

**ESTUDO PARA A INSERÇÃO DO AGRESTE  
PERNAMBUCANO NO  
CONTEXTO DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL**

**STUDY FOR THE INSERTION OF THE AGRESTE  
PERNAMBUCANO IN THE BIOFUEL PRODUCTION**

**ESTUDIO PARA LA INSERCIÓN DE AGRESTE  
PERNAMBUCANO EN LA PRODUCCIÓN DE  
BIOCOMBUSTIBLES**

**MONALIZA DE OLIVEIRA FERREIRA**

Professora do Programa de Pós-Graduação  
em Economia - PPGECON,  
Centro Acadêmico do Agreste (CAA)  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).  
Grupo de Pesquisas em Economia Aplicada e  
Desenvolvimento Sustentável – GPEAD.  
monaliza.ferr@gmail.com

**KLEBSON HUMBERTO DE LUCENA MOURA**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia,  
Campus do Recife, UFPE. Membro do GPEAD.  
klebson.moura@gmail.com

**RAFAELLA SILVA PEREIRA SALES**

Estudante do Curso de Economia do CAA/UFPE.  
Membro do GPEAD. rafaella.sp.sales@gmail.com

**RESUMO**

O aceleramento do desenvolvimento industrial, as mudanças climáticas e a interferência cada vez maior do homem na natureza têm suscitado discussões cada vez mais acaloradas sobre o desenvolvimento sustentável. O objetivo geral deste estudo é inserir o Agreste Pernambucano no contexto da discussão sobre a possibilidade de produção de biocombustível. O artigo tem como objetivo específico indicar a melhor oleaginosa para a produção de biocombustível no Agreste Pernambucano. A escolha da mamona e algodão como alternativas de decisão, deu-se em razão da indicação



dessas oleaginosas no PNPB para o Nordeste brasileiro. A decisão quanto à escolha da oleaginosa exige a consideração de critérios como produtividade, custo de produção, adequação do solo/clima, conservação do meio ambiente, qualidade do produto final e disponibilidade dos fatores de produção. Existe um conjunto de métodos multicritérios que estruturam, analisam e oferecem suporte para auxiliar o processo de tomada de decisão. Dentre eles, o Método AHP (Método de Análise Hierárquica) foi escolhido. Após a aplicação do modelo, considerando a ferramenta de tomada de decisão, a partir do conjunto de preferências dos especialistas, verificou-se que a oleaginosa que melhor se adéqua a produção de biocombustível no Agreste Pernambucano é o algodão.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sustentável, oleaginosas, análise multicritério.

## ABSTRACT

The acceleration of industrial development, climate change and the growing interference of man in nature have attracted increasingly heated discussions on sustainable development. The aim of this study is to insert the Wasteland Pernambucano in the context of the discussion about the possibility of production of biofuel. The article specifically aims to give better oilseed for biofuel production in the arid zone of Pernambuco. The choice of castor beans and cotton as decision alternatives occurred because of the indication in these oilseeds PNPB to northeast Brazil. The decision regarding the choice of oilseeds requires consideration of criteria such as productivity, production cost, suitability of the soil / climate, environment conservation, product quality and availability of production factors. A number of multicriteria methods that structure analyze and support to assist the process of decision making. Among them, the AHP (Analytical Hierarchy) was chosen. After applying the model, considering the decision-making tool from the set of preferences of the experts, it was found that the crop which is better biofuel production in the arid zone of Pernambuco is cotton.

Keywords: development sustentavel, oilseeds, multicriteria analysis.

## RESUMEN

La aceleración del desarrollo industrial, el cambio climático y la creciente injerencia del hombre en la naturaleza han atraído cada vez



más acalorados debates sobre el desarrollo sostenible. El objetivo de este estudio es insertar el Agreste Pernambucano en el contexto de la discusión sobre la posibilidad de producción de biocombustibles. El artículo tiene por objeto indicar la mejor oleaginosa específica para producir biocombustible en el Agreste de Pernambuco. La elección de estas semillas oleaginosas em PNPB para el Noreste de Brasil. La decisión sobre la elección de las semillas oleaginosas requiere la consideración de criterios como la productividad, los costos de producción, la idoneidade del suelo/clima, conservación del medio ambiente, la calidad del produto y la disponibilidad de factores de producción. Uma serie de metodos multicritério que la estrutura analiza y apoya para ayudar al processo de toma de decisiones. Entre ellos, el AHP (Jerarquía Analítica) fue elegido. Después de aplicar el modelo, teniendo en cuenta la heerramienta de la toma de decisiones del conjunto de las preferencias de los expertos, se encontro que la cosecha de lo que es mehor la producción de biocombustibles en el Agreste Pernambucano es el algodón.

Palabras clave: el desarrollo sustentable, semillas oleaginosas, el análisis multicritério. Classificação JEL – Q01, Q38, Q42, Q56, C38.

## I INTRODUÇÃO

O aceleramento do desenvolvimento industrial, as mudanças climáticas e a interferência cada vez maior do homem na natureza têm suscitado discussões cada vez mais acaloradas sobre o desenvolvimento sustentável. É consenso entre acadêmicos e agentes políticos que o crescimento sustentado deve atender a três premissas básicas: que seja economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente sustentável.

Nesse sentido, o termo biodiesel tem sido usado constantemente na literatura nacional e internacional, em razão da necessidade de uma produção mais limpa e que corrobore com as políticas de conservação do meio ambiente. Ademais, as limitações da matriz energética, em virtude de um possível esgotamento das fontes de petróleo, também são argumentos bastante convincentes. Dessa forma, os constantes aumentos de preço do petróleo nos últimos anos, a necessidade de independência energética e a preocupação com o aquecimento global tornaram-se fatores determinantes para toda



essa evidência do biocombustível. Na Figura 1 pode-se visualizar a problemática geral dos biocombustíveis.



Figura 01. Problemática Geral dos Biocombustíveis. Fonte: MAGALHÃES (2008).

