5.
Apresentação do Estudo de Caso

O presente capítulo tem por objetivo detalhar a metodologia de solução do problema, apresentando os dados e formas de compilação, além da representação sintética do modelo computacional com seus principais componentes. Em seguida, são efetivamente descritos e detalhados os parâmetros de entrada no modelo e restrições adicionais consideradas para definição da solução otimizada.

5.1. Metodologia

Apesar de vir sendo objeto recorrente de pesquisas e estudos acadêmicos, mormente nos últimos anos, a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil ainda carece de fontes de dados fartas e estruturadas. Este cenário se acentua quando se trata do fluxo de matérias-primas com origem exclusiva na agricultura familiar.

Explica-se de uma maneira bastante direta a escassez destes dados; a atividade produtiva de oleaginosas em si, salvo raras exceções, está ainda em fase embrionária ou de renascimento entre os agricultores familiares nas áreas de influência das usinas produtoras de biodiesel instaladas nas regiões Norte e Nordeste. Os próprios bancos de dados oficiais, com destaque para o IBGE, apresentam planilhas de dados históricos pouco densos ou mesmo descontinuados.

As empresas estaduais de assistência técnica, as EMATERs, passaram por longo período de escassez de recursos e falta de investimentos. O recente posicionamento favorável do governo federal ao desenvolvimento da agricultura familiar no bojo do PNPB implicou também um processo de reaparelhamento destas entidades a partir da celebração de contratos de assistência técnica entre elas e a Petrobras. Mesmo assim, ainda não constituem um banco de dados com considerável robustez.

Para levantamento dos dados industriais foram consultados dois profissionais com larga experiência no ramo da indústria de extração, que puderam fornecer informações sólidas e valores bastante realistas acerca de instalações de esmagamento tais como as ora consideradas.

Uma fonte interessante de dados para o presente estudo foram os conhecimentos acumulados por uma empresa privada na região próxima a Montes Claros. A Petróleo Verde do Vale do São Francisco – PETROVASF – é uma esmagadora com sede no município de Itacarambi/MG que adquire grãos e comercializa óleo e torta de mamona. O atual proprietário mantém atividades há cerca de 3 anos na região norte do estado e conta com

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

uma equipe de técnicos e agrônomos que provêem assistência técnica de elevado nível a todos os agricultores com os quais a empresa mantém contrato de fornecimento de grãos.

A safra 2007/2008, cujo recolhimento de grãos foi finalizado no segundo semestre de 2008 foi o primeiro ciclo de plantio e aquisição de oleaginosas em que a Petrobras se envolveu. Além da disponibilização de assistência técnica, a empresa distribuiu sementes certificadas e celebrou contratos de compra e venda de grãos com todos os agricultores interessados.

Por conta deste cenário de atividades recentes, não há registros de dados históricos tais como produtividade e custo de produção para o cultivo de mamona pela Petrobras. Também a EMATER-MG tem dificuldade em acessar dados desta natureza, já que pouco se tem de experiências no estado e mesmo assim com baixa continuidade.

Face a tal cenário, os dados primários e secundários, concernentes aos distintos elos da cadeia produtiva, foram obtidos conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Dados de entrada compilados para inserção no modelo

Elos da Cadeia	Dados	Tipos		Fontes		Delimitação Temporal
		1ário	2ário			
Produção de grãos	Propriedade média		x	MDA		2007
	Produtividade	x		Petrovasf	EMATER	2008
			x	BNB	CONAB	2008
				BB	EMBRAPA	
				IBGE		1990 a 2007
	Custo de produção	x		Petrovasf	EMATER	2008
			x	BNB	CONAB	2008
				BB	EMBRAPA	
	Área Disponível		x	IBGE		1996 e 2007
	Teor de óleo		x	MORAES et al (2006)		-
Transporte de Grãos	Custo de frete		x	Transporte Moderno (2008)		2008
Esmagamento	Eficiência	x		consultores		-
	Custo de esmagamento	x		consultores		2009
			x	SEAGRI		2009
	Custo de instalação	x		consultores		2009
Transporte de Óleo	Custo de frete		x	ESALQ-LOG		2009

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

- Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER-MG
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA
- Banco do Nordeste do Brasil – BNB
- Banco do Brasil – BB
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB
- Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária (Bahia) – SEAGRI
- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ-LOG

O MDA mantém banco de dados de cada município brasileiro com informações de número de estabelecimentos, área e geração de renda, estratificadas por tamanho e categoria de propriedade (agricultura familiar ou patronal).

Para definir o parâmetro "propriedade média" no presente trabalho foram considerados, em cada microrregião, os municípios mais representativos em termos de participação na produção agrícola total, ponderando-se então os tamanhos de propriedades entre agricultores familiares.

Os dados primários relativos à produtividade agrícola e custos de produção foram obtidos através de entrevistas não estruturadas junto ao representante da Petrovasf e a técnicos da EMATER no escritório em Montes Claros/MG. Demais dados secundários relativos à produção agrícola foram acessados a partir de publicações, periódicos ou páginas na *internet* mantidas pelas instituições.

Valores de produtividade são registrados em séries históricas sem referência à forma de cultivo, de maneira que todos os números obtidos foram considerados para cálculo da média, independente da forma de cultivo (com ou sem adubo, consorciada ou não). Também foi calculado um valor médio global para os custos de produção levantados, independente do procedimento produtivo. Para este parâmetro considerou-se ainda o custo de assistência técnica conforme referências do MDA.

Da série histórica de produtividade da base do IBGE foram considerados dados desde 1990. Os demais valores, tanto de produtividade quanto de custo de produção não têm referência temporal histórica e dizem respeito à realidade percebida pelo agricultor no presente.

O dado de produtividade é tratado no presente estudo de forma estocástica de maneira a representar o considerável grau de incerteza inerente a estes valores face a riscos não evitáveis, principalmente por conta de condições climáticas e pluviométricas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Em relação aos custos de produção, tanto o BNB quanto o Banco do Brasil mantêm dados de custo de produção para fins de concessão de crédito aos pequenos agricultores. Foram obtidas ainda planilhas de preços a partir de publicação da EMBRAPA de Campina Grande, que tem informações relativas a instalações em fazendas-modelo e propriedades típicas de agricultura familiar no nordeste brasileiro e localidades específicas na Bahia.

Foi referência ainda a CONAB, que realiza constantemente composições de custo pelo agricultor de forma a estabelecer preços mínimos de compra que remunerem de maneira adequada os pequenos produtores rurais. Também a EMATER-MG mantém dados de custo de produção típicos para cultivo de mamona por agricultores familiares no estado de Minas Gerais, consorciado ou não e sempre com uso de adubos e fertilizantes.

