50	14.25	13.06	21.13	31.13	36.75	35.13	11797
P75	14.50	14.25	13.06	21.13	31.13	36.75	35.13	14157
P76	22.19	21.88	20.75	28.81	45.06	42.56	42.81	23595
P77	25.88	25.69	22.69	18.44	28.44	32.19	32.63	22680
P78	25.88	25.69	22.69	18.44	28.44	32.19	32.63	16640
P79	18.75	18.44	17.31	25.38	41.63	39.13	39.38	5154
P80	18.75	18.44	17.31	25.38	41.63	39.13	39.38	2053
P81	20.81	20.63	17.63	5.25	4.88	8.63	9.06	5798
P82	47.50	47.31	43.81	31.88	21.81	20.88	21.31	17206
P83	42.38	42.13	40.94	49.00	59.00	64.63	67.50	6547
P84	21.38	21.13	19.94	28.00	44.25	43.63	42.00	10914
P85	21.38	21.13	19.94	28.00	44.25	43.63	42.00	9183
P86	22.00	21.75	20.56	28.63	38.63	44.25	42.63	9075
P87	22.00	21.75	20.56	28.63	38.63	44.25	42.63	9196
P88	13.88	14.06	21.25	29.38	39.44	43.19	43.44	4416
P89	13.25	13.00	11.81	19.88	29.88	33.63	33.88	8421
P90	21.56	21.25	20.13	28.19	44.44	41.94	42.19	9438
P91	30.25	30.06	27.06	14.69	4.63	8.13	3.13	27104
Cap.	120000	100000	80000	80000	120000	100000	80000	991766

ANEXO 2. SOLUÇÃO DE TRANSPORTES DOS 91 PRODUTORES AOS 7 ARMAZÉNS.

Prod/Arm.	1	2	3	4	5	6	7	8	Produção
1								3388	3388
2	4175								4175
3	13976								13976
4		7744							7744
5		5281							5281
6		10217							10217
7					1653	1321			2974
8				4659					4659
9					4114				4114
10				1694					1694
11		10454							10454
12		11110							11110
13	3775								3775
14		5008						2179	7187
15	4471								4471
16		3055							3055
17								1501	1501
18								3207	3207
19								8712	8712
20								9680	9680
21								9874	9874
22								3328	3328
23								8349	8349
24		4659							4659
25					12536				12536
26					9595				9595
27					8712				8712
28				100198					6198
29				4235					4235
30						12161			12161
31							9196		9196
32								100095	6095
33								8833	8833
34	3098								3098
35								12161	12161
36								4659	4659
37								8131	8131
38								3630	3630
39	100782	5221							12003
40				8712					8712
41								12342	12342
42								1960	1960
43								100776	6776
44								9438	9438
45	100292								6292
46						4356			4356
47							12542		12542
48					3146				3146

49							8470		8470
50	4417								4417
51								13794	13794
52						5082			5082
53						1782			1782
54						3694			3694
55			7142						7142
56			9583						9583
57	7260								7260
58				4659					4659
59	6582								6582
60						11326			11326
61							15096		15096
62								24209	24209
63								22868	22868
64						27909		7423	35332
65							7592	10800	18392
66			20522						20522
67								22143	22143
68							12197		12197
69						19820			19820
70						31944			31944
71	39325								39325
72								31933	31933
73		23676	42753						66429
74	1274			10523					11797
75	14157								14157
76							23595		23595
77				22680					22680
78				16640					16640
79		5154							5154
80							2053		2053
81						5798			5798
82						17206			17206
83								6547	6547
84								10914	10914
85								9183	9183
86								9075	9075
87								9196	9196
88	4416								4416
89		8421							8421
90								9438	9438
91							27104		27104
Capac.	120000	100000	80000	80000	120000	100000	80000	311766	1.400.000
Tráfego Total Mínimo			11.890.007						
Distância Média Mínima			11,99 Km						

ANEXO 3. VARIANTE 2: SOLUÇÃO DO TRANSPORTES ASSEGURANDO ALGUMAS PRODUÇÕES.