A origem do biodiesel data do final do século XIX, quando o governo francês começou a produzi-lo, com a intenção de estimular a auto-suficiência energética nas suas colônias africanas e minimizar custos relativos à importação de carvão e combustíveis líquidos. Por sua abundância, o amendoim foi escolhido como matéria-prima. Mesmo com a eficácia do combustível vegetal, sua produção caiu na primeira metade do século XX, entre outras razões (inclusive políticas) pela queda no custo do diesel mineral. Sua produção foi retomada apenas com a eclosão da Segunda Guerra Mundial, em virtude da insegurança quanto ao suprimento dos derivados de petróleo. Terminada a guerra, as indústrias de esmagamento e produção de óleo, instaladas emergencialmente para suprir a demanda, não dispunham de base tecnológica adequada para progredir (BRASIL/SEBRAE, 2008).

O chamado biodiesel é um combustível originado de matérias-primas vegetais (oleaginosas tais como mamona, soja, dendê, girassol, algodão) ou resíduos animais. É também denominado de biocombustível. Esse combustível substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores de ignição por compressão e



geradores de energia. A mistura entre o biodiesel e o diesel mineral é conhecida pela letra B mais o número que corresponde à quantidade de biodiesel na mistura. Por exemplo, se uma mistura tem 5% de biodiesel, é chamada B5, se tem 20% de biodiesel é denominada B20. O biocombustível puro corresponde ao B100 (BIODIESELBR, 2008). Convém ressaltar que em nenhum lugar do mundo produz-se o B100 e possivelmente não se produzirá tão cedo. No Brasil, utiliza-se como parâmetro o B5, mas já se considera a possibilidade de produção do B8.

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustível (PNPB) prevê que o biodiesel contribuirá para a geração de emprego e renda (inclusão social), redução de emissão de poluentes, redução das disparidades regionais e dependência de importação de petróleo. E indica como alternativas ideais para a produção de biocombustível no Nordeste, mamona e algodão. Nesse sentido, seguem as premissas do PNPB, de acordo com o relatório final do grupo de trabalho interministerial para o biodiesel (BRASIL/MME, 2003):

- O Brasil não deve privilegiar rotas tecnológicas, matérias-primas e escalas de produção agrícola e agroindustrial, diante do amplo leque de alternativas que se pode explorar;
- O biodiesel deve ser imediatamente incorporado à agenda oficial do Governo, de modo a sinalizar a opção política e socioeconômica do país;
- O princípio básico orientador das ações da política deve ser a inclusão social;
- Norte e Nordeste devem ser regiões privilegiadas por serem as mais carentes;
- A agricultura familiar deve ser inserida na cadeia produtiva do biodiesel, como vetor para o seu fortalecimento e ser apoiada com financiamento e assistência técnica;
- Deve-se promover e fortalecer uma rede nacional de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, com o apoio dos Fundos Setoriais de Ciência & Tecnologia (C&T).

A idéia do programa é inserir a agricultura familiar no centro do processo da produção do biodiesel, buscando unir os objetivos de combate à pobreza e conservação do meio ambiente. Uma questão que se colocou imediatamente foi como poderiam os agricultores



concorrer com possíveis investidores estrangeiros ou mesmo nacionais capazes de empregar técnicas de produção mais avançadas. Para solucionar essa problemática o Governo instituiu o Selo Combustível Social, que dá vantagens fiscais para as empresas que produzam o biodiesel com matéria-prima originária da agricultura familiar (BIODIESELBR, 2008). Contudo, a falta de instrução e espírito cooperativo dos agricultores familiares teria se mostrado como um dos principais entraves para a consolidação do programa. É o que colocam alguns estudiosos sobre o assunto, corroborado pelos estudos de Lima, Sicsú e Ferreira (2009) e de Menezes e Lima (2011). Vaz, Sampaio e Sampaio (2008) demonstram o círculo vicioso da pobreza no meio rural, como se pode observar na Figura 2.



Figura 2. Círculo Vicioso da Pobreza no Meio Rural. Fonte: VAZ; SAMPAIO; SAMPAIO (2008).

A importância deste artigo deve-se principalmente ao avanço da demanda por biocombustível no País e à pequena participação do Nordeste brasileiro na composição da produção nacional. Estudos como o de Gonçalves e Evangelista (2008) têm mostrado que existe um grande descompasso entre a oferta de oleaginosas necessária para suprir as necessidades de produção de óleo para biocombustível e o que tem sido produzido no Nordeste. No caso de Pernambuco, a inserção no Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis (PNPB) está muito lenta. Existem duas pequenas indústrias experimentais, uma em Pesqueira e outra em Caetés, mas nada em escala industrial.

Ante o exposto, o objetivo geral deste estudo é inserir o Agreste Pernambucano no contexto da discussão sobre a possibilidade de



produção de biocombustível. Ademais, pretende-se especificamente, indicar qual a oleaginosa poderia ser norteadora para a inclusão da região no contexto da produção de biocombustível, considerando outros critérios como eficiência técnica e econômica, além da sustentabilidade ambiental.

## II FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O argumento internacional contra o avanço da produção de biocombustível é que coloca em xeque a produção de alimentos, tendo em vista a concorrência por áreas agricultáveis. Todavia, a vasta literatura nacional sobre o assunto derruba esse argumento. No caso do Nordeste, por exemplo, as indicações são pelo cultivo de plantas nativas que não concorram com alimentos, tais como mamona, pinhão manso, algodão. Ademais, em muitos casos, pode-se recorrer ao plantio em consórcio, de forma que o agricultor não precise desistir de plantar o seu alimento (feijão, milho, arroz) ou cultivar seus animais, não ficando inteiramente dependente da produção da oleaginosa (MAGALHÃES, 2008). Nesse sentido, estudos realizados pela BRASIL/EMBRAPA dão conta de possíveis consorciamento da mamona com outras culturas, tais como algodão, milho, feijão e amendoim (BNB, 2004).

A mamona (*ricinus communis*) tem tradição de cultivo no Nordeste Brasileiro, apresenta rusticidade, resistência à seca e tem sido a principal alternativa de renda em épocas de estiagem. Trata-se de uma planta de ciclo longo, com a produção escalonada, estabelecida por cachos de diferentes idades e de cuja semente se extrai um óleo com infinitas aplicações industriais, além é claro, do biodiesel. Estudos projetam, para os próximos anos, uma ampliação significativa da área a ser cultivada com mamona no Brasil e, principalmente, na Região Nordeste (BRASIL/EMBRAPA, 2008).