As áreas disponíveis em cada microrregião foram calculadas indiretamente a partir dos dados secundários disponibilizados pelo IBGE e comparadas com os dados mais recentemente publicados, de 1996. Foram feitas inferências a partir de áreas de pastagens em 2007, já que o adensamento de rebanhos é considerada uma das principais formas de liberação de áreas para plantio.

Os dados industriais, obtidos junto a consultores especializados, foram acessados em relatórios técnicos elaborados a partir de uma solicitação de consultoria para determinação de dimensionamento de unidades, custos de investimento e operação, índices técnicos e eficiências para alternativas de porte e tecnologia consideradas.

Compõe ainda o custo de produção de óleo vegetal o dispêndio com matéria-prima, de forma que o valor pago ao produtor pelos grãos de mamona devem ser computados. Os preços foram obtidos a partir de dados históricos mantidos pela SEAGRI.

O dado relativo ao transporte de grãos foi determinado a partir de custos operacionais médios de veículos de carga de diversas capacidades, desde pequenos veículos de 4 toneladas até caminhões de médio porte de até 25 toneladas de carga máxima. Os valores foram ponderados de forma a representar a realidade do transporte contratado nas regiões de influência das usinas: veículos pequenos em vias mal pavimentadas e de difícil circulação e caminhões médios em vias troncais.

O preço do transporte de óleo foi referenciado aos valores praticados pelo mercado, sem qualquer ponderação relativa a aspectos regionais. O grupo de pesquisa e extensão em logística agroindustrial da ESALQ-LOG mantém um banco de dados atualizado de custos de fretes agrícolas: o SIFRECA. Neste sistema de informações é possível acessar valores de mercado para transporte de diversos produtos agrícolas, atualizados semanalmente.

O arranjo ora apresentado não considera o transporte de co-produtos do processo de esmagamento, uma vez que os mesmos são hipoteticamente comercializados no próprio local de esmagamento.

Vale ressaltar que somente são considerados fatores que tenham qualquer impacto na decisão em análise; não é foco deste grupo de trabalho, portanto, investigar oportunidades

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

de melhoria de desempenho e redução de custos da operação logística como um todo, visto que representa oportunidades em qualquer dos cenários. Desta maneira, a consideração imediata dos custos de frete das origens para os destinos é plenamente representativa, não perdendo a validade para o caso de na prática lançar-se mão, por exemplo, de estruturas de entrepostos e pontos de transbordo de carga.

No presente trabalho foi considerado unicamente o modal rodoviário por ser o de maior flexibilidade, agilidade e abrangência no transporte destes tipos de produtos. Além disso, apesar de não requerer investimentos iniciais, tem o maior custo por quilômetro rodado dentre todos os modais disponíveis, de forma que esta consideração torna o resultado conservador e permite tratar outras opções de transporte – hidroviário ou ferroviário – como eventuais oportunidades.

De uma maneira geral, o problema de localização de zonas de produção e esmagadoras se resume a determinar um ponto ótimo entre dois extremos, buscando equilibrar custos logísticos e de investimento. Em um extremo, seria construída apenas uma unidade de esmagamento de porte muito grande (custo de investimento mínimo); no outro, seriam construídas infinitas unidades com tamanho muito pequeno (custo logístico mínimo).

Portanto o modelo pode ser esquematicamente descrito como uma ferramenta com objetivo de minimizar uma função matemática de custo total de suprimento sujeitando-se a solução a um conjunto de restrições e considerando-se um conjunto de parâmetros. Como saída, obtêm-se conjuntos de valores para variáveis que determinam a solução ótima, conforme apresentado na Figura 9.

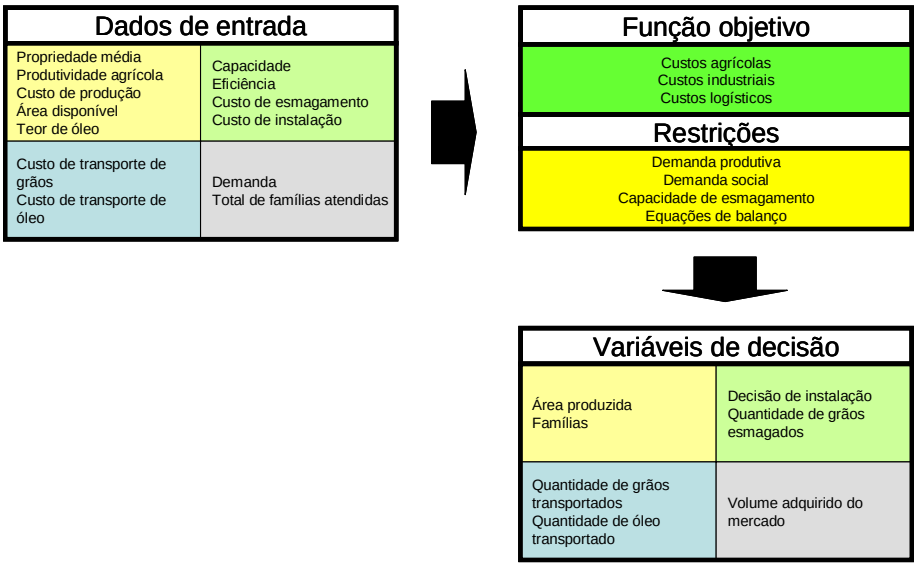

Figura 9: Representação esquemática da modelagem para o estudo de caso

Os dados de entrada podem ser agrupados em conjuntos de quatro naturezas distintas: agrícola (associados à produção de grãos), industrial (associados às instalações

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

industriais de esmagamento), logística (associados a transportes) e de demanda (associados tanto à usina quanto a aspectos sociais).

O equacionamento matemático propriamente dito é constituído por uma função objetivo a ser minimizada, em que são considerados os custos envolvidos na operação da cadeia (agrícolas, industriais e logísticos), e conjuntos de restrições referentes a demandas a serem atendidas e a equações de balanço.

Por fim, a solução do conjunto de equações lineares acima descrito com os dados de entrada considerados fornece valores para as variáveis de decisão, que também podem ser classificados didaticamente como sendo de quatro naturezas – à semelhança dos dados de entrada.

