

7.

Resultados

Como resultado do problema de localização, a solução ótima do sistema de equações fornece conjuntos de valores para as variáveis de decisão, sendo as principais: áreas utilizadas para plantio anualmente nas microrregiões com áreas disponíveis; número e famílias atendidas anualmente em cada uma destas microrregiões; especificação (tecnologia e porte) e localização de unidades de esmagamento ao longo do tempo de análise; perfil de suprimento de matéria prima para as esmagadoras (fluxos de grãos) e para as usinas (fluxos de óleos) e volumes de óleos adquiridos no mercado, além do próprio custo total do sistema.

A primeira seção apresenta e conduz interpretações acerca dos resultados obtidos para o cenário base, constituído pelo conjunto de valores conforme o capítulo 5 desta dissertação. Trata-se de um cenário determinístico, em que não se consideram variações para nenhum dos parâmetros. Na seção seguinte analisam-se os impactos de variações imputadas a certos parâmetros nos resultados do cenário base. Por fim, a terceira seção apresenta a solução para o caso em que se considera um cenário de incerteza em relação ao valor de produtividade, com três valores possíveis – e respectivas probabilidades de ocorrência – para este parâmetro.

7.1. Desempenho computacional

O modelo elaborado e aplicado na presente dissertação não demandou elevados recursos computacionais. A Tabela 23 resume dados relativos às dimensões do modelo e tempos de execução. As performances se referem a processamento em um computador com processador Intel Pentium M com processador 1,50GHz com 1,49GB de memória RAM.

Tabela 23: Dados básicos do modelo matemático implementado

Modelo	Solver	Variáveis	Variáveis inteiras	Iterações	Restrições	Tempo de process.
Estocástico	CPLEX 11.2	23.901	2.300	12.792	3.491	21,4s
Determinístico		11.161	2.300	5.234	3.491	7,4s

7.2. Apresentação dos resultados para o cenário base

O cenário considerado como básico é o determinado pelo conjunto de restrições e parâmetros apresentados no capítulo 5. Conforme já apontado, a solução para o problema tal como abordado se constitui de uma decisão em dois níveis: localização de unidades de esmagamento e distribuição da produção agrícola.

Para estas condições do cenário base, a distribuição de produção otimizada apresenta-se com grande dispersão nos dois primeiros anos, sendo que no longo prazo pode se observar uma tendência de centralização em pólos produtivos, com destaque para as zonas de Araçuaí, Capelinha e Pedra Azul (Figura 15). A dispersão da produção nos primeiros anos ocorre por conta da reduzida extensão de áreas disponíveis, inclusive insuficiente para atender integralmente à demanda da usina. Desta forma, catorze das dezesseis zonas participam da produção de grãos nos dois primeiros anos. No terceiro ano, cinco delas já deixam de produzir e no quinto ano de análise, apenas quatro – Araçuaí, Capelinha, Pedra Azul e Janaúba – suprem a cadeia com grãos.

