

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

LOCALIZAÇÃO OTIMIZADA DE PLANTAS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE MAMONA NO ESTADO DO CEARÁ: UM MODELO BASEADO EM PROGRAMAÇÃO LINEAR

Eduardo Rocha Praça¹, Emílio José Rocha Coutinho², Bruno de Athayde Prata³, Luiz Alberto Alencar de Freitas⁴

¹ Universidade Federal do Ceará - UFC

Núcleo de Pesquisa em Logística, Transporte e Desenvolvimento - NUPELTD
Campus do Pici - Bloco 703 - Altos - CEP 60455-760 Fortaleza – CE – Brasil
e-mail: edpraca@nupeltd.ufc.br

² Universidade Federal do Ceará - UFC

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN
Rua Paula Ney 599 Ap 1101 Bairro: Aldeota CEP: 60140-200 Fortaleza – CE – Brasil
e-mail: emilio@det.ufc.br

³ Universidade Federal do Ceará - UFC

Núcleo de Pesquisa em Logística, Transporte e Desenvolvimento - NUPELTD
Rua Carlos Ribeiro, 572 Ap 303 Bairro: Fátima CEP: 60040-420 Fortaleza – CE – Brasil
e-mail: bruno@nupeltd.ufc.br

⁴ Universidade Federal do Ceará - UFC

Núcleo de Pesquisa em Logística, Transporte e Desenvolvimento - NUPELTD
Campus do Pici - Bloco 703 - Altos - CEP 60455-760 Fortaleza – CE – Brasil
e-mail: beto@nupeltd.ufc.br

Resumo – O agronegócio da mamona é de grande valia para o crescimento do semi-árido nordestino, pois a cadeia produtiva da mamona gera múltiplos produtos e subprodutos, dentre os quais podemos destacar o biodiesel, a glicerina, a ração para animais e o adubo vegetal. A produção de mamona como insumo para a produção de biodiesel pode contribuir decisivamente para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste, no entanto, problemas estruturais verificados em todo o setor de transportes implicam na perda de competitividade para vários tipos de agronegócios. Para os produtos agrícolas, (CAIXETA e MARTINS, 2000) estimam que a participação dos custos de transporte no preço final desses produtos no atacado seja mais que duas vezes aquela encontrada para os produtos manufaturados. Sendo assim, a localização de Plantas de Produção de Biodiesel da Mamona - PPBDM deve ser implementada buscando a configuração que minimize o custo total de implantação e distribuição. Este trabalho aplicou o Problema de Localização Capacitado (PLC) na região englobada pela Cadeia de Produção Piloto do Biodiesel da Mamona – CPP_BDM no Estado do Ceará, onde o modelo desenvolvido calculou quais e quantos municípios devem ter uma PPBDM.

Palavras-Chave: Problema de Localização Capacitada; Biodiesel; Otimização.

Abstract – The mamona agribusiness is important to the growth of the semi-arid northeastern region, therefore the mamona productive chain generates multiples products and by-products, amongst which we can detach the biodiesel, the glycerin, the ration for animals and the vegetal fertilizer. The mamona production as biodiesel production

input can contribute decisively to the economic and social development of Northeast Brazilian region, however, verified structural problems in all the sector of transports imply in loss of competitiveness for some types of agribusinesses. (CAIXETA and MARTINS, 2000) esteem to the agricultural products that the participation of transport cost in the final price of these products in the market is more than two times compared with the manufactured products. Being thus, the localization of Mamona's Biodiesel Production Plants - MBPP must be implemented searching the configuration that minimizes the total cost of implantation and distribution. This paper applied the Capacity Location Problem (CLP) at the region included in the Pilot Production Chain of Mamona's Biodiesel – PPC_MB in Ceará State, where the developed model calculated which and how many cities must have a PPBDM.

Keywords: Capacity Location Problem; Biodiesel; Optimization.

1. Introdução

Na atualidade, uma das maiores preocupações dos países, recai sobre a questão energética. A grande importância deste tema é justificada pelo fato de envolver tanto aspectos econômicos, pois representa grande impacto na balança comercial dos países, como também está relacionada a aspectos sociais, tecnológicos e ambientais.