Após validação do modelo, são feitas novas rodadas considerando-se diferentes conjuntos de parâmetros, representando possíveis cenários em que as atividades estudadas podem ocorrer. Estes estudos de sensibilidade têm como objetivo proporcionar robustez às soluções obtidas, a partir do momento em que elas se apresentem de forma recorrente a despeito de determinadas variações nos valores dos parâmetros. Propõem-se como cenários alternativos a serem estudados os constantes na tabela 3.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Tabela 3: Cenários para análise de sensibilidade

Cenários	Justificativas
Variação (-50% e +50%) nos custos de frete	A estrutura das atividades de recolhimento de grãos ainda está em fase de maturação e ainda não se podem relacionar os os custos a valores de mercado com precisão.
Variação (+50% e +100%) na demanda	Estas variações representam as possibilidades de ampliações da usina de biodiesel.
Variação (-15% e +30%) no custo de investimento	Incertezas típicas de uma orçamentação em fase conceitual tal como o realizado.
Mínimo de 600 famílias atendidas anualmente a partir do quarto ano (aumento gradativo desde 300 famílias no primeiro ano)	Metas estratégicas de inclusão social da empresa.
Redução do número de famílias de um ano para o outro nunca superior a 20%	Mesmo que seja possível atender à demanda com número menor de famílias, pode não se de interesse da empresa encerrar contratos com agricultores familiares já inseridos no programa.

5.2. Especificação dos Dados

Inicialmente foram determinados os conjuntos de índices do modelo, aos quais todos os demais dados seriam relacionados. São eles: zonas produtivas, locais de esmagadoras, tipos de esmagadoras, oleaginosas e usinas.

Zonas produtivas: são territórios determinados conforme discretização do universo a que se limita o estudo, podendo ser tão menores quanto a granularidade que se deseja para o modelo.

Oleaginosas: são as cultivares plantadas e destinadas à obtenção de óleo vegetal para produção de biodiesel. Podem se referir tanto a espécies quanto a variedades de uma mesma espécie, caso se julgue adequado diferenciá-las por conta de suas características.

Tipos de esmagadoras: referem-se às possíveis configurações tecnológicas para a unidade de esmagamento a ser instalada, levando em conta ainda os portes das usinas.

Locais de esmagadoras: são municípios que apresentam condições mínimas para instalação sustentável de uma unidade de esmagamento de grãos de oleaginosas. Selecionam-se municípios com boa infra-estrutura, relativamente próximos a centros produtores e com localizações estratégicas, junto a rodovias pavimentadas e em boas condições de tráfego.

Usinas: unidades produtoras de biodiesel a partir de óleos vegetais ou sebo bovino pelo processo de transesterificação.

Ano: em vez de se adotar o calendário agrícola, foi considerado como referência temporal para o presente trabalho um ano regular do calendário, de 12 meses.

Cenários: por se tratar de um problema relativo a produção agrícola, que está sempre atrelada a um elevado grau de incerteza, optou-se pela formulação de um modelo estocástico. As produtividades agrícolas são especificadas, portanto, relacionadas a cenários.

A partir destas definições iniciais, foram estabelecidos dados a serem coletados, podendo-se segregá-los conforme o elo da cadeia produtiva a que estão associados: produção agrícola (Tabela 4), esmagamento (Tabela 5) e transportes de grãos e de óleo (Tabela 6). Além disso, estabelecem-se restrições adicionais controláveis pelo decisor que lança mão do modelo como ferramenta de otimização (Tabela 7).

Tabela 4: Dados de produção agrícola

Produção Agrícola	Relativo a	Unidade
Propriedade média	zona, ano	ha
Produtividade Agrícola	zona, oleaginosa, ano, cenário	tgrão/ha
Custo de produção	zona, oleaginosa	R$/ha
Área Disponível	zona, ano	ha
Teor de óleo	oleaginosa	(adimensional)
Número de Famílias	zona, ano	un

Sempre que mencionado na presente dissertação, o termo "produção agrícola" diz respeito aos volumes de grãos colhidos nas áreas disponíveis para plantio e os demais dados a ele referidos seguem o mesmo raciocínio. Por exemplo, "custo de produção" representa os desembolsos implicados pela decisão de plantar e cultivar uma determinada oleaginosa.

Propriedade Média

Representa o tamanho médio de uma propriedade rural familiar, específica para cada microrregião. Relaciona-se diretamente a um parâmetro estabelecido pelo governo, o "módulo fiscal", que se refere à extensão de terras necessária para que a família de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

agricultores consiga garantir seu sustento com um mínimo de rentabilidade pela atividade econômica.

Este parâmetro é particularmente importante para o cômputo do custo de assistência técnica, já que é assumido um compromisso de número de visitas por família. Quanto maior a propriedade média, mais o custo fixo de assistência é diluído pela produção.

Produtividade Agrícola

A produtividade agrícola é geralmente expressa em toneladas (ou quilos) de produção por unidade de área – tipicamente um hectare. Especificamente no caso de grãos para obtenção de óleo vegetal a produtividade pode ser expressa também em toneladas de óleo por hectare.

Este parâmetro está relacionado fundamentalmente com o nível de tecnologia aplicada pelo agricultor no cultivo. A utilização de implementos agrícolas na semeadura e a aplicação de adubos e fertilizantes, por exemplo, elevam consideravelmente a produtividade.

Outro aspecto que influencia sensivelmente a produtividade é a qualidade da assistência técnica oferecido aos agricultores. Desde a semeadura com espaçamento correto até os procedimentos para colheita, os produtores necessitam de orientação e acompanhamento por meio de visitas dos técnicos.

Custo de Produção

Esta grandeza é expressa em reais por unidade de área – hectare, no caso deste estudo. Está intimamente ligada ao nível de tecnologia aplicada no cultivo e tem ainda relação direta com a produtividade; a utilização de adubos e insumos para correção de solo, por exemplo, aumentam o custo de produção porém geralmente elevam a quantidade de grãos colhidas por hectare.

Área Disponível

Este parâmetro refere-se às extensões de terras cultiváveis capazes de serem aproveitadas para produção de oleaginosas das quais trata o modelo. Devem ser levadas em conta referências e limitações tais como zoneamento agrícola, reservas florestais e indígenas, áreas de preservação e áreas comprometidas com outras culturas agrícolas ou pecuária.

Teor de Óleo

O cultivo de grãos de oleaginosas para produção de biodiesel tem como objetivo maximizar o volume de óleo obtido por hectare plantado, que claramente é função da produtividade e do teor de óleo nos grãos. Este parâmetro é geralmente expresso como uma grandeza adimensional, razão entre a quantidade de óleo contida em uma determinada massa de grão e a própria massa total.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Número de Famílias

A quantidade de famílias em cada região é um parâmetro relevante para distribuição de sementes, visto que um dos pilares do programa é promover melhoria social e benefícios à população das áreas atendidas.