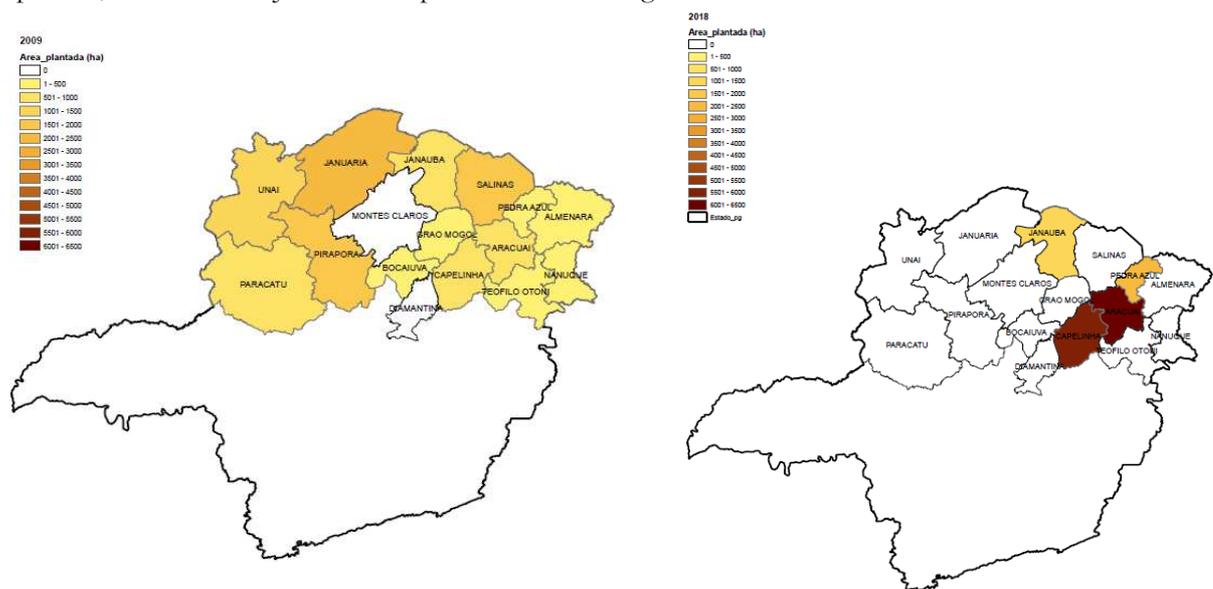


Figura 15: Áreas produzidas por microrregião em 2009 e 2018

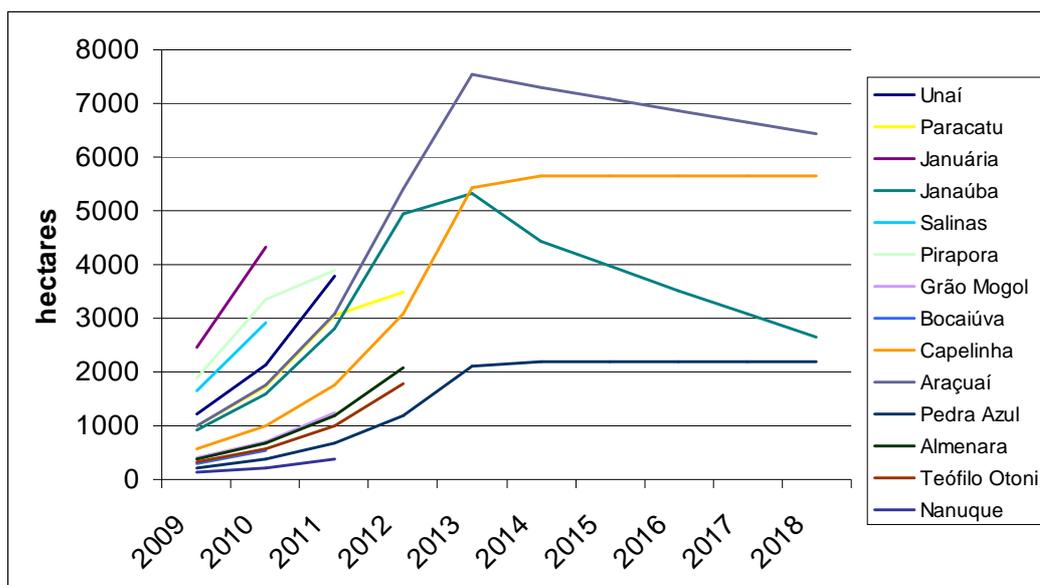


Figura 16: Distribuição de área plantada por zona produtiva no cenário base

Capelinha e Pedra Azul têm suas áreas disponíveis integralmente aproveitadas ao longo de todo o período de análise, o que se justifica por terem estas zonas as maiores produtividades do estado. A produtividade considerada para Araçuaí foi a média do estado de Minas Gerais, idêntica portanto a outras quatro zonas produtivas. Desta forma, a solução aponta para distribuição de produção em Araçuaí por suas vantagens logísticas e, à medida em que o crescimento de área disponível em Capelinha e Pedra Azul permite concentrar o suprimento de grãos nestas duas origens, a curva de utilização da área disponível começa a declinar. Situação semelhante se observa em relação a Janaúba, que se apresenta com uma curva ascendente ao longo dos quatro primeiros anos e vê sua participação diminuída a cada ano a partir daí (Figura 16).

Interessante observar que o parâmetro com maior peso para formação dos pólos é a produtividade, mesmo que seja necessário estabelecer origens descentralizadas para os fluxos dos grãos. Observa-se que a zona produtiva de Janaúba, por exemplo, tem uma área disponível suficiente para atendimento exclusivo e dedicado a todo o volume demandado porém sua produtividade é cerca de 25% menor do que a média, o que ocasionaria um prejuízo maior do que a redução de custo de transporte proporcionado por uma eventual centralização. Ressalte-se que não são considerados ganhos de escala nos custos agrícolas advindos da centralização de produção.

O número de famílias que participam da atividade produtiva de grãos cresce nos dois primeiros anos de maneira semelhante ao percentual de área produzida. A partir do terceiro ano, quando se inicia o processo de centralização de forma mais acentuada, a quantidade de agricultores beneficiados cai e passa a sofrer uma pequena redução anual, permanecendo ao longo do período entre 600 e 500 famílias (Figura 17). O tamanho da propriedade média foi considerada constante durante os 10 anos de análise, de forma que a redução numérica de participantes decorre do aumento gradativo de produtividade que permite atendimento à demanda com menor área ocupada.

