INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA

RONAN LUIZ DA SILVA

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA GARANTIA-SAFRA: ANÁLISE E PROSPECÇÃO A PARTIR DE UM MODELO BASEADO EM AGENTES

Brasília

2016

RONAN LUIZ DA SILVA

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA GARANTIA-SAFRA: ANÁLISE E PROSPEÇÃO A PARTIR DE UM MODELO BASEADO EM AGENTES

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento, área de concentração em Economia, para a obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: Bernardo Alves Furtado

COORIENTADOR : Gesmar Rosa dos Santos

Brasília

2016

Silva, Ronan Luiz da
S586a Avaliação do Programa Garantia-Safra : análise e prospecção a partir de um modelo baseado em agentes. – Brasília : IPEA, 2016.
65 f.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento, área de concentração em Economia, 2016.
Orientação: Bernardo Alves Furtado
Coorientação : Gesmar Rosa dos Santos
Inclui Bibliografia.

1. Empresas agrícolas familiares. 2. Programas Governamentais. 3. Política Agrícola. 4. Desenvolvimento Agropecuário. 5. Métodos de Planejamento. 6. Sistemas Complexos. 7. Brasil. I. Furtado, Bernardo Alves. II. Santos, Gesmar Rosa dos III. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. III. Título.

CDD 338.10981

RONAN LUIZ DA SILVA

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA GARANTIA-SAFRA: ANÁLISE E PROSPEÇÃO A PARTIR DE UM MODELO BASEADO EM AGENTES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas e Desenvolvimento e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Bernardo Alves Furtado, IPEA

Doutor pela Utrecht University/UFMG – Utrecht, Holanda/Belo Horizonte, Brasil

Coorientador: _____

Prof. Dr. Gesmar Rosa dos Santos, IPEA

Doutor pela UNB, Brasília, Brasil

_____

Prof. Dr. Mauro Del Grossi, UNB

Doutor pela Unicamp, Campinas, Brasil

_____

Prof. Dr. Alexandre Messa Peixoto da Silva, IPEA

Doutor pela USP, São Paulo, Brasil

Brasília, maio de 2016.

DEDICATÓRIA

A meu filho Fernando.

AGRADECIMENTOS

A Deus, a meus pais e a Bárbara.

RESUMO

O Garantia-Safra tem como objetivo garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de municípios sistematicamente sujeitos a perdas de safra devido ao fenômeno da estiagem ou excesso hídrico. O benefício, pago aos beneficiários em caso de sinistro, é custeado por contribuições da União, Estados, Municípios e dos próprios agricultores familiares. Estados, municípios e agricultores optam por aderir ao programa. As regras são postas pelo governo federal sem perda, no entanto, da autonomia dos demais atores que, ao buscarem seus objetivos, avaliam o ambiente e o contexto que os cercam, como por exemplo, a chance de quebra de safra devido à estiagem, orçamento, demais políticas públicas de combate à seca e o comportamento de seus vizinhos. Como em outras políticas públicas, o quadro descrito pode ser caracterizado como um sistema complexo: sistema composto por múltiplos agentes, que agindo a partir de regras simples, apresentam padrões macro emergentes. Usando ferramentas próprias do campo de sistemas complexos, em particular a modelagem baseada em agentes, este trabalho busca analisar o Garantia-Safra e prospectar possíveis aprimoramentos a partir de simulações geradas pelo modelo. As simulações apontam um nível elevado de reincidência na participação dos agricultores ao longo dos anos sugerindo que o público alvo realmente necessita desse tipo de instrumento.

Palavras-chave: Garantia-Safra; Sistemas complexos; Modelagem baseada em agentes**.**

ABSTRACT

Garantia-Safra (literally, “Harvest-Guarantee”) aims to ensure minimum survival conditions to farming families in cities consistently subjected to harvest losses due to draughts and floods. The benefit, paid in case of damage, is covered by contributions from the Union, State and Cities, as well as the farming families themselves. States, cities and farmers choose to join the program. The rules are established by the federal government; nevertheless, there is no deprivation of authority for the other actors involved, who, seeking their aims, assess the environment and context surrounding them, such as, for instance: the chance of crop shortfall due to drought, budget, other public policies against drought, and their neighbors’ behavior. As in other public policies, the situation may be characterized as a complex system comprised of multiple agents acting from simple rules, featuring macro-emergent patterns. Using tools from the field of complex systems, particularly agent-based modeling, this research aims to analyze *Garantia-Safra* and to explore possible improvements from simulations generated by the model. These simulations indicate a high level of recurrence in farmers’ participation throughout the years, suggesting that the target audience really needs this king of instrument.

Keywords: *Garantia-Safra*; Complex Systems; Agent-based modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Macroprocessos do Garantia-Safra 15
Figura 2 - Entidades do modelo em forma esquemática 44
Figura 3 – Modelo: ciclo de 1 ano.....45
Figura 4 – Modelo: Ciclo de 4 anos 49
Figura 5 – Modelo: ciclo de 2 rodadas e 4 anos cada.....50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de Famílias Reincidentes.....53
Gráfico 2 – Área Plantada Total.....55
Gráfico 3 – Renda Anual Média das Famílias.....57
Gráfico 4 – Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 Salários Mínimos 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do Garantia-Safra 14
Tabela 2 – Garantia-Safra: importância orçamentária e social 18
Tabela 3 – Evolução do valor nominal do benefício Garantia-Safra 19
Tabela 4 - Contribuições ao Fundo Garantia-Safra na safra 2015/2016 30
Tabela 5 - Garantia-Safra: Inadimplência Municipal 32
Tabela 6 - Processo de decisão do agricultor sobre a adesão ao programa 48
Tabela 7 - Processo de decisão do agricultor sobre a adesão ao programa (simplificado) 48
Tabela 8 – Número de Famílias Reincidentes 52
Tabela 9 – Área Plantada Total 54
Tabela 10 – Renda Anual Média das Famílias 56
Tabela 11 – Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 salários mínimos 58