Tabela 5: Dados industriais de esmagamento

Esmagamento	Relativo a	Unidade
Capacidade	tipo de esmagadora	tgrão
Eficiência	tipo de esmagadora	tóleo/tgrão
Custo de esmagamento	tipo de esmagadora	R$/tgrão
Custo de instalação	tipo de esmagadora, ano	R$

Capacidade

Adotando-se as práticas da indústria de óleos, os valores de capacidade considerados no presente trabalho estão referidos à quantidade de grãos processados por ano.

Eficiência

Mesmo os mais experientes no processo de esmagamento por vezes cometem equívocos ao se referirem a "rendimento" como "eficiência" ou vice-versa e, embora estas duas grandezas estejam intimamente ligadas, é importante que se frise esta distinção.

O rendimento de um processo de esmagamento refere-se à quantidade de óleo obtida para uma determinada quantidade de grãos processados. Facilmente se determina o valor do rendimento, por exemplo: se entram na planta de esmagamento 1.000kg de grãos e se obtêm 400kg de óleo, o rendimento é de 400/1000, ou simplesmente 0,4.

Este parâmetro, entretanto, não determina a qualidade do processo, uma vez que não se sabe a quantidade de óleo contida naqueles grãos – em outras palavras, o teor de óleo. Se duas plantas de esmagamento têm rendimentos iguais a 0,4, mas uma recebe uma carga de teor de óleo de 45% e outra de 50%, as duas não são igualmente eficientes. A eficiência é, portanto, a razão entre o rendimento e o teor de óleo no grão esmagado. Por exemplo:

$$\text{Eficiência} = 0{,}4 \ / \ 50\% = 0{,}8$$

Custo de Esmagamento

A operação de uma unidade de extração de óleos é remunerada pela quantidade de grãos esmagados. Este preço relaciona-se diretamente com a tecnologia de processo adotada e com o porte da unidade. Agrega-se ao custo de esmagamento o custo com aquisição de matéria-prima, perfazendo-se assim o custo operacional de produção de óleo em sua totalidade.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Custo de Instalação

Além de um trem de prensas, compõem uma planta completa de esmagamento instalações tais como caldeira, linhas de vapor, roscas ou esteiras transportadoras e tanques de armazenamento. No caso da tecnologia de extração por solvente o investimento é aumentado por conta do investimento na unidade de extração propriamente dita que pode ser precedida pela prensagem mecânica ou não. Ao se projetar uma unidade de extração de óleo, é possível modularizar grande parte dos equipamentos, realizando obras civis compatíveis com futuras expansões de capacidade.

Tabela 6: Dados de transportes de grãos e óleo

Transportes	Relativo a	Unidade
Custo de transporte de grãos	zonas produtivas e locais de esmagadoras	R$/$t_{grão}$
Custo de transporte de óleo	locais de esmagadoras e usina	R$/$t_{óleo}$

Custo de Transporte dos Grãos

Esta grandeza refere-se ao valor pago pelo serviço de transporte de grãos ensacados dos núcleos de compra às unidades de esmagamento. Não são levados em conta os serviços de apoio à aquisição (controle de qualidade, pesagem etc), considerando-se que impliquem uma elevação no preço global do frete de grãos constante e independente da localização dos núcleos produtivos.

Custo de Transporte de Óleo

Trata-se da remuneração pelo transporte de óleo a granel desde os locais de esmagamento até a usina de biodiesel.

Tabela 7: Restrições de controle do usuário

Restrições de Controle	Relativo a	Unidade
Demanda	usina e ano	$t_{óleo}$
Total de famílias atendidas	ano	un

As restrições acima descritas são determinadas pelo usuário do modelo e são fundamentais para a solução pois impõem o atendimento a decisões de cunho estratégico, enquanto as demais restrições existem para garantir a coerência matemática entre as diversas equações que compõem o modelo.

Demanda

Este parâmetro refere-se à demanda da usina de biodiesel por óleo vegetal como matéria-prima para produção de biodiesel. É expressa em toneladas de óleo por ano e pode

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

variar de zero até a capacidade total da usina, conforme restrições técnicas para processamento de determinado óleo ou mesmo por determinações estratégicas da empresa.

Total de Famílias Atendidas

Via de regra um modelo matemático de otimização tem como objetivo minimizar uma função de custo – ou maximizar uma função de lucro ou receita – sem qualquer sensibilidade a aspectos que não econômicos. Esta restrição tem como função proporcionar controle sobre um dos principais objetivos do programa de biodiesel brasileiro, que é a transferência de renda para famílias no campo. Estrategicamente é possível, portanto, estabelecer um número mínimo de famílias atendidas a cada ano, sendo que este valor pode influenciar a distribuição de produção e a localização das esmagadoras por conta dos diferentes tamanhos médios de propriedade e área disponível em cada microrregião.

5.3. Compilação dos dados

Nesta seção apresentam-se os valores adotados para cada um dos parâmetros necessários como dados de entrada para o modelo, bem como para as restrições específicas. Em alguns casos, restringe-se a apresentação aos consolidados, ficando as listas de dados completas aos anexos.

Zonas Produtivas

Foram estabelecidas como zonas produtivas aptas a fornecerem produção de oleaginosas para a usina de biodiesel as microrregiões localizadas na parte norte do estado de Minas Gerais, observando-se dois critérios: proximidade com o município de Montes Claros e delimitação geográfica do semiárido brasileiro. Consideraram-se todas as microrregiões das seguintes mesorregiões: Vale do Mucuri, Jequitinhonha, Norte de Minas e Noroeste de Minas, representadas na figura 10 e descritas na tabela 8.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Figura 10: Mapa das microrregiões selecionadas para zonas produtivas

Tabela 8: Microrregiões selecionadas para zonas produtivas

Microrregiões	Área total (ha)	População	Microrregiões	Área total (ha)	População
Almenara	1.545.200	175.991	Pirapora	2.307.200	159.963
Araçuaí	1.026.100	154.850	Salinas	1.783.700	208.739
Capelinha	1.201.200	196.894	Nanuque	847.200	118.587
Bocaiúva	789.600	66.040	Teófilo Otoni	1.160.900	258.080
Grão Mogol	907.600	42.046	Diamantina	734.800	82.840
Janaúba	1.515.500	243.080	Pedra Azul	506.900	84.313
Januária	3.316.900	269.999	Paracatu	3.499.700	208.367
Montes Claros	2.224.800	592.000	Unaí	2.738.400	142.122

Oleaginosas

Com base nos potenciais agrícolas para a região de interesse, foi selecionada a mamona como oleaginosa única para desenvolvimento do presente trabalho. Foi considerado ainda o alinhamento estratégico com ações de incentivo em execução por produtores de biodiesel e pelo governo.