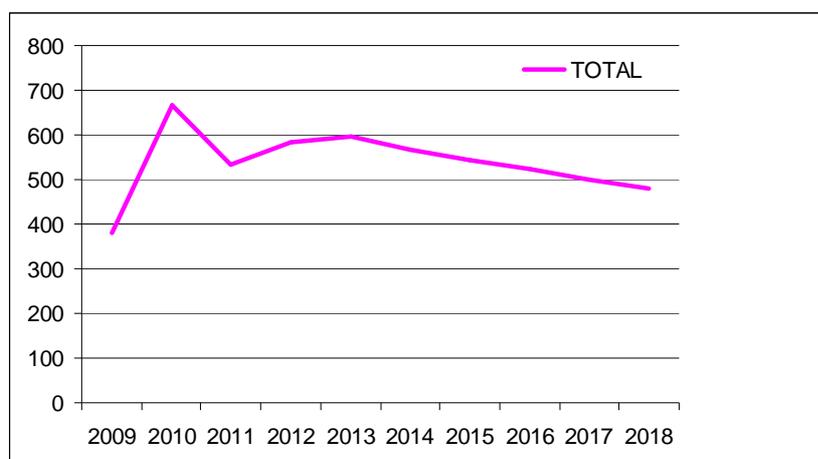


Figura 17: Quantidade de famílias atendida anualmente

O primeiro nível de decisão consiste na indicação de localização de unidades de extração de óleo para processamento dos grãos produzidos e posterior suprimento à usina de biodiesel. Para este cenário, a solução otimizada indica a implantação de três esmagadoras, sendo a primeira delas, com capacidade para 25.000 toneladas de grãos, construída já no primeiro ano de análise, 2009, no município de Montes Claros. No ano seguinte, 2010, Araçuaí seria o local de instalação de uma unidade com capacidade de 12.500 toneladas de grãos. Em 2017, seria finalmente instalada uma unidade semelhante à de Araçuaí, desta vez no município de Capelinha. A opção tecnológica adotada em todos os casos é a prensagem mecânica, que apresenta menores custos operacionais e de investimento, porém com eficiência menor do que uma unidade de extração por solvente. Esta escolha se explica pelo fato de as unidades selecionadas serem de pequeno e médio portes, que não propiciam ganhos de escala suficientes para superar os custos fixos e de investimento mais elevados da extração por solvente. Além disso, o modelo elaborado tem como único objetivo o atendimento à demanda de óleo, não se tratando de uma decisão econômica que envolve comercialização de óleos vegetais no mercado. O óleo de mamona tem valor comercial relativamente alto, de forma que numa situação em que a empresa proprietária da esmagadora visasse à geração de receita pela venda do produto final, certamente a solução seria sensível a esta fonte de faturamento.

O fluxo de grãos para atendimento às esmagadoras também reflete a alta dispersão inicial. No primeiro ano de análise, apenas a esmagadora de Montes Claros está em atividade e recebe grãos produzidos nas catorze diferentes zonas. Em 2010, com a entrada em operação da esmagadora de Araçuaí, das onze zonas que continuam suprindo Montes Claros, seis também passam a atender a segunda esmagadora. A partir do quinto ano consolidam-se apenas três regiões como supridoras de Montes Claros: Pedra Azul, Capelinha e Janaúba, ao passo que todos os grãos processados em Araçuaí têm origem na própria microrregião. A esmagadora de Capelinha, que entra em atividade no penúltimo ano de análise também é suprida por grãos oriundos da própria microrregião (Figura 18).

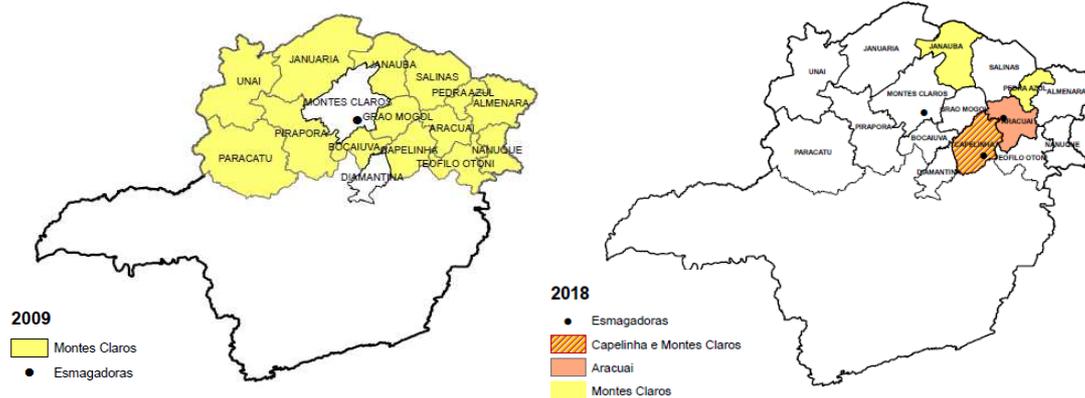


Figura 18: Áreas de influência das esmagadoras em 2009 e 2018

No primeiro ano de operação a esmagadora de Montes Claros tem utilização equivalente a 70% de sua capacidade total. No segundo e terceiro anos a utilização é total, mantendo-se nos mesmos níveis até 2016. Com a entrada em operação da unidade de Capelinha, a utilização reduz-se a aproximadamente 50%. A unidade de Aracuaí inicia-se em 2010 e sua utilização descreve uma curva ascendente ao longo dos dois primeiros anos, mantendo-se a partir daí a ocupação de sua capacidade total. A unidade de Capelinha entra em 2017 e se mantém com 100% de aproveitamento de capacidade nos dois anos (Figura 19).