LISTA DE ABREVIATURAS

ABM	Agent-Based Model
ADENE	Agência de Desenvolvimento do Nordeste
CEDRS	Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável
CMDRS	Comissão Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável
CSSA	Comissão Setorial de Convívio com o Semiárido e Inclusão Social do Nordeste e norte do estado de Minas Gerais
DAP	Declaração de Aptidão à Agricultura Familiar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
PAM	Produção Agrícola Municipal
PAN	Política Agrícola Nacional
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PSR	Programa de Subvenção ao Prêmio
SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA 13
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA 16
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA 16
1.3.1 Objetivo Geral 16
1.3.2 Objetivos específicos 16
1.4 JUSTIFICATIVA 17
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 20
2 O GARANTIA-SAFRA 22
2.1 O AGRONEGÓCIO E A POLÍTICA AGRÍCOLA NACIONAL 22
2.2 RISCO E SEGURO 23
2.3 PROGRAMAS 24
2.4 O PROGRAMA GARANTIA-SAFRA 25
2.5 DESAFIOS OPERACIONAIS 32
3 METODOLOGIA 36
3.1 SISTEMAS COMPLEXOS 36
3.2 MODELAGEM BASEADA EM AGENTES 37
3.3 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA METODOLOGIA PARA O PROBLEMA DE PESQUISA 40
4 O MODELO 42
4.1 O MODELO ODD 42
4.1.1 Visão Geral 42
5 RESULTADOS 52
5.1 NÚMERO DE FAMÍLIAS REINCIDENTES 52
5.2 ÁREA PLANTADA TOTAL 54
5.3 RENDA ANUAL MÉDIA DAS FAMÍLIAS 56
5.4 NÚMERO DE FAMÍLIAS COM RENDA SUPERIOR A 1,5 SALÁRIOS MÍNIMOS 57
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 60
REFERÊNCIAS 63

1 INTRODUÇÃO

Apesar do sucesso da Agricultura brasileira (BARROS, 2012), e da relevância da agricultura familiar na garantia da segurança alimentar do País (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009), um percentual elevado dos agricultores familiares enfrentam uma situação socioeconômica desfavorável (ALVES, 2009). O Garantia-Safra é um benefício direcionado aos agricultores familiares de baixa renda que tiveram suas safras prejudicadas por estiagem ou excesso hídrico e busca garantir condições mínimas de sobrevivência para esse público (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016). Aproveitando-se do fato de que políticas públicas podem ser encaradas como Sistemas Complexos e se beneficiar de suas ferramentas de análise (FURTADO, SAKOWSKI e TÓVOLLI, 2015), o Garantia-Safra foi analisado no presente trabalho a partir de um modelo baseado em agentes, uma metodologia que busca retratar sistemas compostos por múltiplos agentes heterogêneos que interagem entre si e com o ambiente (RAND, 2015). As simulações do modelo sugerem uma tendência a reincidência na adesão dos agricultores apontando para a necessidade do público alvo por esse tipo de instrumento e para a possível continuidade de suas condições socioeconômicas iniciais.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Segundo Santos (2013), a composição agropecuária-agroindústria é uma das atividades produtivas que mais positivamente contribui, do ponto de vista social e econômico, para o país: responde por 22% do produto interno bruto (PIB) do País; é a principal geradora de ocupações – cerca de 16 milhões de postos de trabalho; apresenta contínuos saldos positivos na balança comercial - acima de R$ 70 bilhões por ano; é responsável pela segurança alimentar de mais de 200 milhões de pessoas. O país apresenta números expressivos e sustenta a condição de líder nas exportações de uma série de commodities agrícolas (BARROS, 2012).

Apesar do destaque da agropecuária brasileira no cenário internacional, a agricultura familiar (conceituada em linhas gerais como aquela praticada em pequenas propriedades, com direção e mão de obra essencialmente da família, cuja renda

provenha das atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento (BRASIL, 2006)) vive em um quadro contraditório: por um lado, é responsável em grande medida pela segurança alimentar do país e, por outro, ocupa uma área desproporcional ao grande número de estabelecimentos desse tipo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009).

O Garantia-Safra, uma ação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), consiste num benefício pago aos agricultores familiares de baixa renda em municípios onde houve perda de pelo menos 50% da produção total esperada das lavouras de arroz, feijão, milho, mandioca e algodão devido à seca ou excesso hídrico. O objetivo do benefício é assegurar condições mínimas de sobrevivência para esses agricultores e é pago em até seis parcelas. O público alvo é formado por agricultores familiares com renda mensal menor que 1,5 salários mínimos, que não detenham, a qualquer título, área superior a quatro módulos fiscais, com área cultivada não superior a 5 hectares. Agricultores, municípios e estados devem aderir todos os anos ao Garantia-Safra para que possam se beneficiar (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

Ao longo dos anos percebe-se um crescente interesse e participação dos municípios e dos agricultores familiares no Garantia-Safra. Iniciado em 2002, com 333 municípios e 200 mil agricultores aderidos, na safra 2013/2014 esses números ultrapassaram 1 milhão de famílias em mais de 1.000 municípios aderidos (BRASIL, 2014). A tabela 1 apresenta esse crescimento, além do percentual de municípios e agricultores pagos em relação aos totais de participantes. Nota-se que, em safras de estiagens severas como 2012/2013, esses percentuais quase alcançam 100%.

Tabela 1 - Evolução do Garantia-Safra

GARANTIA-SAFRA

Safra	Municípios Participantes	Municípios Pagos	% Municípios Pagos/Participantes	Agricultores Aderidos	Agricultores Pagos	% Agricultores Pagos/Aderidos
2002/2003	333	140	42,04%	200.292	85.056	42,47%
2003/2004	367	136	37,06%	177.830	75.810	42,63%
2004/2005	465	311	66,88%	287.861	211.339	73,42%
2005/2006	543	174	32,04%	356.584	106.081	29,75%
2006/2007	471	392	83,23%	346.321	316.529	91,40%
2007/2008	635	181	28,50%	558.606	182.147	32,61%
2008/2009	714	509	71,29%	553.291	423.538	76,55%
2009/2010	859	801	93,25%	661.802	639.227	96,59%
2010/2011	990	243	24,55%	737.920	166.935	22,62%

2011/2012	1035	1015	98,07%	771.343	769.023	99,70%
2012/2013	1118	983	87,92%	977.552	882.722	90,30%
2013/2014	1263	894	70,78%	1.177.452	908.077	77,12%

Fonte: Secretaria de Agricultura Familiar/Ministério de Desenvolvimento Agrário

Segundo o MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (2016), a operacionalização do programa pode ser entendida por 3 macroprocessos: de inclusão, que compreende a adesão de estados, municípios e agricultores; de verificação de plantio e colheita, que indica se houve perda de safra; de pagamento, que realiza o pagamento dos benefícios aos agricultores aderidos. A figura 1 apresenta esses macroprocessos de forma esquemática.

Figura 1 – Macroprocessos do Garantia-Safra

Fonte: Secretaria de Agricultura Familiar/Ministério de Desenvolvimento Agrário

A adesão dos agricultores é um componente discricionário do macroprocesso de adesão e está relacionado à forma como os agricultores processam suas decisões. Todos os anos os agricultores familiares que fazem parte do público alvo do Garantia-Safra devem fazer escolhas sobre o que e quanto plantar e se devem ou não aderir ao programa. No entanto, conforme sustentam Dalcin (2010) e Rambo e Machado (2009), o processo decisório dos agricultores não pode ser explicado pela tradicional teoria econômica de maximização de utilidade e outros fatores devem ser levados em consideração.