Importante ressaltar que a mamona não apresenta problemas de perecibilidade e os grãos podem ser estocados por períodos longos sem comprometimento da integridade, desde que mantidas boas condições de armazenagem. Por conta disso, é possível desconsiderar aspectos de sazonalidade da produção ao longo do ano para fins de modelagem.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Tipos de esmagadoras

Entre as rotas existentes para esmagamento de grãos, foram selecionadas a "prensagem mecânica" e a "extração por solvente". Foram deixadas de lado rotas pouco expressivas do ponto de vista industrial, como é o caso das rotas de extração enzimática e supercrítica, que hoje em dia são utilizadas em escala bastante reduzida, por vezes apenas em trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

Além disso, foram estabelecidas diferentes capacidades para cada uma das rotas tecnológicas, representando-se tanto unidades de pequeno porte quanto de médio e grande portes.

Locais de esmagadoras

Respeitando-se os limites das mesorregiões consideradas no presente estudo, foram selecionados municípios aptos a receber instalações de unidades de esmagamento. Para a indicação destas cidades, foram inicialmente descartadas aquelas cujas populações totais não ultrapassassem 40.000 habitantes. Justifica-se esta decisão por se considerar que o número de habitantes e, consequentemente, o tamanho do município representa um bom indicador do seu grau de desenvolvimento de infraestrutura, no que diz respeito a instalações viárias, de água e esgoto, de fornecimento de energia elétrica e mão-de-obra, entre outros.

Listaram-se então os municípios das mesorregiões em estudo com mais de 40.000 habitantes, apresentados na tabela 9 e mapeados na figura 11. Foram considerados, ainda, localizações apontadas como de relevante importância nos cenários regionais segundo estudo da EMATER-MG.

Tabela 9: Locais das esmagadoras considerados

Brasilândia de Minas	Rio Pardo de Minas	Brasília de Minas
Paracatu	Nanuque	Francisco Sá
Bocaiúva	Almenara	Montes Claros
Janaúba	Capelinha	Pirapora
São Francisco	João Pinheiro	Diamantina
Coração de Jesus	Unaí	Teófilo Otoni
Mirabela	Grão Mogol	Araçuaí
Buritizeiro	Januária	

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

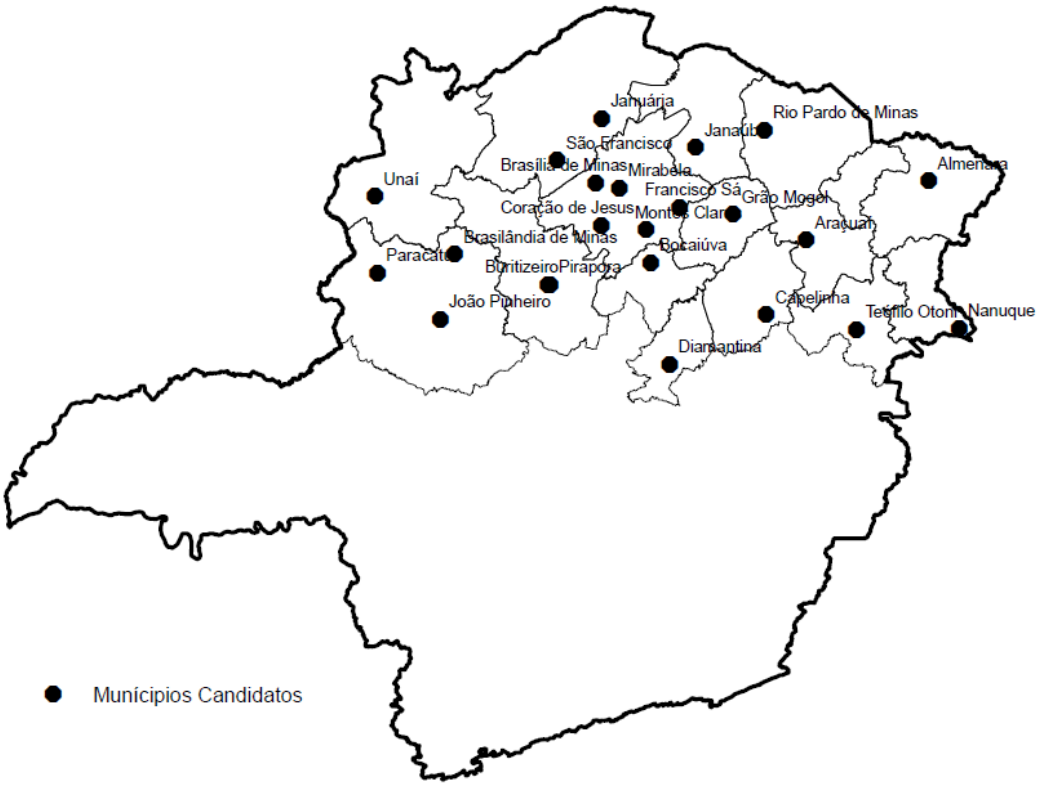

Figura 11: Mapa dos locais de esmagadoras selecionados

Usinas

O modelo ora apresentado avalia a elaboração de arranjo para suprimento a uma única usina produtora de biodiesel, localizada no município de Montes Claros, de propriedade da Petrobras Biocombustível.

Ano

O horizonte de análise do modelo é de 10 anos.

Cenários

São determinados três cenários, com os quais variam alguns dos parâmetros: pessimista, realista e otimista.

Propriedade Média

A tabela 10 mostra as propriedades médias em cada microrregião, calculadas pela ponderação dos municípios mais representativos em cada uma delas. É possível observar que os valores estão de acordo com o limite de quatro módulos fiscais, mandatório para que o agricultor tenha acesso ao PRONAF.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Tabela 10: Propriedades médias e limites de tamanho por módulos fiscais. Fonte: MDA (2007)

Microrregiões	Propriedade média (ha)	04 módulos fiscais	Microrregiões	Propriedade média (ha)	04 módulos fiscais
Unaí	68,41	260,00	Bocaiúva	28,59	160,00
Paracatu	65,76	230,00	Diamantina	27,47	160,00
Januária	41,61	260,00	Capelinha	22,44	160,00
Janaúba	24,31	245,00	Araçuaí	44,67	260,00
Salinas	21,68	260,00	Pedra Azul	87,63	260,00
Pirapora	43,12	280,00	Almenara	65,96	240,00
Montes Claros	39,21	190,00	Teófilo Otoni	40,23	180,00
Grão Mogol	39,30	200,00	Nanuque	49,77	200,00

Produtividade Agrícola

A média dos valores adotados pelas fontes de dados consultadas gira em torno de 1.500kg/ha, salvo o dado disponibilizado pela CONAB, representativo da cultura de mamona na região Nordeste, consorciada com feijão e girassol (tabela 11). Os valores apresentam-se em patamares semelhantes independente da aplicação de adubos.