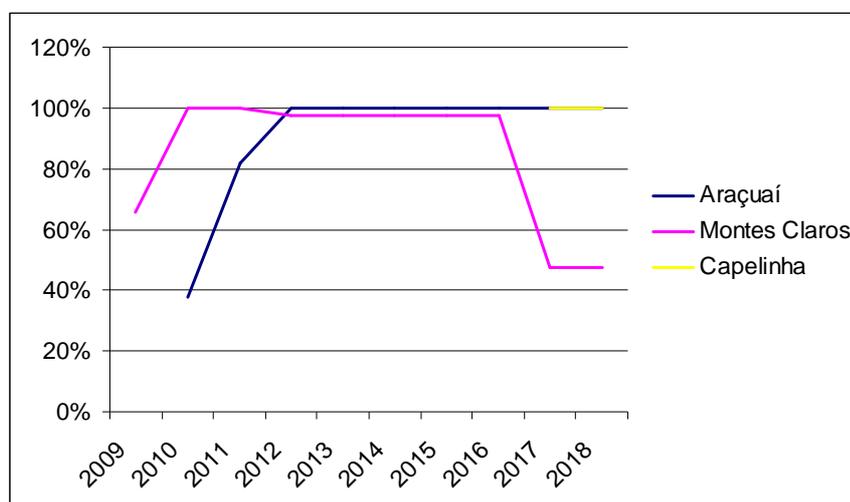


Figura 19: Utilização das esmagadoras

Cabe aqui uma análise particular a respeito da indicação da unidade de esmagamento em Capelinha. Percebe-se que a partir de sua entrada em operação a carga da esmagadora de Montes Claros reduz-se consideravelmente, o que demonstra um deslocamento dos fluxos de grãos de uma para a outra e uma subutilização de unidade industrial ainda em plena vida útil.

Do ponto de vista da modelagem, a decisão “no presente” pela instalação de uma unidade daqui a oito anos tem um peso relativamente pequeno face ao valor total da função objetivo.

Na análise em tela há apenas uma usina produtora de biodiesel, de forma que todos os óleos oriundos do processo de esmagamento de grãos têm um único destino. No primeiro ano do período de análise o óleo da esmagadora de Montes Claros é capaz de suprir cerca de 50% da demanda, sendo ela complementada por óleo vegetal adquirido no mercado. De forma a refletir a opção estratégica real da Petrobras Biocombustível pela agricultura familiar, o modelo foi formulado de maneira a garantir que a opção seja, sempre que possível, por esta fonte de suprimento. Desta forma, a aquisição de óleo no mercado ocorre apenas no primeiro ano e no segundo ano com um valor residual de aproximadamente 15%. Do segundo até o antepenúltimo ano, a esmagadora de Montes Claros continua participando do suprimento da usina no patamar de 65%, sendo integralmente completada a demanda pelo óleo produzido na esmagadora de Araçuaí. Nos dois últimos anos, esta esmagadora mantém-se atendendo a 35% da demanda, sendo que a entrada em operação da esmagadora de Capelinha reduz a participação da de Montes Claros para aproximadamente 30% (Figura 20).

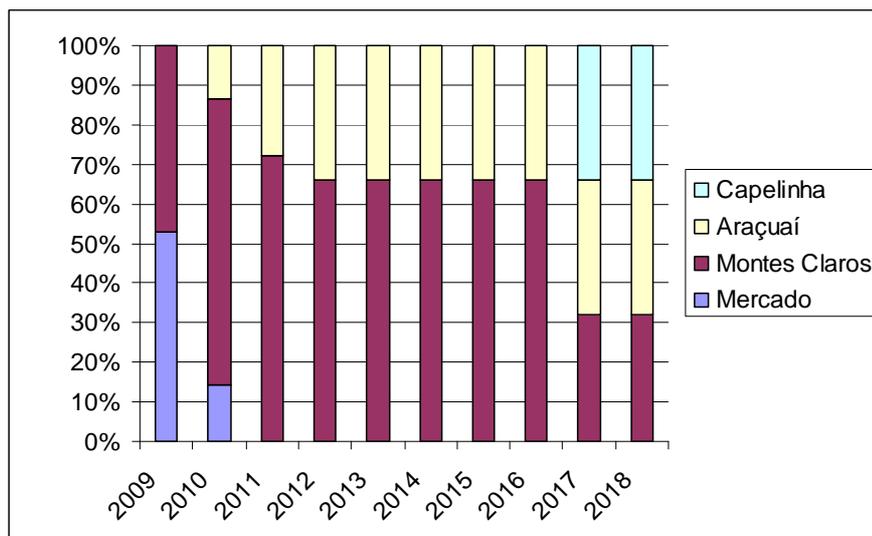


Figura 20: Suprimento da usina de biodiesel, por origem

7.3. Apresentação de análises de sensibilidade

Tomando como base as condições do caso descrito na seção anterior, foram simulados cenários de variação para parâmetros selecionados do modelo, de forma a se verificarem seus impactos sobre os resultados mantendo-se, a cada vez, os demais parâmetros inalterados.

Os cenários foram elaborados conforme condições determinadas na Tabela 3, quais sejam: redução e elevação em 50% do custo de frete; redução de 15% e elevação de 30% do custo de instalação; aumentos de 50% e 100% na demanda da usina de biodiesel; limite

máximo de exclusão anual de famílias atendidas e quantidade mínima de famílias a serem atendidas anualmente. Os principais resultados – distribuição de propriedade e número de famílias – são apresentados no Anexo 2.

7.3.1 Variações nos custos de frete de grãos

As atividades de recolhimento de grãos nos moldes atualmente realizados ainda não estão tecnicamente consolidadas, o que dificulta determinar um relacionamento entre estes custos e referências de mercado. Variações positivas e negativas são igualmente possíveis de ocorrer, não exatamente por alterações nas estruturas de preço dos serviços de transporte como um todo, mas sim pela alteração da configuração da estrutura logística em um futuro próximo. Portanto, estabeleceram-se dois cenários para custos de frete de grãos: 50% a menor e 50% a maior.