Percebe-se que, assim como outras políticas públicas, o Garantia-Safra é composto por diversos agentes heterogêneos que interagem entre si e com o ambiente, fazendo escolhas, aprendendo e evoluindo. Essas características permitem que o Garantia-Safra seja entendido como um Sistema Complexo e possa, dessa forma, fazer

uso de suas metodologias de análise (FURTADO, SAKOWSKI e TÓVOLLI, 2015). A Modelagem Baseada em Agentes é uma dessas metodologias e é ideal para analisar sistemas compostos por múltiplos agentes que interagem entre si e apresentam algum comportamento emergente (AXELROD e TESFATSION, 2005).

O foco do presente estudo é analisar o Garantia-Safra e possíveis padrões emergentes no nível macro, a partir do processo de adesão dos agricultores, por meio da Modelagem Baseada em Agentes.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A questão que norteou esta pesquisa foi: há algum padrão de reincidência na adesão dos agricultores e, caso exista, quais suas possíveis explicações?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é identificar oportunidades de aprimoramento do Garantia-Safra, pela análise do processo e da dinâmica de adesões dos agricultores familiares ao programa.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Analisar o processo e a dinâmica das adesões de agricultores familiares ao Garantia-Safra;
- Identificar, a partir das regras do programa, do comportamento e das escolhas dos agricultores familiares que constituem o público alvo, a existência de algum padrão emergente de reincidência de adesões.
- Discutir possíveis causas de um eventual padrão de reincidência de adesões do público alvo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Conforme assinala Barros (2012), a agropecuária brasileira é um caso de sucesso: o agronegócio, quando considerado em toda sua cadeia (produção, consumo, processamento e distribuição), é um setor econômico de destaque; o país é líder exportador de várias commodities; o setor apresenta um saldo comercial significativo; o aumento da produtividade possibilitou uma redução do preço dos alimentos, com efeitos distributivos evidentes. Resultados esses, obtidos a despeito de práticas protecionistas praticadas pela Europa, Estados Unidos e Ásia.

De acordo com os dados do Censo Agropecuário (2006), a agricultura familiar no Brasil apresentava uma situação não usual: representa 84,4% dos estabelecimentos rurais brasileiros e apenas 24,3% da área ocupada por esse tipo de estabelecimento. Apesar disso, ainda segundo o Censo, a agricultura familiar é responsável em boa medida pela segurança alimentar do País, sendo grande fornecedora de alimentos para o mercado interno, como por exemplo, 87% da produção de mandioca, 70% da produção de feijão e 46% da produção de milho. O censo também registrou, à época, 12,3 milhões de pessoas ocupadas na agricultura familiar.

No Nordeste, o número de estabelecimentos rurais que são caracterizados como agricultura familiar responde por mais da metade do número total de estabelecimentos rurais familiares no Brasil (ALVES, 2009). Segundo o autor, dos quase 2 milhões de estabelecimentos, cerca de 1,5 milhões são enquadrados no grupo B (agricultores com renda bruta anual de até R$ 20.000,00) do Programa Nacional de Apoio à Agricultura Familiar (PRONAF), correspondendo a mais de 70% desse grupo à nível nacional. Assim, "o Nordeste compõe a base da pirâmide da agricultura familiar brasileira" (ALVES, 2009, p. 282).

O Programa Garantia-Safra busca garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de baixa renda que residem em municípios sistematicamente afetados por estiagem ou excesso hídrico com consequente quebra de safra, conforme a Lei nº 10.420/2002 (BRASIL, 2002). Inicialmente, o programa era voltado para agricultores familiares residentes em municípios localizados na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). A partir das alterações introduzidas pela Lei 12.766/2012 (BRASIL, 2012), municípios fora dessa área de atuação podem participar desde que atendidos certos requisitos, como a comprovação

de que o município está sujeito a quebras de safras frequentes devido à estiagem ou excesso hídrico (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016) .

Conforme assinala a Controladoria-Geral da União (2014), devido a seu papel como instrumento de mitigação dos efeitos da estiagem, o adequado funcionamento do Garantia-Safra possui relevância social.

A tabela 2, abaixo, demonstra a evolução dos números do programa ao longo dos anos e demonstra sua importância do ponto de vista orçamentário e do ponto de vista social.

Tabela 2 – Garantia-Safra: importância orçamentária e social

Garantia-Safra

Exercício	Safra	Previsão Orçamentária	Meta Física orçamentária	Quantidade de Cotas	Agricultores Aderidos
2003	2003/2004	82.300.000	476.793	550.000	177.830
2004	2004/2005	28.500.000	259.091	550.000	287.861
2005	2005/2006	50.500.000	459.477	459.091	356.584
2006	2006/2007	50.500.000	459.090	686.363	346.321
2007	2007/2008	50.500.000	459.091	686.363	558.606
2008	2008/2009	75.500.000	686.363	686.363	553.291
2009	2009/2010	100.058.750	718.813	694.852	661.802
2010	2010/2011	100.058.750	833.822	748.907	737.920
2011	2011/2012	130.000.000	1.083.333	940.000	771.343
2012	2012/2013	130.000.000	955.882	1.072.000	977.552
2013	2013/2014	203.000.000	1.492.647	1.200.000	1.177.452

Fonte: Controladoria-Geral da União (2014) e Ministério do Desenvolvimento Agrário (2015)

Conforme apresentado, o número de beneficiários aumentou em mais de 400% desde o primeiro ano de implementação do programa.

A Controladoria-Geral da União (2014) aponta ainda que há uma forte tendência de que os municípios que já aderiram no passado ao Garantia-Safra voltem a aderir nos anos subsequentes e, valendo-se de uma análise orçamentária da ação de contribuição ao Fundo Garantia-Safra (ação 0359), destaca que tal ação orçamentária (CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO, 2014, p. 5),

> *[...]tem superado, nos últimos anos, as previsões constantes da lei orçamentária, em razão do alto índice de sinistralidade observado, o que tem obrigado a União a promover a abertura de créditos suplementares e extraordinários para a cobertura do déficit do Fundo Garantia-Safra [...].*

Conclui o autor que, devido à recorrente suplementação orçamentária entre 2007 e 2010, haveria a necessidade de revisão do percentual do aporte financeiro em relação ao total de benefícios previstos e destaca o papel da lei nº 12.766/2012 (BRASIL, 2012) na correção gradual desses percentuais e mitigação do desequilíbrio entre arrecadação e despesas do Fundo. Ressalte-se ainda que existiram situações especiais, nas quais o Governo Federal autorizou a prorrogação dos pagamentos devido à severidade da estiagem. Por exemplo, a Lei nº 12.844/2013 (BRASIL, 2013) autorizou o adicional de R$ 560,00 ao benefício de R$680,00 no ano-safra de 2011/2012, totalizando o valor de R$1.240,00 por família. Essas prorrogações demandaram recursos adicionais da União, responsável pelo aporte adicional de recursos em ocasiões nas quais a arrecadação ordinária do Fundo não é suficiente, conforme a Lei nº 10.420/2002 (BRASIL, 2002).