MONTEIRO (2007) também aponta 1.500kg/ha como produtividade esperada de cultivo de mamona em sequeiro nas condições do semi-árido, valor comum a duas variedades desta oleaginosa: BRS 149 e BRS (Paraguaçú).

Tabela 11: Dados de produtividade agrícola para produção de mamona, em toneladas por hectare

Produtividade (kg/ha)	Fonte	Observação
1.500	BNB	com adubação
1.700	Petrovasf	sem adubação
1.500	EMATER	com adubação
1.500	EMATER	com adubação e consorciado com feijão
1.500	BB	com adubação
500	CONAB	sem adubação e consorciado com feijão e girassol
1.500	EMBRAPA	sem adubação
1.600	EMBRAPA	com adubação e consorciado com feijão

O fato de se indicar um único valor demonstra que a ausência de dados históricos é crítica. Apenas o IBGE apresenta produtividades medidas nas condições reais de cultivo e mesmo assim os dados são bastante esparsos. Apenas duas das microrregiões listadas apresentaram constância na produção de mamona nos últimos dez anos – Januária e Janaúba. Para as outras, embora os dados sejam pouco densos serão adotados neste trabalho por se considerarem os mais próximos da realidade.

Para as microrregiões das quais não se têm dados históricos de produtividade, foi adotada a produtividade média ponderada no estado de Minas Gerais desde 1990. Os dados históricos apontam para a microrregião de Unaí uma produtividade muito superior aos valores das demais microrregiões, sendo que a média refere-se a apenas dois anos de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

produção (1999/2000) e em uma área plantada bastante reduzida. Uma vez que este dado pode implicar discrepâncias na solução, também foi adotada para esta microrregião a média histórica do estado.

Os valores nominais de cada ano foram normalizados de maneira a se considerarem aumentos de produtividade obtidos pela evolução tecnológica no campo. Para tal, adotou-se o crescimento médio da série histórica de produtividade da soja, 3,2% ao ano (ABIOVE, 2009). Em outras palavras, para normalizar um valor nominal de produtividade, aplica-se a este valor um acréscimo de 3,2% cumulativo a cada ano, desde sua obtenção até a presente data, de forma que a produtividade média considerada é de 1.462kg/ha. O Anexo I apresenta dados de produtividade detalhados e os valores considerados para microrregião encontram-se listadas na Tabela 12.

Tabela 12: Produtividades agrícolas consideradas, por microrregião

Microrregião	Produtividade (ton/ha)	Microrregião	Produtividade (ton/ha)
Unaí	1.462*	Bocaiúva	968
Paracatu	1.462*	Diamantina	800
Januária	1.149	Capelinha	2.000
Janaúba	1.395	Araçuaí	1.462*
Salinas	1.065	Pedra Azul	1.519
Pirapora	1.229	Almenara	1.462*
Montes Claros	799	Teófilo Otoni	1.462*
Grão Mogol	1.265	Nanuque	1.462*

* Produtividade média do estado de Minas Gerais

Todos os valores de produtividade acima mencionados são, para o modelo, válidos para um cenário-base realista. O cenário pessimista representa uma quebra de safra inesperada, causada por fatores externos tais como secas prolongadas em que a produtividade sofre uma variação negativa. O cenário otimista reflete a situação em que a safra seja influenciada por algum fator, mormente de origem climática, que implica variação positiva da produtividade agrícola para a oleaginosa em questão.

Os valores de produtividade em cada cenário foram determinados a partir da média e dos valores de máxima e mínima produtividades históricas no estado de Minas Gerais (Anexo I), 2.378kg/ha e 770kg/ha, considerando o percentual de acréscimo e decréscimo que cada um deles representa em relação à média. De maneira semelhante, as probabilidades

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

de ocorrência de cada um destes cenários foram determinadas a partir da distribuição dos valores históricos (tabela 13).

Tabela 13: Reduções percentuais e probabilidades para produtividade agrícola, por cenários

		Cenário		
		Pessimista	Realista	Otimista
Variação	produtividade	770	1.462	2.378
	percentual	- 48%	0%	+ 62%
Ocorrências	histórico	3/18	13/18	2/18
	probabilidade	17%	72%	11%

A produtividade agrícola está sujeita ainda a uma variação ao longo do período de análise, refletindo-se aspectos tais como elevação da qualidade da assistência técnica oferecida, avanço no aprendizado e experiência dos agricultores e acesso a insumos e implementos agrícolas, entre outros. Para o modelo em questão, consideram-se os valores acima mencionados como válidos para o primeiro ano da série analisada, adotando-se um acréscimo anual comum a todas as microrregiões. Foi estabelecido como percentual de crescimento anual da produtividade o valor correspondente à média histórica da indústria da soja, 3,2% (ABIOVE, 2009), assumindo-se que esta taxa reflete o potencial a ser percebido pela cadeia produtiva da mamona por conta dos incentivos que vêm recebendo e face às circunstâncias econômicas e agrícolas atuais.

Custos de Produção

Os custos implicados na produção de mamona pela agricultura familiar foi obtida de diversas fontes e referenciadas a diversas formas de cultivo: consorciada ou não e com ou sem adubação. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14: Dados de custos de produção agrícola para mamona

Custo de produção (R$/ha)	Fonte	Observação
1.139,00	BNB	com adubação
733,00	BNB	sem adubação
1.161,00	EMATER	com adubação
1.667,70	EMATER	com adubação e consorciado com feijão
1.075,20	BB	com adubação
1.345,50	CONAB	sem adubação e consorciado com feijão e girassol
1.347,00	EMBRAPA	com adubação e consorciado com feijão
786,00	EMBRAPA	sem adubação
1.156,80	MÉDIA	

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

As parcelas mais representativas dos custos de produção são insumos para adubação e custo de mão-de-obra empregada. Pela tabela, percebe-se que a utilização de adubos aumenta em cerca de 50% o custo de produção. Outro fator que influencia diretamente o custo de produção é a forma de cultivo da mamona, se consorciada ou monocultura.

Para fins de avaliação no modelo, a média dos valores obtidos é somada ao custo de asistência técnica cujo fornecimento compete ao produtor de biodiesel detentor do SCS, conforme diretrizes do PNPB. O Manual Operacional de Assessoria Técnica, Social e Ambiental (MDA, 2008) foi publicado com o objetivo de orientar e dar respaldo técnico e jurídico a ações em nível nacional e apresenta critérios orientativos para formação de preço de assistência técnica. Considerando-se as referências principais, tais como quantidade de visitas técnicas, número de famílias por técnico, remunerações básicas de pessoal e despesas administrativas características da região do semiárido, é possível estimar com razoável precisão que o custo com assistência técnica gire em torno de R$350,00 anuais por família.