Estas variações têm influência sobre a distribuição de produção agrícola. A formação de pólos continua ocorrendo nas mesmas três microrregiões: Araçuaí, Pedra Azul e Capelinha. A principal alteração no caso da redução do preço do transporte é que no cenário base utilizavam-se áreas produtivas em Janaúba que, apesar de ter produtividade menor do que outras áreas, localiza-se em região mais próxima à esmagadora de Montes Claros. Com a redução do custo de frete o peso da localização é reduzido e substitui-se a produção em Janaúba por um acréscimo de área em Araçuaí.

Já um aumento de 50% no custo do frete indica como solução ótima a formação de três pólos produtivos, porém um deles localizado não em Pedra Azul mas em Unaí. No cenário base Pedra Azul é escolhida pela sua produtividade relativamente elevada e seus grãos suprem a esmagadora de Montes Claros, porém com a elevação do custo de transporte passa a ser mais interessante formar um pólo em Unaí, que apesar de mais distante da usina de biodiesel tem área suficiente para formar um aglomerado de produção e de esmagamento.

Como era de se esperar, a redução do custo de frete dos grãos promove uma centralização do processo de esmagamento, apontando-se a opção por uma única esmagadora de grande porte localizada no próprio município de Montes Claros. Para o caso de elevação no custo do frete de grãos, a solução também não foge ao esperado: é indicada a distribuição de quatro esmagadoras de pequeno porte uma vez que o custo logístico passa a ter peso relativamente maior em relação ao custo de instalação das unidades industriais.

7.3.2 Variações nos custos de instalação

As análises de projetos de investimento são geralmente conduzidos nas empresas em fases que, a despeito de diferentes nomenclaturas conforme a sistemática adotada, são sequenciadas tal como: identificação de oportunidade, projeto conceitual, projeto básico,

projeto detalhado e finalmente a etapa de construção e montagem. Em sendo ele uma ferramenta de suporte à tomada de decisões, assumiu-se que o modelo ora desenvolvido seja utilizado na fase de projeto conceitual e portanto os valores dos parâmetros referentes a custo de investimento têm níveis de incerteza semelhantes aos típicos desta fase. Costuma-se considerar aceitáveis para a estimativa de custo variações entre 15% a menor e 30% a maior e, por conta disto, estas variações são aqui analisadas.

Verifica-se que estas variações admissíveis não implicariam qualquer alteração na solução em relação ao cenário base, tanto no que diz respeito à distribuição de produção quanto à localização e especificação das unidades.

7.3.3 Variações na demanda da usina

Considera-se que a demanda da usina pode aumentar por dois motivos. O primeiro se refere a um eventual aumento da capacidade da instalação mediante investimentos em ampliações. O segundo tem origem não no aumento da escala, mas na possibilidade de se aumentar a participação no pool de matérias-primas do óleo vegetal considerado. Cite-se como exemplo a especificação atual do biodiesel brasileiro que se supõe impor indiretamente uma limitação para a utilização do óleo de mamona. Caso esta limitação não se verifique, ou se deseje produzir outros produtos que não sigam a especificação brasileira, a demanda por este óleo pode se elevar para uma mesma capacidade instalada. Consideram-se as possibilidades de aumentos de 50% e 100% na demanda.

No cenário em que ocorre um aumento de 50% na demanda, a distribuição de produção segue a mesma tendência de centralização, mantidas ainda as localizações dos pólos formados. Por conta da elevação da necessidade maior de grãos, as áreas ocupadas nestes pólos são maiores, com destaque para a região de Janaúba, que não mais se reduz gradativamente a partir do quarto ano mas sim se mantém com elevada produção ao longo do período. Quanto à localização e ao tipo de esmagadoras, os municípios selecionados são os mesmos escolhidos no cenário base, porém com unidades de maior porte – sendo uma de grande porte no primeiro período em Montes Claros com adiamento da instalação da esmagadora de Araçuaí. Os volumes adquiridos no mercado são maiores do que no cenário base, mas continuam ocorrendo compras apenas nos dois primeiros anos. O número total de famílias é aumentado proporcionalmente à elevação da demanda, visto que esta variável está diretamente associada à ocupação da área disponível.

Dobrar a demanda faz a dispersão por todas as zonas produtivas disponíveis se prolongar por mais tempo – até o quarto ano todas as dezesseis regiões produzem grãos para esmagamento. Os mesmos pólos de produção do cenário base continuam existindo, somando-se a eles a microrregião de Paracatu e Teófilo Otoni. Quanto à localização e tipo de esmagadoras, a alteração é semelhante à ocorrida para um aumento de 50% na demanda,

exceto para uma nova esmagadora que se sugere em Paracatu a partir de 2012. A quantidade de famílias atendidas também aumenta na proporção da elevação da demanda.