No final dos anos 1980, o Brasil foi o maior produtor mundial de mamona, mas apresentou declínio na década de 1990, perdendo espaço para Índia e China (BNB, 2004). O Ceará foi pioneiro em termos de produção de mamona, mas hoje a Bahia parece estar na frente na produção dessa oleaginosa. Pernambuco está muito aquém de Estados como Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte em termos de produção e organização com vistas à produção de biocombustível.



Contudo, a vinda da Refinaria de Abreu e Lima para o Estado traz a necessidade da garantia de suprimento para essa demanda.

As discussões sobre a perspectiva de utilização do óleo da mamona no Nordeste, conforme indicado no PNPB como ideal para a Região (Figura 3) têm estimulado a produção dessa oleaginosa em base mais tecnificada, em busca da maior competitividade, inclusive com experiências de irrigação como é o caso de Garanhuns (KOURI; BARTOLOMEU; FERREIRA, 2008). Também se tem notícia de mamona irrigada no Vale do São Francisco, iniciativa com apoio da BIOVASF. Obviamente, nesse primeiro momento, essas experiências de irrigação não envolvem a agricultura familiar, mas esse não seria um fator limitador, desde que comprovadas às viabilidades técnicas e econômicas de tal produção.



*Atlas do Biodiesel - Potencialidade brasileira para produção e consumo de combustíveis vegetais*  
*Biodiesel Atlas - Brazil's potential for production and consumption of vegetable fuel*



Figura 3. Indicações de Oleaginosas por Regiões Brasileiras. Fonte: BIODIESELBR (2008).

Entretanto, há controvérsias sobre a vantagem da mamona sobre as outras oleaginosas. Na verdade, a mamona apresenta algumas desvantagens, tais como a maior viscosidade do óleo, uma



produtividade relativamente baixa (em relação a outras oleaginosas) e a inexistência de valor intrínseco da oleaginosa, ou seja, se não se prestar à produção do óleo, terá pouco valor de mercado. Aliado a isso, experiências pouco exitosas no passado deixaram o agricultor meio “ressabiado” com o cultivo dessa planta.

O artigo de Vaz, Sampaio e Sampaio (2008) revela que o preço mínimo garantido pelo Governo ao agricultor rural (R\$0,65 por Kg da mamona) é insatisfatório para atrair o pequeno produtor rural. Por essa razão, há dificuldades de expansão desse mercado em quase todos os Estados do Nordeste. Nas condições atuais, inclusive, a soja apresenta-se muito mais competitiva. Contudo, uma vez que haja investimentos voltados para a melhoria da produtividade da mamona, esse quadro será revertido.

Em razão da discussão sobre a maior adequação do uso da mamona como principal matéria-prima para a produção de biodiesel no Nordeste, faz-se necessários estudos que revelem alternativas de oleaginosas de acordo com a vocação local de cada região, daí a importância do estudo para o Agreste Pernambucano.

Para além de todas as vantagens da produção de biocombustível no Nordeste: inclusão social, solo e clima propícios, maior vocação agrícola, existe a desvantagem da necessidade de pesquisas na área de melhoramento e desenvolvimento de cultivares, além da falta de estrutura organizada para a produção e distribuição, ou seja, o desenvolvimento da cadeia produtiva por completo. Para sanar as problemáticas locais, o Governo Federal deve concentrar esforços, buscando auxílio inclusive na esfera estadual.

A necessidade de melhor organizar e orientar a formação de arranjos produtivos voltados para a produção de biodiesel é uma grande oportunidade para a agricultura familiar. Entretanto, o sucesso da estruturação da cadeia produtiva tem grande dependência da coordenação dos agentes públicos, de forma a agregar a maior participação de especialistas envolvidos nas diversas áreas contempladas no PNPB, buscando reduzir ou eliminar possíveis gargalos que se apresentam, especialmente, com referência ao atraso tecnológico do agricultor familiar (SILVA, 2000).

### III METODOLOGIA



Vários estudos têm sido aplicados ao contexto da viabilidade da mamona no Nordeste. Contudo, ainda não existem estudos que mostrem o quadro específico do Agreste Pernambucano e encontrar tais vertentes poderia dar um suporte a mais às políticas governamentais que visam adequar de forma eficiente a produção de mamona e demais oleaginosas aos produtores do Estado. Diante do contexto da implantação da Refinaria em Pernambuco, faz-se necessário identificar possíveis áreas de produção de oleaginosas que poderiam ajudar no fornecimento de matéria-prima para a Refinaria.

Para indicar a oleaginosa que mais se adequa à região estudada, foram considerados alguns critérios, que contemplam a eficiência técnica e econômica, além da adequação ao meio ambiente. Esses critérios são elencados a seguir.

- **Produtividade** - Indica quantos quilos podem ser produzidos da oleaginosa por hectare.

- **Custo de Produção** – Refere-se ao custo necessário para o cultivo da espécie.

- **Ciclo de produção** - Refere-se às características de produção, considerando desde a germinação à colheita da oleaginosa.

- **Qualidade do produto final** – Indica qual a qualidade do óleo extraído da planta, considerando características como grau de viscosidade, acidez, toxidade e outros.

- **Adequação do solo e clima** – Indica se a oleaginosa se adequa ao solo e às condições climáticas da região.

- **Conservação do meio-ambiente** – Indica o quanto o cultivo de cada espécie pode vir a prejudicar o meio ambiente (uso de agrotóxicos, toxidade da planta, utilização de queimadas, quantidade de água necessária, poluição da água e outros).

- **Disponibilidade de fatores de produção** – Indica a disponibilidade dos recursos para produção (água, terras propícias, mão-de-obra).

- **Porcentagem de óleo** – Refere-se à porcentagem de óleo que pode ser encontrado em cada fruto (ou semente).

Diante desse cenário, com mais de um critério a ser considerado para a escolha da melhor alternativa, foi utilizado um método de análise multicritério. Para isso, após escolhidos os



critérios, foram enviados alguns questionários para especialistas do assunto. No modelo original, proposto por Saaty (1991), utiliza-se apenas a opinião de um especialista. Contudo, tendo em vista que existe uma variedade de especialistas estudando o assunto, convém considerar a média dessas opiniões<sup>1</sup>, como tem sido utilizado vastamente na literatura.