Ao longo dos anos, o incremento de recursos orçamentários levou à ampliação da cobertura do Garantia-Safra e também, a partir da safra 2009/2010, à manutenção do poder de compra do benefício por meio do aumento do seu valor nominal, conforme apresentado na tabela 3, abaixo.

Tabela 3 – Evolução do valor nominal do benefício Garantia-Safra

Garantia-Safra

Exercício	Safra	Valor Nominal do Benefício
2003	2003/2004	R$ 550,00
2004	2004/2005	R$ 550,00
2005	2005/2006	R$ 550,00
2006	2006/2007	R$ 550,00
2007	2007/2008	R$ 550,00
2008	2008/2009	R$ 550,00
2009	2009/2010	R$ 600,00
2010	2010/2011	R$ 640,00
2011	2011/2012	R$ 680,00
2012	2012/2013	R$ 760,00
2013	2013/2014	R$ 850,00
2014	2014/2015	R$ 850,00
2015	2015/2016	R$ 850,00

Fonte: CGU (2014), SAF/MDA (2014), SAF/MDA (2015)

A contínua ampliação de cobertura, paralelamente à manutenção do poder de compra do benefício, requer esforço em contexto fiscal restritivo.

Nesse contexto, a descoberta de padrões emergentes no comportamento dos atores envolvidos (ou em seus atributos) podem proporcionar uma melhor compreensão sobre o programa e sua dinâmica temporal indicando oportunidades de aprimoramento.

Especificamente, um eventual padrão de reincidência dos agricultores poderia representar uma dessas chances de melhoria. Esse cenário sugere a necessidade de um fluxo de recursos abundante e regular para a manutenção de um portfólio de beneficiários em contínua expansão (e de seu poder de compra) em um ambiente de alta sinistralidade, um desafio à sustentabilidade do Fundo Garantia-Safra. A compreensão das causas que levam a esse eventual padrão e a criação de alternativas constituem, portanto, uma oportunidade de aprimoramento do programa. Da mesma forma, outros padrões emergentes no contexto do programa podem ser explorados.

Os fatores mencionados parecem suficientemente relevantes para justificar a análise e a prospecção de alternativas para o Garantia-Safra.

O presente estudo tem a expectativa de prestar duas contribuições principais: conhecer, descrever e avaliar o programa Garantia-Safra e, ao fazê-lo por meio de uma abordagem inovadora, acrescentar novas visões e impressões a essa avaliação.

Ressalta-se ainda que, do ponto de vista do conhecimento científico, a metodologia adotada para o estudo (a modelagem baseada em agentes) constitui uma abordagem relativamente recente para a análise de ciências sociais (GILBERT, 2007). A expectativa, portanto, é de contribuir com essa nova abordagem de políticas públicas como sistemas complexos para que o aperfeiçoamento e disseminação desses instrumentos de análise possam favorecer novos estudos.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em seis capítulos: (i) introdução, (ii) o Garantia-Safra, (iii) metodologia, (iv) modelo da política, (v) resultados e (vi) conclusões e recomendações.

O segundo capítulo apresenta a política pública objeto de análise, o Garantia-Safra. Antes, porém, faz uma contextualização que passa pela discussão da importância da agricultura brasileira, seguro agrícola e programas de seguro agrícola no Brasil para, finalmente, adentrar a discussão sobre o programa, sua estrutura e processos e seus problemas.

O capítulo III discute a metodologia escolhida para a análise da política, a Modelagem Baseada em Agentes. É feita uma introdução ao tema Sistemas Complexos e uma discussão sobre a Modelagem Baseada em Agentes com o objetivo de justificar sua adoção.

O capítulo IV apresenta o modelo desenvolvido. Uma versão descritiva do modelo é seguida pela justificativa da plataforma adotada e apresentação dos refinamentos.

O capítulo V apresenta e discute os resultados da aplicação do modelo.

Finalmente, o capítulo VI traz as conclusões e recomendações derivadas dos resultados da aplicação do modelo.

2 O GARANTIA-SAFRA

O Garantia-Safra é um programa voltado para a agricultura familiar de baixa renda. Para melhor entendê-lo é preciso, portanto, entender o contexto no qual está inserido. Dessa forma, discutimos a seguir o papel da agropecuária nacional, da política agrícola nacional e seus instrumentos.

2.1 O AGRONEGÓCIO E A POLÍTICA AGRÍCOLA NACIONAL

Conforme Santos (2014), a agropecuária combinada à agroindústria é responsável por benefícios econômicos e sociais importantes: participação expressiva no PIB, superávits na balança comercial, fonte de ocupação e garantidor da segurança alimentar da sociedade. Segundo Barros (2012), o Brasil possui na atualidade o maior saldo comercial agrícola do mundo, posição alcançada apesar do uso de práticas protecionistas na Europa, Estados Unidos e Ásia. O Brasil é ainda líder exportador de várias commodities agrícolas. Apesar da participação ativa nos mercados internacionais de produtos agrícolas, os ganhos de produtividade das últimas décadas, aliados aos aumentos de produção com incorporação de novas áreas de cultivo, possibilitaram uma redução dos preços dos alimentos no mercado interno, com consequências distributivas de renda, uma vez que o gasto com alimentação é mais significativo para os mais pobres.

A Política Agrícola Nacional – PAN, Lei nº 8.171/1991 (BRASIL, 1991) , elenca uma série de ações e instrumentos. Atualmente, os três eixos centrais de atuação da PAN são o crédito, que procura viabilizar a produção, apoio à comercialização e a gestão de risco, que procuram garantir a renda do produtor (BARROS, 2012).

O crédito rural foi por décadas o principal instrumento para motivar a produção nacional (BARROS, 2012). Crédito rural consiste no suprimento de recursos financeiros, por instituições do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), para aplicação em custeio (despesas habituais do ciclo produtivo), investimento (bens ou serviços duráveis) ou comercialização (garantia de fornecimento e armazenamento períodos de queda de preço) (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2016; Manual de Crédito Rural, 2015).

O apoio à comercialização visa assegurar o abastecimento nacional e assegurar preços que possibilitem a manutenção da atividade agrícola pelo produtor

(MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2015). Nesse sentido, a cada safra, a Política de Garantia de Preços Mínimos é revista para que possa continuar cumprindo seu papel de corrigir distorções de preços dos produtos agrícolas (Santos, Sousa, & Alvarenga, 2013). Vários mecanismos podem ser usados para esse fim: armazenagem, estocagem, venda de estoques públicos de produtos agropecuários e equalização de preços e custos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2015).