7.3.4 Variações nas restrições sociais

A construção de uma base cadastral de agricultores familiares e a posterior contratação destes fornecedores é um processo que, por diversos motivos históricos, exige intensa dedicação da empresa de biocombustível. Uma vez formada uma estrutura de fornecimento de grãos com elevado grau de fidelização e confiabilidade, não parece razoável que a empresa de biodiesel suspenda contratos de aquisição de grãos livremente de um ano para o outro simplesmente por implicações econômicas à sua cadeia logística. Por conta disto, é interessante avaliar o impacto de alguma restrição em relação à diminuição de famílias atendidas ao longo do tempo. Nesta seção são analisadas duas concepções alternativas para esta restrição: na primeira, determina-se que a base de fornecedores não pode ser reduzida em mais de 20% de um ano para o outro em cada uma das microrregiões; na segunda, estabelece-se um número mínimo de famílias a serem atendidas a cada ano.

Caso se adotasse a política de não reduzir, sob nenhuma hipótese, a base de produtores contratados em mais do que 20% de um ano para o outro, a distribuição de produção se alteraria sensivelmente. Nos dois primeiros anos, a situação permaneceria a de grande dispersão por todas as áreas disponíveis – exceto para as zonas de Montes Claros e Diamantina, que têm produtividades muito baixas. Apenas dois pólos se formam ao final do período – Araçuaí e Capelinha – sendo que o restante da produção continua dispersa pelas demais regiões, com as áreas ocupadas sendo reduzidas no limite imposto pela restrição de diminuição de famílias. Interessante observar que o número de famílias atendidas não é superior ao cenário base, ocorrendo apenas uma menor perturbação no gráfico entre o segundo e o terceiro anos. Não há alteração nas demais variáveis de decisão.

Para o caso em que se estabelece um número mínimo de famílias a serem atendidas, a distribuição de produção é alterada nos últimos anos da análise. Uma vez que não há comercialização de excedente de produção de óleos, a solução otimizada consiste, em todos os casos, em buscar produção de óleo a mais próxima possível da demanda da usina. Desta forma, a condição de quantidade de famílias faz com que a produção migre de zonas com maiores propriedades médias para outras com menores propriedades, mesmo que isso implique ligeiro aumento do custo de produção agrícola.

A Figura 21 apresenta a quantidade de famílias atendidas anualmente mediante a aplicação de cada uma das condições avaliadas nesta seção e permite avaliar o impacto de cada um destes cenários nesta variável, que talvez seja a de maior valor estratégico para a empresa. Adicionaram-se ainda as duas curvas referentes aos cenários de aumentos de demanda, de forma a visualizar os eventuais efeitos sociais positivos destas mudanças.

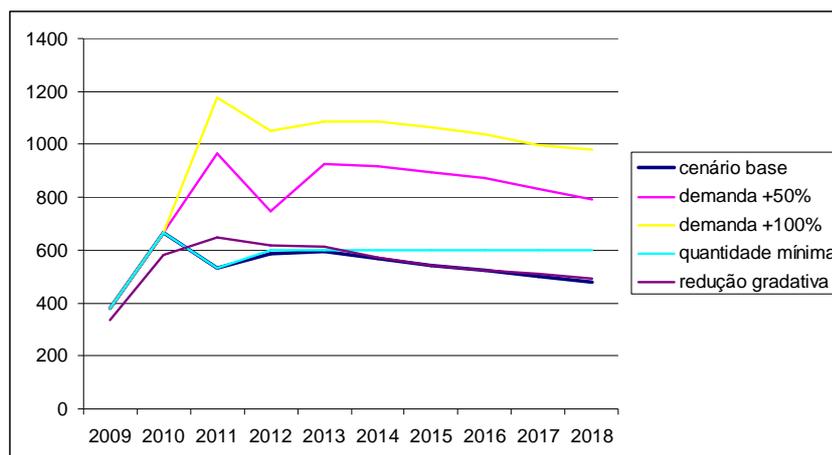


Figura 21: Quantidade de famílias atendidas anualmente

7.4. Apresentação de resultados para o modelo estocástico

As soluções detalhadas nas seções anteriores se referem à decisão relacionada a investimentos industriais – dimensionamento e localização das esmagadoras – tomada num cenário em que se conhece exatamente o valor de produtividade a ocorrer nas zonas produtivas. Certo é que nos problemas enfrentados na realidade os graus de incerteza são bastante elevados, de maneira que é interessante avaliar a utilidade de modelagens em que estas incertezas são consideradas de uma forma ou de outra.

Na formulação estocástica diversos cenários possíveis para o parâmetro relacionado à produtividade agrícola são considerados, levando-se em conta valores e suas probabilidades de ocorrência. As decisões de primeiro nível – industriais – são tomadas considerando-se a eventual ocorrência destes diferentes cenários, ou seja, busca-se a solução da função objetivo pela minimização do valor esperado dos fatores relacionados ao parâmetro estocástico.

Em relação aos impactos observados nas variáveis de decisão pela adoção do modelo estocástico, percebe-se a continuidade de tendência de formação de pólos produtivos porém a centralização se acentua. Ao final do período, consolidam-se apenas dois pólos com elevada produção: Capelinha e Janaúba.

De uma forma geral, o percentual de aproveitamento de terras disponíveis necessário para atendimento à demanda se reduz ao longo do período de análise e a única microrregião que permanece com suas áreas totalmente ocupadas é Capelinha. Os grãos provenientes desta região suprem tanto a esmagadora de Montes Claros como a do próprio município, que neste cenário passa a ser instalada já em 2009 e sofre ainda uma duplicação em 2017. A microrregião de Janaúba vê sua produção declinar a partir do atingimento de um pico entre o quinto e o sexto ano de análise. No cenário probabilístico o valor de produção máxima é, no entanto, bastante superior ao alcançado no cenário determinístico, já que esta microrregião supre a demanda em substituição aos grãos não produzidos na microrregião de Araçuaí.