### 3.1 Método de Análise<sup>2</sup>

A teoria da decisão fundamenta-se no pressuposto de que os indivíduos são racionais em situações de decisão simples. Em cenários mais complexos necessita-se de uma teoria que supra a limitação cognitiva do ser humano, tendo em vista que quando os critérios de solução são iguais ou superiores a dois, geralmente conflitam entre si (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2002).

Existe um conjunto de métodos multicritérios, originados a partir da Pesquisa Operacional, que estruturam, analisam e oferecem suporte para auxiliar o processo de tomada de decisão, que tem sido amplamente utilizado em todo o mundo com várias aplicações, tais como para auxiliar análises de custo-benefício na alocação de recursos, resolução de conflitos, localização de aeroportos, planejamento de tráfego (SAATY, 1991).

Nesse contexto, os métodos multicritérios objetivam auxiliar analistas e decisores em situações onde há a necessidade de identificação de prioridades entre os vários critérios a serem considerados, de forma a apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha da melhor alternativa para a tomada de decisão. O espaço das variáveis de decisão consiste no conjunto de decisões factíveis e não-factíveis para um dado problema. Ademais, esses métodos reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam julgamentos de valor para tratá-la cientificamente.

Os elementos essenciais a qualquer problema multicritério constituem-se de: (a) decisores – quem faz as escolhas e assume as preferências, grupos de pessoas ou especialistas no assunto abordado;

---

<sup>1</sup> O desvio-padrão foi baixo, acredita-se que tenha sido pelo fato de que os especialistas que responderam ao questionário eletrônico compunham-se basicamente de pesquisadores da BRASIL/EMBRAPA e PETROBRÁS, tendo uma percepção muito parecida sobre as questões consideradas.

<sup>2</sup> Esta seção está especialmente baseada nos textos de Ferreira (2008); Gomes, Araya e Carignano (2004); e Gomes, Gomes e Almeida (2002).



(b) analista – quem interpreta e quantifica as opiniões dos decisores, estrutura o problema, elabora o modelo matemático e apresenta os resultados para a decisão; (c) modelo – conjunto de operações matemáticas capazes de transformar as preferências dos decisores em um resultado quantitativo; (d) alternativas – ações globais e independentes que visam à solução do problema; (e) critérios/atributos – os atributos são as ferramentas que permitem a comparação entre as diversas alternativas. Quando se aplica uma escala de valor ao atributo, a partir da preferência do decisor, tem-se o critério.

As quatro relações fundamentais de preferência a serem consideradas são: (a) indiferença – “a I b”, significa que há razões que justificam a indiferença na escolha entre as duas alternativas; (b) preferência estrita – “a P b”, existem fatores que favorecem a alternativa “a” relativamente à alternativa “b”; (c) preferência fraca – “a Q b”, existe dúvida de se “a I b” ou “a P b”; (d) incomparabilidade – a R b, inexistente qualquer situação que legitime as disposições anteriores.

De forma que, se a I b  $\square$   $g(a) = g(b)$ ; se a P b  $\square$   $g(a) > g(b)$ ; se a Q b  $\square$   $g(a) \square g(b)$ ; se a R b  $\square$  “a” não pode ser comparado com “b”. A partir das preferências dos decisores, são estabelecidos os critérios e alternativas, para a construção da matriz de decisão, definida para “m” alternativas ( $a_1, a_2, \dots, a_m$ ) e “n” critérios ( $c_1, c_2, \dots, c_n$ ), de dimensão m X n.

Dessa forma, os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MADM) têm caráter científico e subjetivo, com capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, quantitativas e não quantitativas, facilitando assim a transparência e sistematização dos problemas de tomada de decisões.

Em essência, os MADM referem-se a um problema de otimização com diferentes funções-objetivo simultâneas. Expresso por  $\text{Max } F(X)$ , onde  $F(X)$  é o vetor  $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$  de “p” funções-objetivo que representam os objetivos simultâneos do problema e “x” é o vetor  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  das “n” variáveis de decisão. O conjunto de escolhas “X” pode ser discreto ou contínuo (BOUYSSOU, 1993 *apud* GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004). Neste estudo, será utilizado um método discreto por serem os mais utilizados.



A decisão multicritério considera que existe um conjunto de alternativas (conjunto “A”) para resolver determinado problema. Esse conjunto pode ser dividido em subconjuntos que atendam critérios preestabelecidos, de forma que essas alternativas possam ser ordenadas e comparadas considerando seu potencial para solucionar o problema. Faz-se mister destacar que a utilização desses métodos sempre requer o fator humano. Ou seja, a decisão não se dá apenas com base em algoritmos, de forma que utiliza elementos objetivos e subjetivos.

O procedimento de qualquer um dos métodos de apoio à decisão multicritério deve seguir as seguintes etapas: (a) identificar os tomadores de decisão; (b) definir os critérios relevantes para o problema de decisão; (c) identificar as alternativas; (d) determinar a importância relativa dos critérios (atribuição de pesos<sup>3</sup>); (e) avaliar as alternativas em relação aos critérios (esta parte denomina-se *scoring* ou pontuação<sup>4</sup>); (f) determinar a avaliação global de cada alternativa (usando a função de valor multiatributo); (g) realizar a análise de sensibilidade (para perceber a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças nas preferências do tomador de decisão); (h) apresentação do resultado final.

Os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério são divididos em duas escolas, a Americana e a Francesa. Na primeira, tem-se os métodos discretos de agregação a um critério único de síntese. Esses métodos consideram que as preferências dos decisores são representadas por uma função de utilidade ou de valor. Dentre eles destaca-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), também conhecido como Método de Análise Hierárquica, foi elaborado pelo Dr. Thomas Saaty na década de 1970, quando trabalhava no Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Na época, consolidou-se como ferramenta aplicativa com o Estudo dos Transportes do Sudão, mas tem sido utilizado nas mais diversas áreas, inclusive para o estudo de viabilidade de implantação de mercados futuros do leite (SAATY, 1991).