Com a consideração da assistência técnica, o custo de produção varia de microrregião para microrregião conforme o tamanho médio da propriedade (Tabela 15). Como o valor é dado por família, quanto maior a propriedade média menor é o custo de assistência técnica por hectare.

Tabela 15: Custos de produção totais, por microrregião

Microrregião	Custo de Produção Total (R$/hectare)	Microrregião	Custo de Produção Total (R$/hectare)
Unaí	1.161,92	Bocaiúva	1.169,04
Paracatu	1.162,12	Diamantina	1.169,54
Januária	1.165,21	Capelinha	1.172,40
Janaúba	1.171,20	Araçuaí	1.164,64
Salinas	1.172,94	Pedra Azul	1.160,79
Pirapora	1.164,92	Almenara	1.162,11
Montes Claros	1.165,73	Teófilo Otoni	1.165,50
Grão Mogol	1.165,71	Nanuque	1.163,83

Área Disponível

Os últimos dados consolidados do IBGE sobre áreas agricultáveis foram obtidos pelo Censo Agropecuário de 1996 e fornecem, para as microrregiões estudadas, valores de número de propriedades e respectivas áreas totalizadas, conforme condição do produtor (anexo I).

Considerando-se apenas áreas ocupadas por produtores em áreas próprias – condição típica de agricultura familiar – e estimando-se que seja possível atingir no primeiro ano 20% da área total ociosa em 1996 com programas de incentivo ao cultivo de mamona, seria possível expandir as plantações para uma área de aproximadamente 139.661ha.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

A título de comparação, e sendo possível lançar mão de dados mais atualizados, estima-se o potencial de novas áreas produtivas a partir da extensão de pastagens naturais e inferências quanto à densidade populacional dos rebanhos. Foram calculadas as áreas liberadas para plantio a partir do adensamento do gado nas microrregiões, trazendo a concentração de rebanhos para patamar semelhante à média do estado de Minas Gerais. Supondo-se os mesmos 20% de aproveitamento da área total ociosa no ano 1 da análise, o potencial de expansão da produção de oleaginosas seria de 167.754ha.

É realista imaginar que a área disponível para produção em cada microrregião evolua ao longo do período de análise especialmente por conta da atuação da empresa produtora de biodiesel nas regiões. À medida em que ela vai se estabelecendo como compradora da produção, sua base de fornecedores aumenta e o nível de fidelização dos agricultores também se eleva, de maneira que os valores acima mencionados para este parâmetro se referem não ao primeiro ano de análise, sendo este potencial de áreas disponíveis gradativamente aproveitado ao longo do tempo.

Conforme dados disponibilizados pela CONAB, a área destinada ao plantio de mamona na safra 2004/2005 teve crescimento de 76% em relação à anterior em Minas Gerais, diretamente influenciada pela elaboração do PNPB e sua efetiva implantação pelo governo federal. Considerando um aproveitamento de 10% da área total disponível já no primeiro ano e estabelecendo a taxa de expansão de 76%, a área disponível para cultivo de mamona é integralmente aproveitada em um prazo de 5 anos (tabela 16).

Tabela 16: Áreas disponíveis para produção por microrregião, por ano

Microrregião	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	anos 6 a 10
Unaí	1.221	2.148	3.781	6.654	11.711	12.205
Paracatu	988	1.739	3.061	5.387	9.481	9.881
Januária	2.453	4.317	7.599	13.374	23.538	24.531
Janaúba	909	1.599	2.814	4.953	8.717	9.085
Salinas	1.655	2.912	5.125	9.020	15.875	16.545
Pirapora	1.898	3.340	5.879	10.347	18.211	18.979
Montes Claros	1.185	2.085	3.670	6.460	11.369	11.849
Grão Mogol	406	714	1.256	2.211	3.892	4.056
Bocaiúva	310	545	959	1.688	2.972	3.097
Diamantina	333	586	1.032	1.816	3.196	3.331
Capelinha	566	996	1.754	3.086	5.432	5.661
Araçuaí	992	1.745	3.072	5.407	9.515	9.917
Pedra Azul	219	386	679	1.194	2.102	2.191
Almenara	383	674	1.186	2.087	3.674	3.829
Teófilo Otoni	326	574	1.010	1.778	3.129	3.261
Nanuque	124	219	385	678	1.193	1.243
Área disponível	13.968	24.579	43.262	76.140	134.007	139.661

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Número de Famílias

O parâmetro que representa a quantidade de famílias em cada microrregião é obtido a partir determinação da área disponível para plantio e do tamanho de propriedade média em cada microrregião.

Teor de Óleo

Na região do estado de Minas Gerais estão sendo distribuídas pela Petrobras Biocombustível sementes de mamona e girassol, sendo que o presente estudo se restringe à primeira espécie. Duas são as fontes de variabilidade para o teor de óleo: a variedade e as condições de cultivo e crescimento das plantas. Condições climáticas, aspectos naturais tais como a polinização cruzada e mesmo o nível de tecnologia empregados ao longo da safra influenciam a quantidade de óleo que os grãos contêm. MORAES et al (2006) apresentaram resultados de medições de teor de óleo na cultivar BRS Nordestina realizadas pela EMBRAPA em plantio de sequeiro na região de Assu, Rio Grande do Norte. Foi adotado no presente trabalho o teor de óleo de 45%, valor médio das medições publicadas.

Capacidade

Foram selecionadas as capacidades de 12.500 e 25.000 t grão/ano, para as unidades de pequeno porte; 62.500 t óleo/ano, para as de médio porte; e 125.000 e 200.000 t óleo/ano, para as extratoras de grande porte. Estas capacidades equivalem, aproximadamente, a 5.000 e 10.000 (pequeno porte), 25.000 (médio porte) e 50.000 e 80.000 (grande porte) quando referidas em toneladas de óleo por ano.

Eficiência de extração

As tabelas 17 e 18 abaixo apresentam, respectivamente, os rendimentos esperados e as eficiências de extração em cada rota tecnológica (comuns a todas as capacidades) para obter óleo vegetal equivalente ao grau de refino especificado, ou seja, Óleo de Mamona Tipo1.