A decisão quanto à localização das esmagadoras fica diferente da proposta pelo modelo determinístico. A esmagadora de 25.000 toneladas de grão em Montes Claros permanece indicada para o primeiro ano de análise. Também em 2009 seria instalada uma unidade de 12.500 toneladas em Capelinha, que seria duplicada em 2017. Com isso, a esmagadora sugerida para Araçuaí deixa de existir.

Em relação ao suprimento de óleos para as usinas, no cenário estocástico o volume de óleos adquiridos no mercado é menor e ocorre somente no primeiro ano de análise, à medida em que as regiões produtivas aumentam suas capacidades de atendimento à demanda por óleo vegetal.

7.4.1 Medidas de agregação de valor do modelo estocástico

A abordagem a ser considerada para tratamento das incertezas sempre presentes em problemas reais tais como o apresentado na dissertação em tela é determinante para a qualidade da informação e relevância da solução no suporte à decisão de investimento.

A situação ótima, porém impossível de ocorrer, é a conhecida como “espere-e-veja”, que se caracteriza por ser aquela em que o decisor tem plena certeza do que vai ocorrer no futuro. Em outras palavras, é capaz de conhecer com total convicção qual dos três valores de produtividade agrícola – pessimista, realista ou otimista – vai se concretizar, de forma que a decisão de primeiro nível a ser tomada seria aquela equivalente à solução determinística para aquele cenário. O valor esperado da função objetivo minimizada é a média dos valores obtidos pelas soluções determinísticas nos três cenários, ponderada pelas probabilidades de ocorrência, e é referida como WS, do Inglês wait-and-see.

Uma segunda abordagem é a estocástica, já apresentada na seção anterior. Nela, o decisor considera as incertezas e toma a decisão de primeiro nível baseado no valor esperado das variáveis associadas ao parâmetro incerto. Desta forma, as unidades esmagadoras são determinadas antes das produções agrícolas efetivamente ocorrerem, sendo que pode se concretizar qualquer um dos três cenários. Para se determinar o valor esperado da função objetivo verifica-se o resultado obtido pela realização exata de cada um dos cenários dada a solução de primeiro nível já tomada. Os três resultados são então ponderados pelas suas probabilidades e o valor final é conhecido como RP, do Inglês recourse problem.

A terceira abordagem é aquela em que não se lança mão de um modelo estocástico, mas conhecendo-se os valores possíveis para os três cenários – pessimista, realista e otimista – com suas respectivas probabilidades, considera-se como dado de entrada os valores médios destes parâmetros. O valor esperado da função objetivo é conhecido ao se ponderarem os resultados obtidos pelas realizações dos cenários possíveis, sendo a decisão de primeiro nível tomada em bases determinísticas considerando-se um único valor médio de produtividade.

Se costuma referir a este resultado como valor esperado do resultado, ou simplesmente EEV.

Valores obtidos para a Função Objetivo (FO)

A tabela 24 apresenta os valores obtidos para a função objetivo em cada um dos abordagens acima mencionadas.

Tabela 24: Valores da função objetivo para abordagens WS, RP e EEV (em R\$ milhões)

Abordagem	Valor
WS	428.685.259
RP	430.588.318
EEV	430.775.830

Importante lembrar que a função objetivo representa o custo total da cadeia produtiva – contemplando as parcelas referentes a custos de produção agrícola, de transporte, de investimento em unidades de esmagamento e de esmagamento em si – ao longo do período total de 10 anos. Em uma análise preliminar, dividindo-se este valor global pelo volume de óleo obtém-se o custo total por unidade de produto.

Valor esperado da informação perfeita (EVPI)

Esta medida relaciona os valores esperados das funções objetivo obtidas pelas duas primeiras abordagens acima descritas e representa o valor intrínseco de um conhecimento preditivo exato, ou o preço máximo a ser pago para um fornecedor de informação perfeita acerca de acontecimentos futuros. No caso do problema em tela, este valor é de \$1,903 milhão.

Valor da solução estocástica (VSS)

Este indicador mede o valor agregado ao se optar por um modelo estocástico em relação a um determinístico considerando-se um valor médio para o parâmetro associado à incerteza futura. É, portanto, a diferença entre os valores esperados das funções objetivo das segunda e terceira abordagens. O VSS do problema estudado é de \$0,188 milhão.

Em linhas gerais, esta grandeza pode ser interpretada como o valor agregado pela consideração de incertezas no problema ou, em outras palavras, em quanto está sendo penalizado o decisor que trata o problema de forma determinística pela simples adoção do valor esperado da grandeza probabilística em relação ao decisor que opta por uma abordagem estocástica.