---

<sup>3</sup> Os pesos são os valores de *trade-off* ou taxa marginal de substituição, que determinam quanto de um critério está-se disposto a ceder, com a finalidade de melhorar o desempenho do outro.

<sup>4</sup> Procura-se quantificar o valor de cada alternativa em relação a cada critério e também em relação à alternativa.



O método fundamenta-se na comparação paritária das alternativas. Inicialmente o problema é dividido em fatores, que podem ser decompostos em novos fatores até um nível mais baixo, de forma a se organizar uma hierarquia de níveis descendentes: o objetivo final no topo da hierarquia, os critérios imediatamente abaixo, depois os sub-critérios e, por fim, os possíveis resultados ou cenários.

Esse processo segue quatro etapas básicas: (a) estruturação hierárquica; (b) aplicação da comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema; (c) princípio de priorização e; (d) sintetização de prioridades.

A etapa de estruturação hierárquica constitui-se da formulação do problema, ou seja, a definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia, dependendo da complexidade do problema tratado. No caso mais simples, a hierarquia é formada por três níveis: (1) objetivo geral; (2) critérios; (3) alternativas.

Após a divisão do problema em níveis hierárquicos, determina-se uma medida global para cada uma das alternativas, ordenando-as ao final. Depois de construir a hierarquia, cada decisor apresentará sua preferência entre os atributos considerados par a par, gerando uma matriz quadrada de decisão.

O tomador de decisão deverá fazer  $n(n-1)/2$  comparações, sendo “n” o número de elementos do nível analisado e “ $a_{ij}$ ” ( $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$ ) as diversas alternativas consideradas. Por “a” entenda-se o conjunto das alternativas, considerando cada critério “i”, para cada especialista “j”.

Uma vez preenchida a matriz de comparação, calcula-se o autovalor e seu correspondente auto-vetor, que dá a ordem de prioridade ou hierarquia das características estudadas. Este resultado é importante para a avaliação dos direcionadores, pois será usado para dar a importância relativa de cada característica e, também, para priorizar os direcionadores. O autovalor é a medida que permitirá avaliar a consistência ou a qualidade da solução obtida.

A comparação par a par das alternativas é realizada com uma escala própria, que varia de um a nove, desenvolvida por Thomas Saaty (Quadro 1).



Quadro 01. Escala Fundamental de Saaty.

1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem levemente uma atividade relativamente à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade relativamente à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorável em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: SAATY (1991).

O método pressupõe que as preferências são determinísticas ao invés de probabilísticas; existe uma correlação binária (um elemento é preferível ou indiferente a outro) e uma escala de valores (onde cada atributo é associado a um valor de prioridade sobre os outros em uma escala numérica); construção da árvore hierárquica (elementos ordenados por ordem de preferência, mas homogêneos em cada nível hierárquico); por fim, a constituição de critérios e alternativas para a elaboração do problema. Deve-se frisar que a escolha das variáveis não é aleatória, pois considera o fenômeno estudado a partir das instâncias econômica, institucional, cultural e espacial.

### 3.2 Fonte dos Dados e Informações Relevantes

Os dados utilizados na elaboração do artigo foram coletados em dois momentos. Em princípio, utilizou-se os dados sobre produção de oleaginosas, disponibilizados pela Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



(IBGE). Essas informações foram utilizadas em um primeiro momento para a caracterização ou para a demonstração do cenário atual do Agreste Pernambucano no contexto da produção de biodiesel. Para tal, foram entrevistados especialistas no assunto<sup>5</sup>.

Entre os principais municípios do Agreste Pernambucano destacam-se Caruaru, Garanhuns, Santa Cruz do Capibaribe, Gravatá, Belo Jardim, Pesqueira, Bezerros, Limoeiro, Surubim e Lajedo.

#### IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de proceder ao exercício metodológico, convém ressaltar que foram realizadas visitas à Fazenda Estivas, no Município de Garanhuns-Pernambuco, para investigar as condições da suposta plantação de mamona com agricultura irrigada. Segundo proprietário entrevistado: - a mamona não vale à pena, por falta de viabilidade econômica; o algodão poderia ser uma boa alternativa, ainda mais se fosse o algodão modificado geneticamente (algodão colorido), com maior valor agregado; o pinhão manso é a atual aposta da Fazenda, mas tem a ressalva de ainda se encontrar em pesquisas. Por fim, uma outra alternativa colocada por eles seria a moringa, também existente na propriedade, mas ainda sem testes ou evidências sobre a possibilidade de produção para biocombustível.

Na visita feita à Caetés, na Usina de Biodiesel do CETENE, foi verificado que havia uma produção experimental de biodiesel, a partir de algodão e milho. Em Brejão, também se analisou a produção de biocombustível a partir do algodão. Mas nos dois municípios o suprimento dessas oleaginosas era fornecido pela Bahia e em menor escala por Ceará e Piauí, já que Pernambuco não tinha produção suficiente. Convém ressaltar que esses pequenos fabricos não trabalhavam com escala de produção.

Após a pesquisa bibliográfica e visita in locu a algumas áreas mapeadas no Agreste Pernambucano, procedeu-se ao estudo dos critérios importantes para a escolha da melhor oleaginosa para a produção de biodiesel, a partir da indicação do PNPB.

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma importante alternativa de cultivo para a Região do Semi-árido Nordeste, por ser de fácil

---

<sup>5</sup> A média das informações coletadas serviu como peso ou julgamentos para alimentar o modelo de análise multicritério.



condução, ter boa resistência à seca, além de proporcionar ocupação e renda. Porém, o mercado de óleo de mamona ainda é pequeno e pouco explorado (LIMA; FERREIRA; SICSÚ, 2009). Segundo a EMBRAPA (2004), o cultivo da mamona é benéfico ao meio-ambiente, pois cada hectare cultivado da espécie é capaz de absorver cerca de dez toneladas de dióxido de carbono da atmosfera. Se a mamona for cultivada em grande escala contribuirá para redução de gases poluentes do meio ambiente.