A gestão de risco compreende dois aspectos: 1) o zoneamento agrícola climático, na fase de planejamento do plantio. 2) o seguro rural, como fonte de proteção a eventos climáticos adversos (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013).

2.2 RISCO E SEGURO

Apesar das expressões "seguro rural" e "seguro agrícola" serem usadas indistintamente em vários contextos, é conveniente assinalar que "seguro agrícola" é uma das modalidades de "seguro rural", que englobaria ainda benfeitorias, penhor rural, vida e outros (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013). "O seguro agrícola nada mais é do que um contrato firmado entre o agricultor e uma instituição seguradora que, mediante pagamento de um prêmio, tem cobertura contra sinistros que afetam os cultivos ou animais segurados" (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013, p. 9).

Zukowski (2015) apresenta entre as modalidades de seguro rural o seguro de custo (o valor segurado é um percentual do custo de produção), o seguro de renda (o valor segurado é um percentual da receita bruta esperada da lavoura) e o seguro de produtividade (o valor segurado é calculado multiplicando a produtividade segurada por um preço projetado). O autor também distingue entre os seguros com vistoria na lavoura (o custo das vistorias representa sua principal desvantagem, mas são capazes de aferir a ocorrência dos sinistros, sua real extensão e possivelmente suas causas) e seguros paramétricos ou de seguros de índice (utilizam dados de estações meteorológicas, imagens de satélite ou médias de perdas obtidas por vistorias feitas por amostragem).

Devido as suas peculiaridades, a atividade agrícola está sujeita a riscos diversos: de produção, de mercado e financeiros. Os riscos climáticos, como a estiagem prolongada, no entanto, dificilmente afetam uma única propriedade, mas diversas propriedades de uma mesma região (BARROS, 2012). Esta peculiaridade faz com que

“[...]o risco agregado no setor agrícola seja maior do que o risco individual, contrariando uma pressuposição básica do seguro a qual estabelece que o risco agregado deve ser menor do que o risco individual” (BARROS, 2012, p. 27) .

Nesse sentido, a natureza dos riscos relacionados à atividade agrícola faz com que o setor público seja peça fundamental no desenvolvimento de um sistema de seguro agrícola bem-sucedido (BARROS, 2012; OZAKI, 2005).

2.3 PROGRAMAS

No Brasil, o estabelecimento do seguro agrícola, conforme previsto na PAN, foi atendido por programas direcionados a públicos distintos: Programa de Subvenção ao Prêmio (PSR), Garantia-Safra e o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013).

O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), criado em 1973, visa atender a pequenos e médios produtores. Foi expandido em 2004 para atender pequenos produtores vinculados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), o Proagro Mais (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2015). O objetivo do programa é eximir o produtor dos custos de operações financeiras de custeio e indenizar os recursos aplicados em casos de prejuízos ocasionados por adversidades climáticas (BARROS, 2012).

O público-alvo do Programa de Subvenção ao Prêmio (PSR) é de médios e grandes produtores, uma vez que os produtores familiares são atendidos pelo PROAGRO e pelo Garantia-Safra (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013) . A finalidade é facilitar a adoção do seguro da produção ao tornar os custos de contratação do seguro agrícola mais atrativos por meio de uma subvenção econômica concedida pelo MAPA (BARROS, 2012). O programa compreende uma subvenção variável, entre 40% e 60%, a partir da safra 2013/214, de acordo com o tipo de cultivo ou bem segurado. O produtor deverá seguir as orientações emanadas pelo MAPA no zoneamento agrícola e no calendário de plantio (SANTOS, SOUSA e ALVARENGA, 2013). A subvenção é paga pelo MAPA diretamente às seguradoras (BARROS, 2012).

O Garantia-Safra, criado em 2002, é uma ação do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e está vinculado ao Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA). O programa consiste em um auxílio pecuniário que é pago por tempo

limitado ao agricultor familiar em casos de perda da safra por estiagem ou excesso hídrico (BARROS, 2012; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

2.4 O PROGRAMA GARANTIA-SAFRA

O Garantia-Safra está em sintonia com a necessidade de combater a pobreza, sendo um programa focalizado: o público alvo é a população rural de baixa renda, com precário acesso à terra (ALVES, 2009).

Seu objetivo original, expresso na Medida Provisória nº11, de 2001 (BRASIL, 2001), de "garantir renda mínima para os agricultores familiares da Região Nordeste e do Norte do Estado de Minas Gerais, que registraram frustação de safra em decorrência do fenômeno da estiagem" tem passado por alterações de redação ao longo dos anos. Porém, a redação atual, na Lei nº10.420/2002 (BRASIL, 2002), alterada pela Lei nº 11.775/2008 (BRASIL, 2008), mantém sua essência: "garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico, situados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE ...".

Conforme percebe-se pelas alterações na redação do objetivo do programa, a área de atuação passou de municípios localizados na região Nordeste, no semiárido do Estado de Minas Gerais (norte de Minas e Vale do Jequitinhonha) e na região norte do Estado do Espírito Santo para municípios situados na área de atuação da Agência de Desenvolvimento do Nordeste – ADENE (redação dada pela Lei nº 10.700/2003 (BRASIL, 2003)). Em seguida, os municípios agraciados seriam aqueles localizados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (redação dada pela Lei nº 11.775/2008 (BRASIL, 2008)). Porém a partir da Lei nº 12.766/2012 (BRASIL, 2012), agricultores de todo Brasil poderão ser incluídos, desde que os municípios estejam comprovadamente sujeitos a perdas de safras recorrentes devido à seca ou excesso de chuva (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

Segundo Alves (2009), o Garantia-Safra surgiu como uma inovação no cenário de práticas tipicamente emergenciais e reativas destinadas a lidar com o fenômeno recorrente da seca no Nordeste brasileiro. Tais medidas, normalmente conhecidas como "combate à seca", consistem, na maioria das vezes, em distribuição de água, comida e

criação de frentes de trabalho. A própria expressão "combate à seca" sugere que a pobreza rural da região Nordeste possui uma causalidade exclusiva dos fenômenos climáticos e uma inevitabilidade que só pode ser combatida com medidas paliativas.

Uma reação mais organizada dos agricultores atingidos pela seca de 1998, aliada a conjuntura política da época, sensível ao pleito presidencial, proporcionou um ponto de inflexão na forma de tratar o problema. A Comissão Setorial de Convívio com o Semiárido e Inclusão Social do Nordeste e norte do estado de Minas Gerais (CSSA), criada em 2001 para conceber soluções emergenciais, transitórias e permanentes, propõe medidas de convívio com o contexto climático típico do semiárido numa proposta de mudança gradual da realidade econômica da região (ALVES, 2009).