A figura 22 apresenta os valores de investimento para cada uma das três abordagens (o valor referente à WS diz respeito ao valor esperado da solução com base nas probabilidades de ocorrência de cada um dos três cenários certos). Interessante observar que o custo de investimento – e consequentemente a capacidade instalada final – é maior para o caso em que o decisor opta por uma modelagem estocástica para o problema se comparada à modelagem determinística EEV, mesmo sendo o custo total de produção \$0,188 milhão menor. Em outras palavras, a abordagem estocástica implica uma redução do valor esperado da função objetivo agregada a uma maior capacidade produtiva instalada, já que proporciona condições de se ampliar a produção própria de óleo em substituição às aquisições no mercado.

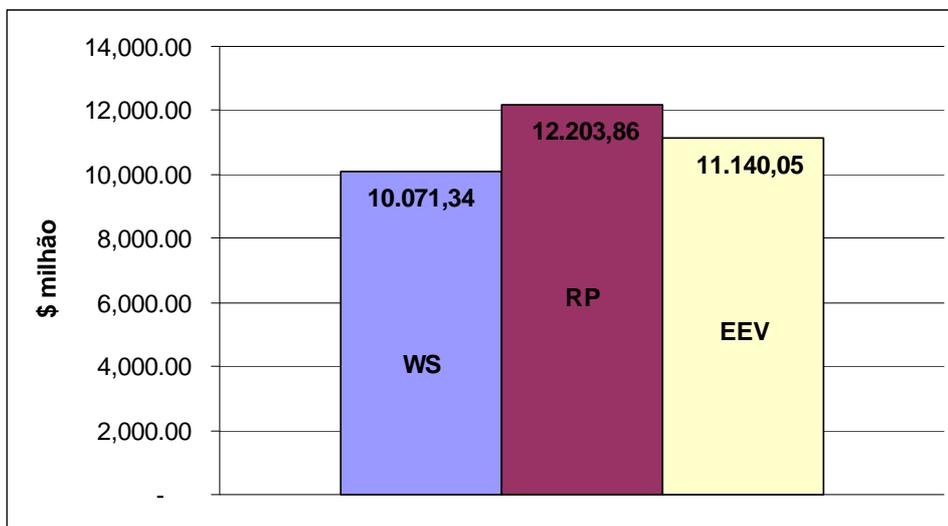


Figura 22: Investimento total em capacidade produtiva

7.5. Síntese dos resultados

A Tabela 25 resume as soluções sugeridas para tipos de esmagadoras e locais de instalação ao longo do período de análise, para o cenário base e variações realizadas, em todos os casos referidas à tecnologia de prensagem mecânica e com capacidades expressas em toneladas de grãos por ano.

É possível observar que em todas as condições prevalece a tendência de centralização do processo de esmagamento na região próxima à usina produtora de biodiesel. O tamanho da unidade vizinha à usina de Montes Claros seria de maiores dimensões para dois dos cenários: (a) demandas aumentadas, sendo que neste caso o tamanho maior se justificaria pela maior necessidade de capacidade instalada e permaneceriam indicadas demais unidades; e (b) custo de frete de grão 50% a maior, cenário em que o acréscimo de capacidade em Montes Claros substituiria a necessidade de unidades complementares, de forma que a centralização seria ainda maior na medida em que os custos associados ao fluxo

de grãos das zonas produtivas para este município teriam seus impactos reduzidos na função objetivo. No caso em que o custo de frete é diminuído, esta unidade próxima à usina de biodiesel permaneceria indicada, porém com capacidade reduzida metade e indicação de uma unidade adicional em Unaí.

Tabela 25: Localização e capacidade instalada das esmagadoras

Cenários	Local da esmagadora	2009	2010	2012	2017
Cenário base Solução por valor esperado Custo de instalação 15% a menor Custo de instalação 30% a maior	Montes Claros	25.000			
	Araçuaí		12.500		
	Capelinha				12.500
Solução estocástica	Montes Claros	25.000			
	Capelinha	12.500			25.000
	Janaúba				12.500
Demanda 50% a maior	Montes Claros	62.500			
	Araçuaí				25.000
	Capelinha				12.500
Demanda 100% a maior	Montes Claros	62.500			
	Paracatu			12.500	
	Araçuaí				25.000
	Capelinha				12.500
Custo de frete de grãos 50% a menor	Montes Claros	62.500			
Custo de frete de grãos 50% a maior	Montes Claros	12.500			
	Araçuaí	12.500			
	Unaí		12.500		
	Capelinha			12.500	

De uma maneira geral as unidades de esmagamento ficariam localizadas nas mesmas regiões em que a produção seria distribuída, de forma que se criariam pólos de produção de grãos e esmagamento de óleo autosuficientes, por assim dizer. Exceção apenas ao município de Montes Claros, que não tem áreas ocupadas no longo prazo por conta da baixa produtividade e esta esmagadora permaneceria sendo suprida por grãos de outras zonas produtivas.

Observa-se que a solução ótima consiste sempre de unidades com tecnologia de prensagem mecânica. As esmagadoras com extração por solvente têm eficiências de extração superiores, associadas a investimentos iniciais de maior vulto. Tipicamente existe a tendência de se optar por unidades de prensagem mecânica no caso de instalações de menor capacidade e unidades de extração por solvente nas de maior porte em que há ganhos de escala consideráveis. No estudo de caso ora apresentado, a não escolha da tecnologia de

extração está diretamente associada ao fato de que, por premissa estabelecida, não se considera a hipótese de comercialização destes óleos vegetais no mercado.