Para uma produção no valor de R\$720,00 obteve-se custos de R\$579,00, o que indica uma renda líquida de R\$141,00 (receita menos custos). Portanto a relação benefício/custo é de 0,24. O uso de área inadequada para o cultivo da mamoneira pode constituir-se em sério fator de degradação dos solos de uma região. Essa planta apresenta pequena habilidade de proteção ao solo. Ela é cultivada em baixa densidade populacional, apresenta baixo índice de área foliar e sua exploração exige eficiente controle de plantas daninhas do plantio até 60 dias após o seu nascimento. Esses aspectos permitem a exposição do solo aos agentes erosivos, como chuva, raios solares e ventos (BRASIL/EMBRAPA, 2006).

Quanto ao cultivo da mamoneira, este tem início no período chuvoso e a colheita é feita quando os frutos estão maduros. O ciclo dura em média 250 dias entre o plantio e maturação dos últimos cachos. Para as espécies de mamona BRS Paraguaçu e BRS Nordeste a produtividade média é de 1500 kg/ha, em sequeiro. O teor de óleo encontrado nestas espécies é em média 48% (BRASIL/EMBRAPA, 2006).

Tratando-se do critério qualidade do produto final o óleo extraído da mamona possui alta viscosidade o que é um empecilho para a produção do biodiesel puro. Essa alta viscosidade torna-se um dos problemas mais evidentes do mesmo, tornando-o um dos ésteres de óleos vegetais mais viscosos, encontrando-se fora dos limites permitidos pela portaria da Agência Nacional do Petróleo (BRASIL/ANP) para o óleo diesel mineral. A alta viscosidade resulta em uma queima incompleta do biodiesel, o que provoca a formação dos acúmulos de carbono nos bicos injetores e nos anéis de pistões (BELTRÃO, 2008). Entretanto, a mistura de até 40% de óleo de mamona ao diesel mineral não ultrapassa o limite de viscosidade determinado pela BRASIL/ANP (BRASIL/ANP, 2001 *apud* BELTRÃO, 2008).



O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. *latifolium* Hutch) adapta-se facilmente ao clima e às condições de solo da região do Semi-árido (BELTRÃO, 2009). Segundo estudos anteriores, a cultura do algodão herbáceo, realizada em condições de sequeiro destaca-se como uma das mais importantes para a Região Nordeste, em especial para os pequenos e médios produtores, tendo assim importância social e econômica muito elevada para o agronegócio Nordestino, sendo que esta Região é, na atualidade, um dos maiores pólos de consumo industrial de algodão da América Latina, junto com o Estado de São Paulo e o México (ARAÚJO et al., 2003). Pernambuco já teve grande destaque na produção de algodão, contudo devido a pragas e doenças, o plantio dessa cultura foi praticamente abandonado (SANTOS *et al.*, 2008).

Pode ser cultivado em regime de sequeiro, e não é perecível, o que resulta em vantagens para o produtor. Além disso, é baixo o uso de fertilizantes inorgânicos, inseticidas, e herbicidas, reduzindo os custos de produção, além de tornar a cultura do algodão menos agressiva ao meio-ambiente. A cultura algodoeira também possui vantagens sociais, mais de 75% do custo de produção é destinado à mão-de-obra, isso indica que o cultivo de algodão tem alta empregabilidade (BRASIL/EMBRAPA, 2006).

Os subprodutos do algodão são todos aproveitáveis pelo homem e podem servir de complemento protéico para animais e homens, na ausência de gossipol (substância tóxica). A torta e o farelo são usados na fabricação de rações; o óleo refinado é usado na indústria alimentícia, óleo de salada, margarina, enlatamento de sardinha e outros. Portanto, todos os subprodutos do algodão são aproveitados pela indústria (BRASIL/EMBRAPA, 2006).

Quanto aos custos de produção, a EMBRAPA disponibiliza os seguintes dados, de forma discriminada. Os custos de produção ficam em torno de 800 reais para uma produção total no valor de R\$1.500,00. A renda líquida do produtor com esta produção é de R\$700,00 (receita menos custos). Dessa forma, a relação benefício/custo é de 0,875, maior do que a relação benefício/custo da mamona. Quanto à qualidade do óleo extraído do algodão o problema encontrado é uma substância tóxica denominada gossipol que dificulta o refino do biodiesel. O gossipol é encontrado no caroço do algodão e possui características muito ácidas. Dessa forma, o óleo



extraído do caroço de algodão para produção de biodiesel possui certo grau de toxicidade (BRASIL/EMBRAPA, 2006).

Quanto ao ciclo de produção este pode variar de acordo com cada espécie. Tendo como referência a espécie BRS 187 8H, por ser propícia ao clima do Nordeste (resistente à seca), podendo ser cultivada em regime de sequeiro por pequenos ou médios produtores. O ciclo produtivo dessa espécie dura cerca de 130 dias desde o momento do plantio até a colheita. Em anos de chuva regular no Nordeste sua produtividade por hectare pode atingir mais de 3 000 kg/ha (BRASIL/EMBRAPA, 2006). O teor de óleo extraído do caroço do algodão é em média 15% podendo chegar até a 20% do peso do caroço.

Na Tabela 1 estão relacionadas às características pertencentes às oleaginosas cultiváveis no Agreste Pernambucano com os critérios priorizados por esse estudo preliminar.



Tabela 01. Critérios *versus* Características Correspondentes de Cada Espécie

	<b>MAMONA</b>	<b>ALGODÃO</b>
Produtividade	1 500 kg/ha	3 000 kg/há
Custo de Produção *	80,42%	53,3 %
Ciclo de Produção	250 dias	130 dias
Qualidade do Produto Final	Viscosidade	Toxidade
Adequação solo/clima	Propícios	Propícios
Conservação do Meio Ambiente	Consome cerca de dez toneladas de gás carbônico por cada hectare plantado.	Baixo uso de agrotóxicos inorgânicos, inseticidas e herbicidas.
Disponibilidade de Fatores de Produção	Moderada (baixa oferta de mão-de-obra no campo)	Moderada (baixa oferta de mão-de-obra no campo)
Porcentagem de Óleo	48%	15%

\*Nota. Razão entre o custo de produção e receita auferida.