Embora medidas sugeridas como a capacitação para convívio com o semiárido não tenham prosperado, a proposta de seguro rural vinculado à perda de safra efetivou-se na forma do Garantia-Safra, inicialmente chamado Seguro-Safra, instituído via Medida Provisória (ALVES, 2009).

O benefício Garantia-Safra é pago a agricultores de baixa renda residentes em municípios que apresentem perda de pelo menos 50% do total da safra esperada de algodão, arroz, feijão, mandioca e milho devido à estiagem ou excesso hídrico. Os agricultores devem possuir renda mensal bruta de até 1,5 salários mínimos e não podem deter, a qualquer título, área superior a quatro módulos fiscais. Pelas regras do programa, a área plantada deverá estar entre 0,6 e 5 hectares. O benefício é custeado por contribuições da União, dos Estados, dos municípios, dos próprios agricultores (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

A regra da área plantada entre 0,6 e 5 ha considera o total da produção e não cada cultura em separado. Há uma exceção à regra da área mínima para aqueles agricultores que participam do Programa Biodiesel do Governo Federal, já que estes devem plantar no mínimo 1,5 ha de consórcio feijão e mamona (LIMA e WEHRMANN, [200-?]).

As culturas (arroz, feijão, milho, mandioca e algodão) são aquelas tradicionalmente cultivadas pela agricultura de subsistência, praticada justamente pelos agricultores de baixa renda, que não podem se resguardar do prejuízo causado pelos eventos climáticos. Ressalte-se que a nova redação do art.8º da Lei 10.420 (BRASIL, 2002), introduzida pela Lei 12.766/2012 (BRASIL, 2012), abre espaço para "outras culturas a serem definidas pelo órgão gestor do Fundo":

> *"Art. 8º Farão jus ao Benefício Garantia-Safra os agricultores familiares que, tendo aderido ao Fundo Garantia-Safra, vierem a sofrer perda em razão de estiagem ou excesso hídrico, comprovada na forma do regulamento, de pelo menos 50% (cinquenta por cento) do conjunto da produção de feijão, milho, arroz, mandioca ou algodão, ou de outras culturas a serem definidas pelo órgão gestor do Fundo, sem prejuízo do disposto no § 3º"*

Alves (2009) sustenta que o Garantia-Safra consistiria em uma etapa de uma estratégia de reestruturação produtiva: garantir a renda dos pequenos agricultores familiares, enquanto, por meio da capacitação e assistência, haveria a substituição dessas culturas tradicionais, altamente sensíveis à estiagem, por outras mais resistentes às condições do semiárido. Na medida em que essa substituição acontecesse, o Garantia-Safra perderia gradativamente sua utilidade e deveria ser substituído por outras formas de cobertura.

De fato, as alterações propostas pela emenda da então senadora Heloísa Helena à medida provisória nº117, de 2003, apontavam na direção de vincular o então Seguro-Safra a "outros programas capazes de alterar as condições de vida da população rural, adaptando tecnologias e formas de produção agropecuária às regiões afetadas pelo fenômeno da estiagem" (BRASIL, 2003a). Tais alterações foram posteriormente incorporadas a lei nº 10.700/2003 (BRASIL, 2003), e acabaram por alterar a Lei de criação do Garantia-Safra (à época, Seguro-Safra), Lei nº 10.420/2002 (BRASIL, 2002):

> *Art. 6ºA. Tendo em vista o aumento da eficácia do Fundo Garantia-Safra, a União, os Estados e os Municípios buscarão a melhoria das condições de convivência dos agricultores familiares com o semi-árido, enfatizando:(Incluído pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)*
>
> *I – a introdução de tecnologias, lavouras e espécies animais adaptadas às condições locais; (Incluído pela Lei nº10.700, de 9.7.2003)*
>
> *II – a capacitação e a profissionalização dos agricultores familiares; (Incluído pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)*
>
> *III – o estímulo ao associativismo e ao cooperativismo; e (Incluído pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)*
>
> *IV – a ampliação do acesso dos agricultores familiares ao crédito rural. (Incluído pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)*

E ainda, o parágrafo único do art.10 da mesma Lei vai no mesmo sentido. Dessa vez atribuindo obrigações para o agricultor:

> *Art. 10 [...]*
>
> *Parágrafo único. Para ter acesso ao Benefício Garantia-Safra, os agricultores familiares são obrigados a participar de programas de capacitação e profissionalização para convivência com o semi-árido. (Redação dada pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)*

O Decreto nº 4.962/2004 (BRASIL, 2004), que regulamenta a Lei nº10.420/2002 (BRASIL, 2002), demonstra coerência com relação a esse aspecto em seu art. 10, parágrafo 3º:

> *Art. 10[...]*
>
> *§ 3º O agricultor familiar, no ato de sua adesão, compromete-se a participar de programas de educação e capacitação em técnicas voltadas à convivência com o semi-árido, para ter acesso ao benefício Garantia-Safra.*

No entanto, o parágrafo imediatamente seguinte acaba por dar margem para que essa intenção não se materialize:

> *§ 4º Não será negado acesso ao benefício sob o fundamento do § 3º, enquanto não existir programa fornecido ou reconhecido pelo Poder Público no Município da unidade familiar rural.*

Assim, observa-se que há uma dificuldade em se estabelecer as obrigações de capacitação dos agricultores familiares: apesar de parecer oportuna, essas obrigações poderiam acabar por negar o benefício a agricultores que dele realmente necessitam, talvez por razões alheias a sua vontade. Enquanto isso, a busca pela melhoria de convivência com o semiárido ficou um tanto difusa entre União, Estados e Municípios e, conforme relatam Lima e Wehrmann (200-?), esse tipo de iniciativa ainda pode ser considerada de pouca expressão.

Conforme assinala Pedroso (2013), o Garantia-Safra reduz a vulnerabilidade das famílias à fome quando não podem contar com os produtos que servem de base a sua alimentação e que poderiam gerar renda ao serem comercializados. Segundo a autora, o programa tem relação direta com a forma como os agricultores respondem às dificuldades impostas pelos extremos climáticos.

Nesse sentido, ao considerar a reincidência de agricultores e municípios, é interessante notar que as regras do programa trazem no seu bojo uma certa previsão dessa característica quando, por exemplo, a Resolução do Comitê Gestor do Garantia-Safra nº 4/2010 (COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA, 2010), que estabelece os critérios de priorização para a participação dos municípios no Garantia-Safra,

privilegia municípios que participaram do programa no ano-safra imediatamente anterior.