Nas próximas décadas, a utilização dos derivados de petróleo como fonte de energia deve declinar, pois trata-se de um insumo geologicamente não renovável, de difícil obtenção e altamente poluente em seus diversos usos, cabendo ao homem a busca contínua de recursos naturais que possibilitem novas opções energéticas. A biomassa, fonte de energia renovável e pouco poluente, destaca-se como uma opção emergente que, além de produção energética, privilegia o homem com o desenvolvimento sustentável.

Existem diversas alternativas de combustíveis que podem ser obtidos da biomassa, como o biodiesel produzido a partir da mamona, uma oleaginosa que se adaptou de forma sinérgica no semi-árido nordestino e que se configura como uma alternativa energética bastante promissora para substituir o óleo diesel mineral. São notórios os inúmeros benefícios que a efetivação do uso do Biodiesel da Mamona - BDM trará consigo, destacando os aspectos apresentados na (Carta de Fortaleza, 2003).

O processo produtivo da mamona ainda não está desenvolvido em larga escala no Estado do Ceará, logo é imprescindível que exista uma estrutura bem planejada para que o cultivo da mamoneira logre êxito e os produtos da cadeia supracitada sejam competitivos nos mercados nacional e internacional.

Neste contexto, o presente trabalho procura contribuir para a otimização da localização de Plantas de Produção de BDM - PPBDM nos municípios englobados pela Cadeia de Produção Piloto do Biodiesel da Mamona – CPP_BDM no Estado do Ceará.

Tendo em vista os benefícios esperados, a aplicação de métodos matemáticos, em especial o Problema de Localização Capacitado (PLC), são plenamente justificados para que o Biodiesel, principal produto da cadeia em questão, seja produzido com custo mínimo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um modelo, baseado em programação linear, que otimize a localização ideal de plantas de produção de Biodiesel de mamona nos municípios englobados pela Cadeia de Produção Piloto do Biodiesel da Mamona – CPP_BDM no Estado do Ceará.

2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, podem ser destacados:

- a) Indicar, baseado em projeções de produção de bagas, se um determinado município que produz mamona deverá ter uma PPBDM;
- b) Minimizar o custo de distribuição de bagas para a produção de Biodiesel, obtendo uma visão global do sistema modelado;
- c) Validar o modelo proposto através da aplicação em cenários de estudo.

3. Localização de facilidades na CPP_BDM

3.1. A Cadeia piloto de produção do Biodiesel da Mamona – CPP_BDM

A CPP_BDM é resultado de esforços de várias instituições públicas e privadas do Estado do Ceará para viabilizar a produção de combustível, glicerina, ração e adubo a partir de mamona no semi-árido cearense. A CPP_BDM abrange um corredor com eixo nos quadrantes Centro-Oeste e Sudoeste do Estado do Ceará, envolvendo 37 municípios, vinculados por toda uma rede rodoviária pavimentada, conforme figura 1.

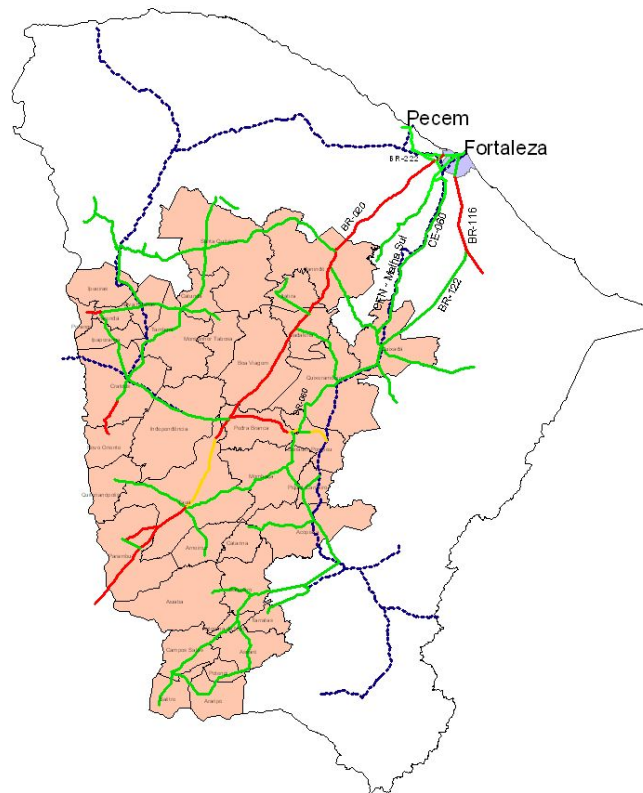


Figura 1. Mapa do Ceará com destaque para a área da CPP_BDM e vinculações modais de transporte.
Fonte: NUPELTD/UFC 2004.