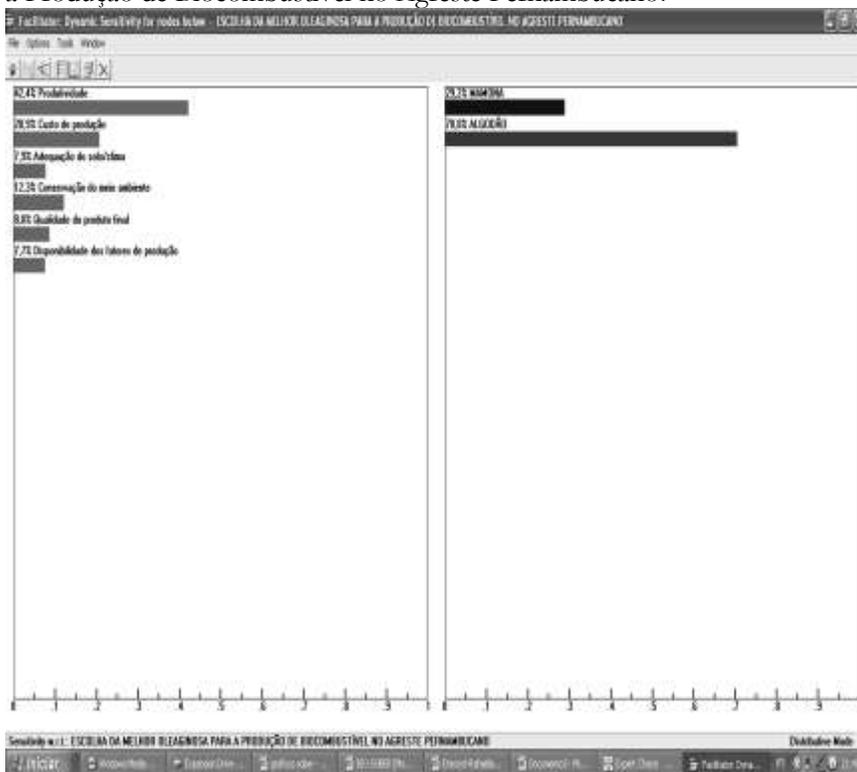
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados diversos selecionados na literatura utilizada.



Esses dados alimentaram o modelo juntamente com os julgamentos dos especialistas. De forma que foram consideradas duas alternativas de produção de oleaginosas – a mamona e o algodão; e cinco critérios – produtividade, custo de produção, qualidade do produto final, adequação do solo/clima e conservação do meio ambiente.

Os resultados demonstram, através da figura 04, a ordem de preferência dos especialistas, demonstrando quais critérios teriam mais importância dentro do objetivo considerado, qual seja a escolha da melhor oleaginosa.

Figura 04. Síntese das Prioridades para a Decisão da Melhor Oleaginosa para a Produção de Biocombustível no Agreste Pernambucano.



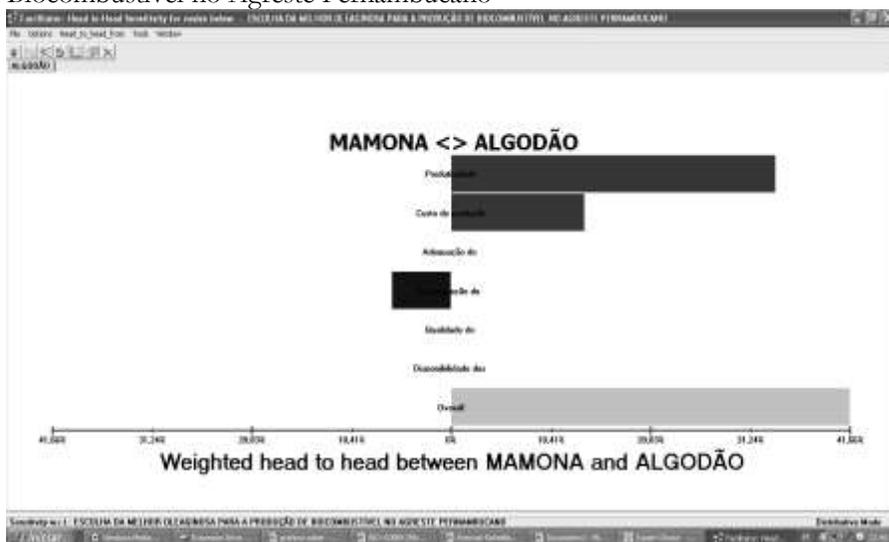
Fonte: Elaboração própria, *Software Expert Choice*, 2010.

A figura 05 corrobora os resultados da figura 04. As barras à direita indicam os critérios mais favoráveis à alternativa do algodão, enquanto a barra à esquerda representa o critério mais vantajoso à



alternativa da mamona; as barras brancas mostram igual peso para as duas alternativas e o resultado geral é demonstrado pela barra cinza. Tendo em vista o maior peso dos critérios produtividade e custo de produção, a melhor alternativa para a produção de biocombustível no Agreste Pernambucano, a partir dos critérios considerados, é o algodão.

Figura 05. Decisão da Melhor Oleaginosa para a Produção de Biocombustível no Agreste Pernambucano



Fonte: Elaboração própria, *Software Expert Choice*, 2010.

## V CONCLUSÕES

Pelos dados analisados e revisão da literatura, percebeu-se que a mamona não é a oleaginosa mais eficiente para produção de biodiesel no Agreste Pernambucano. Esse resultado foi corroborado com a aplicação do modelo de decisão, a partir dos critérios considerados. O mercado de óleo de mamona encontra-se enfraquecido e a produção no Estado é muito pequena; os produtores não estão motivados e não têm expectativas de ganhos com o cultivo dessa oleaginosa; ademais, além do óleo de rícino, não há subprodutos comercializáveis devido à toxicidade da planta. Isso restringe os ganhos do produtor, que ficará muito dependente dos rendimentos da produção de oleaginosa para a



finalidade de extração de óleo. Dessa forma, o algodão aparece como a melhor alternativa, dados os critérios e alternativas consideradas.

Para tornar o processo mais racional e fundamentado, utilizou-se da técnica de análise multicritério de apoio à decisão para a escolha da melhor oleaginosa, dentre as alternativas da mamona e algodão. A distinção entre a metodologia multicritério e outros métodos que auxiliam no processo de tomada de decisão é o grau de incorporação de valores subjetivos dos decisores na elaboração do problema considerado, permitindo que uma mesma alternativa seja analisada de maneira distinta de acordo com o julgamento de valor dos decisores a respeito de cada critério.