O prêmio do seguro é pago de forma solidária pelo agricultor, pelo município, pelo estado e, finalmente, pela União, que paga a maior parcela. Todas as transferências são feitas para o Fundo Garantia-Safra (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016). Há, portanto, um arranjo colaborativo vertical e horizontal. Vertical porque os diferentes entes federativos e as famílias produtoras contribuem para o pagamento do benefício. Horizontal porque entes do mesmo nível colaboram entre si: aqueles que não são afetados em um determinado ano ajudam a pagar o benefício daqueles que foram atingidos (ALVES, 2009).

A dinâmica do Garantia-Safra, que se operacionaliza durante o ano agrícola (julho a junho), pode ser resumida em cinco etapas: reunião do comitê Gestor do Garantia-Safra e definição de diretrizes do Ano Agrícola; processo de adesão; aportes financeiros ao Fundo Garantia-Safra; solicitação de vistoria; pagamento do benefício (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

O processo se inicia com o convite aos estados pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA). A União, por meio do Comitê Gestor do Fundo Garantia-Safra determina qual será o valor do benefício e, em função disso e da disponibilidade orçamentária, o número de cotas, ou seja, quantos agricultores serão atendidos em todo país e por estado participante. Os estados, por sua vez, deverão aderir por meio de termo de adesão. Em seguida, os municípios devem aderir ao programa junto aos estados. Finalmente, os agricultores, respeitando processo de classificação, deverão aderir ao programa junto às prefeituras ou sindicatos (ALVES, 2009). Agricultores, municípios, estados e União fazem os aportes ao Fundo Garantia-Safra (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016). Diante de uma suposta quebra de safra, os municípios solicitam sua verificação. A União, por meio da Secretaria de Agricultura Familiar, irá proceder a verificação e, uma vez, constatada a quebra da safra, o benefício será pago a todos os agricultores familiares que aderiram ao programa no município em questão (ALVES, 2009).

O cálculo da sinistralidade do Garantia-Safra baseou-se na avaliação das condições climáticas da área de atuação da SUDENE, alvo original do programa. Conforme os registros climáticos dos últimos três séculos, há ocorrência de grandes secas que afetam toda a região em 3 anos a cada década, ou seja, 30% dos anos. Dessa forma, o risco de ocorrência de sinistro foi originalmente definido nesse patamar. Por

sua vez, o risco de ocorrência de sinistro determina o valor do prêmio a ser pago pela adesão ao seguro. O somatório dos prêmios pagos por aqueles que aderiram ao seguro irá financiar o pagamento dos benefícios (ALVES, 2009).

O pagamento do prêmio é dividido entre União, Estados, Municípios e agricultores. Conforme a Resolução nº 01, do Comitê Gestor do Garantia-Safra do MDA, de 19 de junho de 2015, para a safra 2015/2016, o benefício é de R$850,00, a serem pagos em 5 parcelas de R$ 170,00 (COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA, 2015). Também determina que a contribuição de adesão do agricultor será de R$ 17,00, dos municípios de R$ 51,00 por agricultor que aderir em sua jurisdição, dos estados de R$ 102,00, por agricultor que aderir em sua jurisdição, e da União um mínimo de R$340,00 por agricultor que aderir ao Garantia-Safra. Esses valores correspondem aos percentuais definidos na Lei nº 10.420/2002 (BRASIL, 2002), com as alterações de redação trazidas pela Lei nº 12.766/2012 (BRASIL, 2012): a partir de 2016, 2% para os agricultores, 6% para os municípios, 12% para os estados (montante que complementa 20% para agricultores, municípios e estados) e de 40% para a União.

Percebe-se, portanto, que a Lei nº 12.766/2012 (BRASIL, 2012), procurou reduzir o problema de sustentabilidade do Fundo Garantia-Safra introduzido pela percepção de risco original, baseado no risco histórico de estiagens na área da SUDENE, calculado originalmente em 30%. De forma incremental, ao longo dos anos, os percentuais de contribuição dos agentes foram sendo incrementado até que, a partir de 2016, seu somatório corresponde a 60%, ou o dobro do montante original.

Tabela 4 - Contribuições ao Fundo Garantia-Safra na safra 2015/2016

Contribuição	(%)	Valor das Contribuições 2015/2016
Agricultor	2%	R$17,00
Município	6%	R$51,00
Estado	12%	R$102,00
União	40%	R$340,00
Total	60%	R$510,00 = 60% de R$850,00 (valor do benefício na safra 2015/2016)

Fonte: **(COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA, 2015)**

O total de cotas, ou seja, o número total de agricultores que serão atendidos, é determinado pela disponibilidade orçamentária da União para o Garantia-Safra naquele ano e pelo valor da participação da União no pagamento do prêmio (ALVES, 2009). Por

exemplo, o projeto de lei orçamentária de 2016 (projeto de lei nº 7/2015 – CN) prevê R$ 203 milhões para a ação orçamentária 0359 (Contribuição ao Fundo Garantia-Safra). Utilizando o percentual de contribuição da União estabelecido para 2015 na Lei 10.420, 35%, o valor a ser depositado por cada adesão seria de R$297,5. Dividindo-se o recurso proposto, R$203 milhões pelo valor a ser pago pela União por cada adesão, R$297,5, chegamos ao valor total de cotas: 682.353 agricultores, valor estabelecido como item de mensuração na PLOA 2016.

Uma vez que o número total de famílias atendidas está determinado, com base no tamanho do público alvo e volume de adesões de agricultores atingidos em anos anteriores, há a distribuição de cotas por estado. Os estados interessados irão aderir por meio de termo de adesão.

O estado procederá a divulgação do calendário e condições para seus municípios. Da mesma forma feita pela União, os Estados deverão proceder a distribuição de cotas entre os municípios. Para realizar essa distribuição e evitar que cotas reduzidas sejam pulverizadas pelos municípios de forma ineficaz, há inicialmente critérios de priorização, sendo o mais importante a localização no semiárido e histórico de estiagens. Após a priorização, a distribuição se baseia no tamanho do público-alvo e volume de adesões em anos anteriores, mediante negociação com os municípios. A distribuição de cotas municipais encerra-se com a homologação do Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável (CEDRS). Os municípios interessados deverão proceder à adesão e, por sua vez, divulgarão as condições e calendário em sua região (ALVES, 2009).

Os agricultores interessados realizarão a adesão em três etapas: (i) a inscrição, que é livre a todos os interessados que atendam aos requisitos; (ii) a classificação dos agricultores que é feita eletronicamente, por meio de critérios pré-estabelecidos pela Resolução nº4/2014 do Comitê Gestor (COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA, 2014): família de menor renda per capita; família sustentada somente pela mulher; família com portadores de necessidades especiais; família não proprietária do imóvel rural; (iii) a adesão, que se concretiza com o pagamento da parcela do agricultor por meio de boleto bancário (ALVES, 2009). Durante a inscrição, será preenchida uma Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP). Aqueles agricultores que já a possuem, incluíram informações sobre área e culturas da safra em questão (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016). É ainda importante destacar que, a lista dos agricultores escolhidos passa por homologação de uma comissão municipal, Comissão

Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (CMDRS), que irá verificar se aqueles agricultores selecionados estão realmente alinhados com os requisitos e critérios vigentes (ALVES, 2009).