O processo produtivo inicia-se com a produção agrícola de mamona nos 37 municípios zoneados. Após a colheita, a baga da mamona será transportada para as plantas de produção. Com relação à demanda, está acordado que toda a produção do Biodiesel será consumida pelas frotas de ônibus privadas da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, garantindo assim que todo Biodiesel produzido terá mercado cativo.

3.2. O Problema de Localização de Facilidades

A questão da locação de facilidades tem um papel decisivo para a efetivação de uma atividade produtiva, devendo ser analisada de forma conjunta com questões de custos logísticos e o desenvolvimento sócio-econômico da regional, pois tais questões possuem forte interdependência, não podem ser vistas de forma seqüencial ou segmentada. Em relação à Cadeia da Mamona no Estado do Ceará, inexistem estudos para locação de PPBDM.

PRAÇA (2003) evidencia que os órgãos públicos podem dispor de estudos de localização para decidir tecnicamente onde alocar facilidades, tais como escolas, hospitais, pólos industriais, ou qualquer outro tipo de infraestrutura necessária, evitando o desgaste político natural com as partes não beneficiadas, visto que estudos consistentes desta natureza são irrefutáveis.

A ausência de metodologia científica na escolha locacional dá margem à efetivação de decisões com alto custo de oportunidade, baseadas no empirismo ou implementadas a partir do interesse individual do gestor. Além disso, há a possibilidade da existência de acordos e negociações, indesejáveis do ponto de vista político-administrativo, pois o processo decisório transcorre sem que haja a transparência necessária já que não se conhece a melhor opção técnica.

De acordo com CLEMENTE (1998), o estudo da localização é fundamental tanto para as empresas que procuram as maiores vantagens em termos da relação receitas/custos, quanto para o Estado, cujos objetivos de desenvolvimento regional e urbano, como também de diminuição dos desequilíbrios regionais estão em destaque.

ESPEJO (2001) ressalta que o grande interesse pelos estudos de localização é facilmente justificado, pois as decisões decorrentes envolvem normalmente recursos de capital significativos e com efeitos econômicos de longo prazo. Além deste fator, a implantação de facilidades frequentemente causa, na região escolhida, desenvolvimento econômico, porém, poluição e impactos negativos.

Levando-se estes fatores para o problema em questão da localização de PPBDM na CPP_BDM no Estado do Ceará percebe-se que, na escolha locacional, todos os aspectos citados anteriormente devem ser considerados. Afinal, a minimização dos custos logísticos e de infra-estrutura deve ser priorizada no sistema, restringindo a quantidade de opções locacionais para implantação.

Em termos operacionais, os custos e as distâncias de transporte são mensuráveis, sendo que o problema envolve uma busca pela melhor combinação de locais de implantação, dentre inúmeras alternativas geográficas. Além disto, é fácil perceber que o número de possíveis alternativas que devem ser analisadas e comparadas é muito alto.

Estes números dão uma idéia do volume de dados a serem manuseados, já que a análise requer informações sobre a produção de bagas de Mamona, distâncias e o custo de transportes para cada município da região em estudo.

Neste contexto, é evidente que a tarefa de escolher os locais para se instalar uma PPBDM, sem utilizar modelos matemáticos, fatalmente implicará em resultados com elevado custo de oportunidade, de modo que poderão ser escolhidas alternativas que não serão as melhores possíveis, prejudicando a competitividade do Biodiesel e de seus derivados nos pontos de consumo.

4. Modelagem Matemática

O primeiro passo da metodologia é a representação do problema físico. O objetivo central da questão abordada consiste na necessidade de determinar em quais municípios da área piloto deve ser implantada uma unidade de produção de biodiesel de mamona, minimizando os custo total.

Analisando o estado da arte para o problema é possível estabelecer um vínculo entre a questão da distribuição de produtos agroindustriais entre municípios com o tradicional Problema de Localização Capacitado (PLC) tratado por PRAÇA (2003) para Centros de Distribuição Secundária de Gás Natural. Para possibilitar uma melhor compreensão, o PLC será explicado mais detalhadamente em seguida.