Tabela 17: Rendimentos de matérias-primas esperados

Rendimentos	Prensagem Mecânica	Extração por Solvente
em t óleo / t grão	0,434	0,462
em t torta / t grão	0,520	0,480
em t resíduo sólido / t grão	0,046	0,058

Tabela 18: Eficiências de extração esperadas

Eficiência	Prensagem Mecânica	Extração por Solvente
em %	90,4	96,3

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Custo de esmagamento

Ao se considerar o custo total para obtenção de óleo vegetal de mamona, é possível identificar uma preponderância do custo da matéria-prima sobre os custos variáveis, chegando-se a frações acima de 90%, independentemente da rota tecnológica selecionada. A incidência é maior no caso das unidades de "prensagem", comparada com as de "extração", dada sua menor eficiência, e consequentemente, o maior consumo de grãos por tonelada de óleo.

Por conta da estrutura de custos do modelo tal como formulada na presente dissertação, este parâmetro se refere apenas aos custos operacionais para industrialização, uma vez que a parcela referente à matéria-prima já é contemplada na etapa de produção no campo representando-se pelos custos de produção agrícola e produtividade.

Quanto aos custos de manutenção, decidiu-se seguir o padrão da indústria de óleos vegetais, estabelecendo o total anual como 2,0% do valor do investimento.

Assim, somados os custos industriais, variáveis e fixos, chegou-se ao custo total para produção de uma tonelada de Óleo de Mamona Tipo 1 (Tabela 19).

Tabela 19: Custo industrial de produção para óleo de mamona tipo I (em R$/tonelada)

Tecnologia	Capacidade (t grão/ano)				
	12.500	25.000	62.500	125.000	200.000
PRENSAGEM MECÂNICA	250	190	143	122	114
EXTRAÇÃO POR SOLVENTE	351	276	216	190	181

Importante destacar que para a presente dissertação se definiu como base de projeto que o regime operacional das unidades de médio e grande porte seria de 24 horas por dia, enquanto que as de pequeno porte operariam 16 horas por dia, o que é bastante usual na indústria de óleos. Decidiu-se também que o período útil seria de 330 dias por ano, reservando os 35 dias restantes do ano para a realização de uma parada geral para manutenção. Tal premissa visa a garantir a ocupação de todo o contingente de pessoal durante o ano, embora essa prática não seja adotada por algumas empresas da indústria de óleos vegetais devido à sazonalidade da safra agrícola.

Custo de instalação

A tabela 20 resume os investimentos estimados para cada capacidade e rota tecnológica selecionada. Importante salientar que os valores abaixo são válidos para unidades considerando-se dimensionamento para operação com máxima eficiência de extração em cada rota tecnológica considerada. Destaque-se ainda que os valores se referem a custos de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

equipamentos sem impostos, visto que a possibilidade de recuperação permite inferir a ausência de inecifiências tributárias por parte da empresa investidora.

Tabela 20: Investimentos em instalações de esmagamento de grãos (em milhões de R$)

	CAPACIDADE (t grão / ano)				
Tecnologia	12.500	25.000	62.500	125.000	200.000
PRENSAGEM MECÂNICA	7,1	11,1	16,3	25,5	34,7
EXTRAÇÃO POR SOLVENTE	9,2	14,4	21,2	33,5	44,8

Para inserção no modelo, o custo do investimento a ser considerado deve refletir o período de geração de fluxo de caixa positivo até o final do horizonte de análise, bem como a amortização anual em relação a sua vida útil. Por exemplo, se uma planta inicia a operação no ano 1 e tem 20 anos de vida útil, o cenário considera dez anos de "amortização" do investimento. Se a mesma planta iniciar a operação no ano 8, o cenário só considera dois anos para "amortização" e, portanto, este valor precisa ser descontado do valor do investimento para valorar corretamente a diferença entre ter 10 anos para pagar parte do investimento, ou ter apenas 2 anos. A fórmula que representa estas considerações é a abaixo, e os valores ano a ano encontram-se listados no Anexo I.

$$\textit{Para cada período } PER:$$

$$InvestAtualizado \times \frac{\left(1-\frac{1}{(1+taxa)^{(PERfinal-PER)}}\right)}{\left(1-\frac{1}{(1+taxa)^{Vidaútil}}\right)}$$

Custo de transporte de grãos

Os valores publicados para veículos de diversas capacidades de carga – de 4 a 23 toneladas – foram ponderados considerando-se a estrutura usualmente contratada pela Petrobras Biocombustível para este tipo de serviço, chegando-se a um momento de transporte de R$0,1096 por ToneladaxQuilômetro.

As distâncias entre as zonas produtivas e os locais das esmagadoras foi determinado a partir de base de dados cartográficos mantidos pela página na internet Google Maps e referem-se à distância rodoviária (Anexo I). Por se tratar de serviço de transporte bastante específico e por rotas tipicamente não comerciais, as distâncias são inseridas no modelo com seu valor dobrado, representando o custo do frete de retorno.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA

Custo de transporte de óleo

Para o mês de janeiro de 2009, o SIFRECA fornece o custo médio de contratação para transporte de óleo de soja a granel em diversas rotas no país. Considera-se como dado de entrada no modelo a média dos valores apresentados, R$0,1584/t.km.

Embora as condições de rodagem e a estrutura instalada para atendimento à demanda por transporte na região norte de Minas Gerais seja distinta da existente nos eixos considerados pelo SIFRECA, pode-se considerar que eventuais variações sejam regionais e, portanto, percebidas de maneira semelhante por todas as rotas possíveis entre locais de esmagadoras e usina. Serão considerados, portanto, os valores de frete do SIFRECA, ajustados pelas distâncias entre os locais das esmagadoras e a usina de biodiesel, ressaltando-se as mesmas considerações a respeito de distâncias apontadas para o item "custo de transporte de grãos".

Demanda

A capacidade de produção atual da usina de Montes Claros é de 50.000 toneladas de biodiesel por ano. Conforme dados de projeto de usinas de transerterificação de tecnologia semelhante, é razoável aproximar a demanda anual para valor igual ao volume de produto final, ou seja, 50.000 toneladas de óleo vegetal.

A Resolução 07 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), de em 19 de março de 2008, estabelece especificações técnicas para o biodiesel puro – B100. Logo após sua publicação, a Petrobras Biocombustível divulgou uma nota informando que sua meta era usar misturas de até 30% de óleo de mamona como matéria-primas nas usinas.

Seguindo esta referência é possível considerar que a demanda anual da usina por óleo de mamona seja de 15.000t, sendo que este valor de referência pode variar para mais (eventuais ampliações ou mudanças na legislação) ou para menos (restrições técnicas). Por conta da estabilidade de demanda por óleo diesel no mercado nacional é possível considerar ausência de sazonalidades na demanda da usina de biodiesel.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0712523/CA