Prod/Arm.	1	2	3	4	5	6	7	8	Produção
1								3388	3388
2	4175								4175
3	13976								13976
4		7744							7744
5		5281							5281
6		10217							10217
7						2974			2974
8				4659					4659
9					4114				4114
10				1694					1694
11		10454							10454
12		11110							11110
13	3775								3775
14								7187	7187
15	4471								4471
16		3055							3055
17								1501	1501
18					3207				3207
19								8712	8712
20								9680	9680
21								9874	9874
22								3328	3328
23								8349	8349
24		4659							4659
25					12536				12536
26					9595				9595
27					8712				8712
28			6198						6198
29								4235	4235
30						12161			12161
31							9196		9196
32								6095	6095
33								8833	8833
34	3098								3098
35							12161		12161
36								4659	4659
37								8131	8131
38								3630	3630
39		12003							12003
40				8712					8712
41								12342	12342
42	1960								1960
43								6776	6776
44								9438	9438
45								6292	6292
46						4356			4356
47					4569		7973		12542
48					3146				3146

49							8470		8470
50	4417								4417
51								13794	13794
52						5082			5082
53					1782				1782
54					3694				3694
55			7142						7142
56			9583						9583
57	7260								7260
58				4659					4659
59	6582								6582
60						11326			11326
61							15096		15096
62								24209	24209
63								22868	22868
64						6436		28896	35332
65					13697			4695	18392
66			6194					14328	20522
67	22143								22143
68						12197			12197
69						19820			19820
70					31944				31944
71	39325								39325
72								31933	31933
73		15546	50883						66429
74	4402	596		6799					11797
75				14157					14157
76						23595			23595
77				22680					22680
78				16640					16640
79								5154	5154
80						2053			2053
81					5798				5798
82					17206				17206
83								6547	6547
84		10914							10914
85								9183	9183
86								9075	9075
87								9196	9196
88	4416								4416
89		8421							8421
90								9438	9438
91							27104		27104
Capac.	120000	100000	80000	80000	120000	100000	80000	311766	1.400.000

Tráfego Total Mínimo 12.389.751

Distância Média Mínima 12,49 Km

ANEXO 4. VARIANTE 3: TRANSPORTES COM O MODELO EQUILIBRADO (PROD. TOTAL = CAP. TOTAL)

Prod/Arm.	1	2	3	4	5	6	7	Produção
1	3388							3388
2	4175							4175
3	13976							13976
4			7744					7744
5			5281					5281
6			10217					10217
7						2974		2974
8				4659				4659
9					4114			4114
10				1694				1694
11		10454						10454
12		11110						11110
13	3775							3775
14			7187					7187
15	4471							4471
16			3055					3055
17						1501		1501
18					3207			3207
19					8712			8712
20					9680			9680
21					9874			9874
22					3328			3328
23						8349		8349
24			4659					4659
25					12536			12536
26					9595			9595
27							8712	8712
28				6198				6198
29	3050			1185				4235
30						12161		12161
31							9196	9196
32							6095	6095
33						8833		8833
34	3098							3098
35							12161	12161
36	4659							4659
37			8131					8131
38						3630		3630
39	6184		5819					12003
40				8712				8712
41			12342					12342
42	1960							1960
43	6776							6776
44	9438							9438
45			6292					6292
46						4356		4356
47					5613		6929	12542

48					3146			3146
49							8470	8470
50	4417							4417
51						13794		13794
52						5082		5082
53					1782			1782
54					3694			3694
55			7142					7142
56			9583					9583
57	7260							7260
58				4659				4659
59	6582							6582
60						11326		11326
61							15096	15096
62					24209			24209
63							22868	22868
64						35332		35332
65					18392			18392
66		20522						20522
67	22143							22143
68						12197		12197
69					2217	17603		19820
70					31944			31944
71	39325							39325
72				31933				31933
73		37250	29179					66429
74	11797							11797
75	14157							14157
76		16896				6699		23595
77				22680				22680
78				16640				16640
79		5154						5154
80						2053		2053
81					5798			5798
82					17206			17206
83		6547						6547
84		10914						10914
85		9183						9183
86				9075				9075
87				9196				9196
88	4416							4416
89		8421						8421
90		9438						9438
91							27104	27104
Capac.	175047	145889	116631	116631	175047	145890	116631	1.400.000
Tráfego Total Mínimo				22.089.796				
Distância Mínima Média				22,27 Km				