Dado um conjunto de facilidades I , em que cada facilidade tem uma capacidade a_i e um conjunto de clientes J , em que cada um tem necessidade b_j , o Problema de Localização Capacitado consiste em encontrar um conjunto $P \subseteq I$ que atenda a todas as necessidades dos clientes de forma a minimizar o custo total.

Na abordagem clássica do PLC, deseja-se solucionar o trade-off existente entre custo de transporte e o os custos de implantação de facilidades. O custo total é composto pelo custo fixo f_j , e o custo variável c_{ij} . A primeira parcela, isto é, o custo fixo f_i é dado pelo custo de instalação da facilidade no município i . Já a segunda parcela representa o custo de transporte de bagas de mamona entre o local de produção que é o custo para transportar uma unidade do produto de i à facilidade j . O problema de localização capacitado pode ser formulado como um modelo de programação linear binário, com a seguinte forma:

$$\text{Min} \quad \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} f_j y_j \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = a_i, \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq b_j y_j, \forall j \in J \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I \text{ e } j \in J \quad (4)$$

$$y_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (5)$$

Onde x_{ij} é a quantidade enviada do produto de i para j , e y_j representa a instalação ou não da facilidade j , ou seja, se $y_j = 1$ então a facilidade j será instalada, caso contrário $y_j = 0$.

A Equação 2 assegura que o fornecedor entrega para a facilidade toda a sua produção (oferta). A Equação 3 assegura que a capacidade das facilidades não sejam ultrapassadas e que um fornecedor não atenda nenhuma facilidade fechada. A Equação 4 assegura que as quantidades transportadas não sejam negativas e a Equação 5 estabelece um sistema binário que assume valor zero quando a instalação não é alocada em j e valor um caso contrário.

5. Aplicação do PLC

Para conseguir aplicar o modelo proposto é necessário calcular os parâmetros básicos do modelo. Neste problema, admite-se que apenas 7, dentre os 37 municípios da área piloto, apresentam condições de infra-estrutura para abrigar uma unidade de produção de biodiesel. O problema pode ser representado esquematicamente conforme a Figura 2.

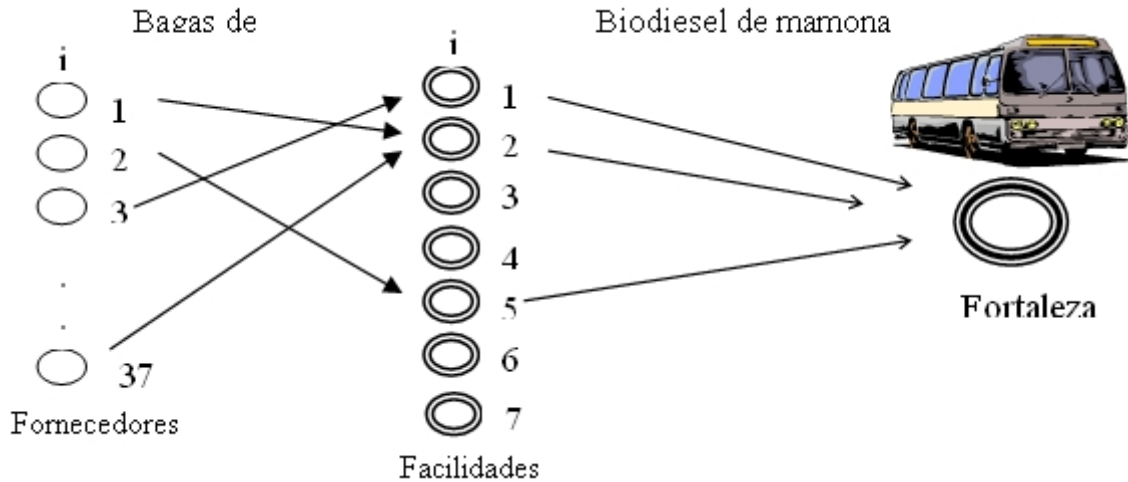


Figura 2. Esquemática do Problema de PLC

Como o objetivo principal está relacionado com a minimização de custos, é fundamental estabelecer quais os custos envolvidos. Diante destes aspectos, percebe-se a necessidade de realizar diversos estudos preliminares que possam subsidiar a modelagem. Isto significa que se deve conhecer os parâmetros de custos relacionados tanto aos locais de produção de baga de mamona quanto para os locais candidatos a receber uma PPBDM. Para a determinação destes parâmetros, foi adotado o seguinte procedimento:

- Geração da matriz de distâncias rodoviárias entre os pontos de produção de mamona e os locais candidatos a receber a PPBDM;
- Associação de um custo de R\$ 0,32/t.km para cada par de origem/destino de bagas de mamona;
- Geração da matriz de custos entre os pontos de produção de mamona e os locais candidatos a receber a PPBDM;
- Determinação dos custos de implantação da PPBDM em cada um dos 7 municípios selecionados.