Este estudo demonstrou que a produção de oleaginosas para a produção de biocombustível pode ser viável no Agreste Pernambucano. Entretanto, no curto prazo, não há possibilidade de produção de óleo para biodiesel a partir dessas oleaginosas, dado que a produção dessas culturas no Estado veio se restringindo desde 2007 e hoje é praticamente nula. Todavia, no concernente à produção de oleaginosas em médio prazo, alguns critérios devem ser incluídos, sempre considerando não só os aspectos sócio-econômicos, mas também os ambientais.

Do ponto de vista ambiental, em princípio, a mamona pode apresentar uma pequena vantagem, devido a sua capacidade de absorção de monóxido de carbono da atmosfera. Do ponto de vista social, ambas as culturas podem ser cultivadas em regime de sequeiro, o que possibilita a produção pela agricultura familiar. Considerando a junção dos três eixos temáticos e os critérios aqui considerados, mediante os pesos dos especialistas, o algodão aparece como melhor alternativa comparativamente à mamona. O fato do algodão não ser mais produzido em grande escala como em períodos anteriores (muito produzido até a década de 1980 – em razão da praga do bicudo) não seria um problema, caso houvesse políticas setoriais voltadas para esse propósito.

Aliás, dados recentes do Boletim Mensal de Biocombustíveis, elaborado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – BRASIL/ANP (2011), colocam o algodão em terceiro lugar no ranking das matérias-primas para produção nacional de biodiesel. Obviamente, a proporção ainda é muito pequena (2,41%), tendo em vista que 75,22% são devidos à soja e 20,58% ao sebo bovino.

Por fim, convém considerar que os maiores conflitos são sempre concernentes à viabilidade econômica e os trade-offs que se apresentam com os outros dois eixos temáticos do Programa – social e ambiental, elementos muito sensíveis ao contexto macroeconômico vigente. Dessa forma, este resultado deve ser visto com cautela e merece ser aprofundado.

## **VI AGRADECIMENTOS**



Os autores agradecem o financiamento da pesquisa à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE.

## VII REFERÊNCIAS

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). (2004) Possibilidades da mamona como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel no Nordeste Brasileiro. **Séries documentos do ETENE**, n°.01, Fortaleza, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M. OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. BRASIL/EMBRAPA – ALGODÃO. Campina Grande, 2008.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P.; AMORIM, de M. L. C. M. **Opções para produção de biodiesel no semi-árido brasileiro em regime de sequeiro: porque algodão e mamona**. Campina Grande: BRASIL/EMBRAPA Algodão, 2009.

**BIODIESELBR**. Revista Online. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com.br>>. Acessado em 4 ago. 2009.

**BIODIESELBR**. Quanto Custa Produzir Biodiesel? 11-maio-2006. Disponível em <[www.biodieselbr.com](http://www.biodieselbr.com)>. Acesso em 3 de março de 2008.

**BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS (BRASIL/ANP)**. Boletim Mensal de Biodiesel – Janeiro 2011.

**BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL/EMBRAPA)**. Boletim Mensal de Biodiesel – Janeiro 2011. . Disponível em [HTTP://www.cnpa.BRASIL/EMBRAPA.br](http://www.cnpa.BRASIL/EMBRAPA.br). Acesso em 18 set. 2009.



**BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL/EMBRAPA).** Sistemas de Produção (2006). Disponível em [HTTP://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML). Acessado em 03 fev. 2010.

**BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (BRASIL/MME).** Grupo de Trabalho Interministerial – Biodiesel – Relatório Final, 2003. Disponível em <<http://biodiesel.gov.br>>. Acesso em 10 de maio de 2008.

BRASIL. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (BRASIL/SEBRAE). **Biodiesel (Série Cartilhas)**. 2008.

MENEZES, A.S.C.; LIMA, J.P.R. (coordenadores). **Produção de Óleos Vegetais em Pernambuco para Conversão em Biocombustível – Diagnóstico e Indicação de Alternativas**, Editora Universitária, Recife, 2011.

FERREIRA, M. O. **Estudo para a Implantação de Mercados Futuros de Manga e Uva no Brasil usando Métodos Multicritérios para a Decisão**. Recife, 2008, 134p. Tese (Doutorado em Economia), PIMES-UFPE, 2008.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Pioneira Thomson Learning, SP, 2004. 168p.

GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. Atlas, SP, 2002. 264p. GONÇALVES, M.F.; EVANGELISTA, F.R. Os Descompassos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) no Nordeste. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER.

LIMA, J. P. R.; FERREIRA, M. O.; SICSÚ, A. B. Biodiesel: Desafios e Limites da Pequena Produção Familiar em Pernambuco. In:



ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 14, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENEP.

MAGALHÃES, C. **O Incremento do Biodiesel no Nordeste Brasileiro.** Campus France: Semana Franco-brasileira do Meio Ambiente, São Paulo/Rio de Janeiro/Belém, 5-9 maio 2008.

SAATY, T.L. Método de Análise Hierárquica. Trad. Wainer da Silveira e Silva. SP, McGraw-Hill, Makron, 1991, 367p.

SILVA, W.S.D. (2006) A Produção de Biodiesel: Uma Perspectiva para a Agroenergia no Nordeste Brasileiro. In O Futuro da Indústria: Biodiesel. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, 2006.

SILVA, W.S.D. (200?) Uma Avaliação de Fatores para o Desenvolvimento Sustentável da Produção de Biodiesel, incluindo a Agricultura Familiar em Arranjos Produtivos. UPE, 200? (mimeo).

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. (2007) A Produção de Biodiesel no Nordeste: Política para a Inclusão Social. Colóquio Internacional de Boas Práticas Territoriais no Brasil e na União Européia. Brasília, 29-30 nov. 2007.

VAZ, P.H.P.M.; SAMPAIO, Y.S.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. (2008) Análise da Competitividade da Mamona para Produção de Biodiesel no Nordeste do Brasil. Anais do XIII Encontro Regional de Economia do Nordeste / Fórum Banco do Nordeste de Desenvolvimento. Fortaleza, 17-18 julho 2008.