É importante salientar que todo este procedimento está fundamentado em três hipóteses simplificadoras que são:

- O custo de distribuição (*CD*) é função direta apenas da distância (*dist*) entre os locais de produção e os locais candidatos a receber a PPBDM. Ou seja, admite-se que:

$$CD = f(dist)$$
- Para este caso, tem-se que $CD (R\$) = 0,32 \times dist (Km)$.
- Os custos de distribuição permanecerão constantes ao longo do período analisado para o presente estudo.
- Os custos de implantação da PPBDM são diferenciados, em parte, pela distância do município até Fortaleza, local de origem de grande parte dos equipamentos necessários. Desta forma, os custos totais de implantação da PPBDM são dados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa dos custos de uma Planta de Produção de Biodiesel da mamona por município

Município	Custo de Instalação e Operação	Custo de Transp. De Biodiesel até Fortaleza	Custo Total
Campos Sales	612.750,0	78.960,5	691.710,5
Canindé	603.330,0	20.622,6	623.952,6
Crateús	608.610,0	53.321,6	661.931,6
Pedra Branca	606.990,0	43.289,0	650.279,0
Quixadá	604.470,0	27.682,6	632.152,6
Senador Pompeu	606.810,0	42.174,2	648.984,2
Tauá	609.600,0	59.452,6	669.052,6

5.1. Coleta de Dados

Além dos parâmetros de custo levantados, são necessários os dados referentes ao plantio da mamona e a capacidade de produção das PPBDM. Para este trabalho, considera-se que a capacidade da planta de produção de biodiesel da mamona é de receber 90.000 toneladas de baga de mamona no período considerado (2005-2009).

Com relação às estimativas de produção de bagas de mamona para o ano de 2005 foram baseadas segundo informações da SEAGRI/CE e as projeções de crescimento para os anos de 2006, 2007, 2008 e 2009 foram estimadas

conforme o Anteprojeto da Mamona para o Ceará. A Tabela 1 apresenta a capacidade produtiva por município ao longo do período considerado.

Tabela 2. Capacidade Produtiva de bagas de mamona em toneladas ano dos municípios

Município	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Acopiara	360,0	597,6	836,6	1.070,9	1.306,5	4.171,6
Aiuba	576,0	956,2	1.338,6	1.713,4	2.090,4	6.674,6
Antonina do Norte	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Ararendá	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Araripe	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Arneiroz	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Assaré	288,0	478,1	669,3	856,7	1.045,2	3.337,3
Boa Viagem	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Campos Sales	288,0	478,1	669,3	856,7	1.045,2	3.337,3
Canindé	2.400,0	3.984,0	5.577,6	7.139,3	8.710,0	27.810,9
Catarina	144,0	239,0	334,7	428,4	522,6	1.668,7
Catunda	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Crateús	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Independência	720,0	1.195,2	1.673,3	2.141,8	2.613,0	8.343,3
Ipaporanga	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Ipueiras	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Itaira	2.400,0	3.984,0	5.577,6	7.139,3	8.710,0	27.810,9
Madalena	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Mombaça	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Monsenhor Tabosa	960,0	1.593,6	2.231,0	2.855,7	3.484,0	11.124,4
Nova Russas	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Novo Oriente	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Parambu	1.800,0	2.988,0	4.183,2	5.354,5	6.532,5	20.858,2
Pedra Branca	1.800,0	2.988,0	4.183,2	5.354,5	6.532,5	20.858,2
Piquet Carneiro	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Poranga	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Potengi	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Quiterianópolis	360,0	597,6	836,6	1.070,9	1.306,5	4.171,6
Quixadá	480,0	796,8	1.115,5	1.427,9	1.742,0	5.562,2
Quixeramombim	1.200,0	1.992,0	2.788,8	3.569,7	4.355,0	13.905,5
Saboeiro	120,0	199,2	278,9	357,0	435,5	1.390,5
Salitre	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Santa Quitéria	960,0	1.593,6	2.231,0	2.855,7	3.484,0	11.124,4
Senador Pompeu	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Tamboril	360,0	597,6	836,6	1.070,9	1.306,5	4.171,6
Tarrafas	240,0	398,4	557,8	713,9	871,0	2.781,1
Tauá	960,0	1.593,6	2.231,0	2.855,7	3.484,0	11.124,4
Total	21.336,0	35.417,8	49.584,9	63.468,6	77.431,7	247.239,0

5.2. Modelagem e Resolução

A modelagem deste problema foi realizada utilizando os parâmetros e restrições tratados na seção anterior e aplicados ao modelo matemático geral do Problema de Localização Capacitado.

Deste modo, a função objetivo de custo total a ser minimizada é composta por 266 variáveis, com seus respectivos coeficientes. Este total corresponde a 7 variáveis de instalação ($Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$ e Y_7), correspondentes a cada local de implantação e 259 variáveis de distribuição associadas a cada par de origem/destino.

Além da função objetivo, a formulação matemática do problema possui 37 restrições de oferta e 7 restrições de demanda (uma para cada facilidade). Para resolver o problema foi utilizada uma versão demonstrativa do software LINDO 6.1, versão demo de livre acesso. O valor calculado da função objetivo é de R\$ 6.311.170,00, representando o custo total para suprir todas as PPBDM. O software realizou neste cálculo 380 iterações.

Serão implantados PPBDM nos locais que correspondem a variáveis binárias de valor 1. Neste caso, foram selecionadas as variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_7 que correspondem, respectivamente, aos municípios de Campos Sales, Canindé, Crateús, Pedra Branca e Tauá..

Assim, o custo total de instalação é dado pelo somatório dos custos de implantação de Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_7 , resultando num valor de R\$ 1.774.080,00. Por consequência, o custo total de distribuição pode ser calculado pela diferença entre o custo total e o custo de implantação, resultando num valor de R\$ 4.537.090,00.

Além destas informações, a Tabela 3 apresenta a área de influência de cada PPBDM. Assim, é possível saber qual deve ser o destino da produção agrícola de cada um dos 37 municípios considerados no estudo. Outro aspecto ressaltado nesta tabela é a quantidade de bagas de mamona processada por cada PPBDM.

Tabela 3. Áreas de influência de cada PPBDM na CPP_BDM

Custo Total (R\$) R\$ 6.311.170,00	Custo de Instalação (R\$) R\$ 1.774.080,00			Custo de Distribuição (R\$) 4.537.090,00
Localização Otimizada - Produção Agrícola e PPBDM				
Campos Sales	Canindé	Crateús	Pedra Branca	Tauá
Aiuába, Antonina do Norte, Araripe, Assaré, Campos Sales, Potengi, Saboeiro, Salitre, Tarrafas	Canindé, Itatira, Madalena, Quixadá, Santa Quitéria	Ararendá, Catunda, Crateús, Independência, Iraporanga, Ipueiras, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Poranga, Tamboril	Acopiára, Boa Viagem, Catarina, Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixeramobim, Senador Pompeu	Arneiroz, Parambu, Potengi, Quiterianópolis e Tauá
Quantidade de baga processada no período 2005/2009(t)				
24.475	77.870	50.059	53.119	41.716

5.3. Análise dos resultados obtidos

A análise deste resultado denota que a definição da localização das PPBDM está mais influenciada pelos custos de distribuição do que pelos custos de implantação, pois os custos de distribuição representam quase 72% do custo total. Esta constatação implica que devem ser priorizados esforços no sentido de reduzir o custo unitário de transporte de bagas de mamona, buscando tecnologias de transporte mais econômicas.

Outro aspecto que merece ser destacado é relacionado com a quantidade de bagas de mamona processada. Percebe-se que nenhuma das PPBDM está com sua capacidade totalmente comprometida. A PPBDM com maior taxa de utilização é a de Canindé que está operando com 86,6% de sua capacidade. Por outro lado, a PPBDM de Campos Sales está com apenas 27% de sua capacidade. Este fato implica que plantas de produção menores e mais baratas devam ser estudadas. Para uma melhor visualização dos resultados obtidos, a Figura 3 apresenta um mapa contendo o esquema de suprimento das PPBDM a partir dos municípios selecionados pelo modelo proposto.

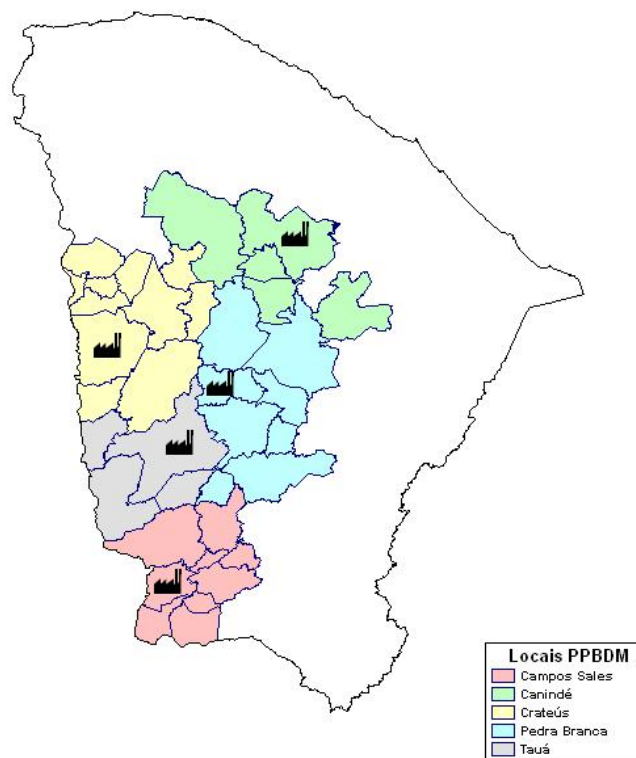


Figura 3. Mapa do Ceará com destaque para a localização otimizada das PPBDM necessárias e suas respectivas áreas de influências.

5.4. Cenários

Para que se possa ter uma maior confiabilidade no modelo, foram realizados alguns testes através da alteração das condições iniciais do problema dado. Na verdade, estas alterações representam cenários criados com base em situações que podem perfeitamente acontecer durante o decorrer do processo. Foram desenvolvidos dois cenários. Os resultados foram analogamente ao procedimento efetuado para o problema inicial

5.4.1. Cenário 2: PPBDM Quixadá obrigatória

Neste cenário foi considerado que o município de Quixadá obrigatoriamente terá uma PPBDM instalada. Esta consideração é baseada na atual conjuntura, pois já existem negociações adiantadas para a implantação de uma PPBDM neste município. Neste caso, para não ter que desativar a PPBDM já implantada, deseja-se saber qual a melhor configuração para o sistema, considerando o funcionamento da PPBDM Quixadá.

Esta nova configuração do problema, implica na adição de apenas mais uma restrição ao modelo inicial. Tal restrição obriga que a PPBDM Quixadá seja escolhida para compor a solução deste cenário. A partir destas informações, o modelo escolherá as demais localidades de implantação das PPBDM, minimizando o custo total.

O resultado foi obtido após 118 iterações. Foram alocados 06 PPBDM: Campos Sales, Canindé, Crateús, Pedra Branca, Quixadá e Tauá. Porém, o custo total passou para R\$ 6.343.963,00, tendo um aumento de apenas 0,5%. A Tabela 4.4 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4. Áreas de influência de cada PPBDM para o Cenário 2

Custo Total (R\$) R\$ 6.343.963,00	Custo de Instalação (R\$) R\$ 2.126.687,50		Custo de Distribuição(R\$) R\$ 4.217.275,50		
Localização Otimizada - Produção Agrícola e PPBDM					
Campos Sales	Canindé	Crateús	Pedra Branca	Quixadá	Tauá
Aiuába, Antonina do Norte, Araripe, Assaré, Campos Sales, Potengi, Saboeiro, Salitre eTarrafas	Canindé, Itatira, Madalena e Santa Quitéria	Ararendá, Catunda, Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Poranga eTamboril	Acopiára, Boa Viagem, Catarina, Mombça, Pedra Branca, Piquet Carneiro e Senador Pompeu	Quixadá e Quixeramubim	Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá
Quantidade de baga processada no período 2005/2009(t)					
24.475	72.308	50.059	39.214	19.467	41.716

5.4.2. Cenário 3: Redução da Capacidade das PPBDM

Neste novo contexto, em virtude da ociosidade das PPBDM nos cenários 1 e 2, admite-se que as capacidades das PPBDM serão limitadas à 50.000 toneladas de baga de mamona no período considerado (2005-2009). Assim, os custos de implantação das facilidades diminuirão. Os efeitos desta limitação implicam que as capacidades das PPBDM deverão ser mais bem utilizadas, havendo uma distribuição equilibrada entre as escolhidas. Portanto, deseja-se saber quantos e quais locais deverão recebê-las.

Este novo problema provoca a alteração da modelagem do problema inicial, através da atualização da nova capacidade de demanda que implica em novos custos de implantação para cada PPBDM. O resultado foi obtido após 130 iterações. Foram alocados 06 PPBDM: Campos Sales, Canindé, Crateús, Pedra Branca, Quixadá e Tauá. Porém, o custo total passou para R\$ 5.685.378,00, tendo uma redução de 9,9% e 10,4% em relação aos cenários 1 e 2 respectivamente. A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5. Áreas de influência de cada PPBDM para o Cenário 3

Custo Total (R\$) R\$ 5.685.378,00	Custo de Instalação (R\$) R\$ 1.215.250,00			Custo de Distribuição(R\$) R\$ 4.470.128,00	
Localização Otimizada - Produção Agrícola e PPBDM					
Campos Sales	Canindé	Crateús	Pedra Branca	Quixadá	Tauá
Aiuába, Antonina do Norte, Araripe, Assaré, Campos Sales, Potengi, Saboeiro, Salitre e Tarrafas	Canindé, Itatira e Santa Quitéria	Ararendá, Catunda, Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Poranga e Tamboril	Acopiára, Boa Viagem, Catarina, Madalena Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Senador Pompeu e Independência	Itatira, Quixadá e Quixeramubim	Arneiroz, Parambu, Quiterianópolis e Tauá
Quantidade de бага processada no período 2005/2009(t)					
24.475	50.000	50.000	50.000	31.048	41.716

6. Considerações Finais

O biodiesel da mamona surge como uma das grandes esperanças do semi-árido nordestino por ser uma atividade capaz de gerar emprego e renda em uma das regiões mais carentes do país. Porém, para o biodiesel conquistar mercados e atingir o lugar de destaque na matriz energética nacional, é necessário que sejam considerados aspectos de competitividade com relação a outros combustíveis. Assim, se faz necessário a aplicação de conceitos logísticos e de otimização na realidade local, de modo a promover o desenvolvimento e o aprimoramento de novas técnicas capazes de incrementar as vantagens competitivas do produto.

O modelo ora proposto representa uma ferramenta bastante importante e prática, possibilitando a redução nos custos globais na cadeia produtiva, além de permitir um maior planejamento agrícola com relação aos locais onde deve haver plantio ou determinando quais locais deverão receber instalações industriais de transformação.

Especificamente neste caso, foram discutidos e analisados 3 cenários. É importante ressaltar que os dados existentes ainda são escassos. Desta forma, o aprimoramento do modelo é necessário. Ainda existem muitas simplificações que podem ser melhor tratadas, como por exemplo, incluir os mercados consumidores na análise.

Diante do exposto, este trabalho surge como uma alternativa para auxiliar a tomada de decisão em um setor que desponta com uma grande importância regional. Além disso, merece destaque o fato de que a metodologia empregada pode ser perfeitamente aplicada a qualquer outro tipo de cadeia produtiva de oleaginosas.

7. Referência Bibliográficas

- PRAÇA, E.R. (2003). *Distribuição de gás natural no Brasil: um enfoque crítico e de minimização de custos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.159 fl;
- NUPELTD/UFC (2003). *Nota Técnica - Projeto de Implantação de uma Cadeia Piloto de Produção do Biodiesel da Mamona no Ceará – Projeto CPP_BDM*. Fortaleza-CE;
- SEAGRI (2003). *Anteprojeto para a Mamona no Ceará*. Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará. Fortaleza-CE;
- _____ (2003). *Carta de Fortaleza*. Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará Fortaleza-CE;
- CAIXETA, J.V; R. S. MARTINS (2000) *Sistemas de Transportes e Competitividade dos Agronegócios Brasileiros: Discussão das Perspectivas de Disponibilização de Novos Sistemas Logísticos*. Anais do XI Congresso Panamericano de Transportes, PANAM, Gramado, p. 911-923;
- ESPEJO, L.A.N (2001). *Problema de Localização Hierárquico*. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ;
- CLEMENTE, A. (1998). *Projetos Empresariais e Públicos*. Editora Atlas. 2a ed. São Paulo/SP.