Uma vez que o município perceba a frustação da expectativa do conjunto de sua safra das culturas determinadas (arroz, feijão, mandioca, milho e algodão), solicita à Secretaria de Agricultura Familiar (SAF) do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) que proceda uma verificação. A SAF/MDA irá sortear agricultores residentes no município que realizaram a adesão ao programa para que suas lavouras sejam avaliadas por um técnico qualificado, determinado pelo município. O número de agricultores sorteados depende do número de adesões no município. O técnico deverá realizar as visitas, preencher e enviar os laudos dentro do prazo estipulado pela SAF/MDA. Os laudos serão avaliados em conjunto com informações climáticas e estatísticas pela SAF/MDA que irá decidir sobre o índice de perda de safra do município e se deve ou não proceder o pagamento para os agricultores daquele município.

2.5 DESAFIOS OPERACIONAIS

Segundo Alves (2009), apesar dos refinamentos sucessivos ao longo dos anos, verificavam-se ainda problemas a serem superados. Primeiramente, o Garantia-Safra teve que lidar com a inadimplência de estados e municípios. Na prática não havia mecanismos para forçar os pagamentos (ALVES, 2009). Os dados do Relatório de Inadimplência Municipal do Fundo Garantia-Safra, atualizado em 10/05/2016 demonstram que essa situação persiste:

Tabela 5 - Garantia-Safra: Inadimplência Municipal

INADIMPLÊNCIA MUNICIPAL SAFRAS 2003/2004, 2004/2005,2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2012/2013 e 2013/2014

INADIMPLÊNCIA MUNICIPAL		
UF DE INSCRIÇÃO	**Qtde Municípios**	**Valor**
AL	6	R$ 200.374,05
BA II	9	R$ 222.992,94
BA I	1	R$ 17.409,60
MG	5	R$ 95.878,60

PB I	1	R$ 1.881,00
PB II	0	R$ 0,00
PE I	1	R$ 9.999,00
PE II	5	R$ 46.545,93
RN I	0	R$ 0,00
RN II	0	R$ 0,00
CE	0	R$ 0,00
SE	3	R$ 29.924,85
PI	6	R$ 53.188,56
MA	30	R$ 405.366,56
TOTAIS	**67**	**R$ 1.083.561,09**
Total de boletos "em aberto"		**259**
Atualizado em:		**10/05/2016**
Pagamentos realizados até:		**09/05/2016**

Fonte: Fundo Garantia-Safra

Outro ponto é a ausência de recursos orçamentários para a universalização do programa, o que obriga os estados a realizar uma priorização dos municípios. Essa priorização é baseada em critérios que acabam por aumentar a probabilidade de que municípios com muitas chances de apresentar quebra de safra participem da seleção. Com isso, o cálculo original do risco de pagamento do benefício torna-se subestimado. Ou seja, o risco de ocorrência do sinistro, na prática, é muito elevado, o que compromete a sustentabilidade do fundo. Além disso, a falta de recursos para a universalização do programa acaba por favorecer a permanência de práticas emergenciais bancadas pela União, mais atrativas para os municípios e agricultores do ponto de vista orçamentário, uma vez que prescindem de participação financeira. Ou seja, a incapacidade de universalização termina por funcionar como um incentivo a não adesão dos municípios e agricultores (ALVES, 2009).

A escolha dos agricultores foi um tema tratado com bastante cuidado pelos formuladores para evitar práticas clientelistas recorrentes em municípios rurais pobres. Ao se estabelecer critérios de priorização claros e bem definidos (grau de pobreza, etc.) que embasam a ordenação eletrônica das famílias interessadas, procura-se eliminar a chance do uso da participação no programa para conseguir favores políticos e eleitorais. Para isso, a participação dos agricultores é dividida em três etapas: a inscrição para todos os interessados; a classificação eletrônica, segundo critérios de priorização claros e bem

definidos; finalmente, a adesão para aquelas famílias classificadas dentro do número de cotas no município.

Nesse sentido, Alves (2009) sustentava que, à época, tais práticas clientelistas e fraudes diversas ainda se verificavam, como inscrições com dados falsos ou o sumiço dos formulários de inscrição. Ao encontro dessas colocações, a Controladoria-Geral da União (2014) e Tribunal de Contas da União (2013) comprovam a permanência de fraudes como inscrições com dados falsos. Segundo os relatórios, essa prática é facilitada devido à inexistência de verificação, mesmo que amostral, quanto à validade das inscrições. Controladoria-Geral da União (2014) relata, por exemplo, em um universo de cerca de 630 mil beneficiários, mais de 11 mil beneficiários com indícios de inelegibilidade, como por exemplo, renda incompatível, vínculo laboral com o poder público e mesmo candidatos com registro de óbito anterior à respectiva inscrição.

A homologação da lista de agricultores selecionados que é feita por uma Comissão Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (CMDRS) e representa a escolha do Garantia-Safra pela descentralização. Cabe destacar que tal escolha traz benefícios, mas também ônus. Por um lado, a criação desses fóruns significa a busca de envolvimento da sociedade num processo mais transparente, participativo e legítimo, uma vez que são fóruns paritários, ou seja, a participação da sociedade civil se iguala a participação do poder público. Segundo Alves (2009), no entanto, esses fóruns nem sempre são tão representativos e participativos como deveriam. Em alguns casos, há o domínio do fórum pelo poder público municipal e em outros, a alienação e despreparo da representação da sociedade civil. Mas há também casos de comissões bem organizadas e atuantes, como em municípios onde há sindicatos de agricultores bem organizados ou onde há uma disputa política forte entre grupos rivais, que embora por finalidades diversas ao bom funcionamento da política pública acabam por fazer o instrumento funcionar.

Conforme apontou o Tribunal de Contas da União (TCU) (2013) há uma dificuldade na determinação da identidade do Garantia-Safra, que complica o tratamento da sustentabilidade do programa: O programa apresenta características de seguro agrícola e de transferência de renda. Alves (2009) já identificava essa dificuldade de conceituar o programa: uma vez que os agricultores devem aderir ao programa e o pagamento do benefício está vinculado à quebra de safra, o Garantia-Safra se caracteriza como seguro. No entanto, uma vez que os benefícios possuem igual valor para todos e

independem especificamente da extensão do dano individual, o Garantia-Safra possui traços de transferência de renda (ALVES, 2009).

Dadas as características do programa, sua estrutura, atores e sua forma de funcionamento, que traduzem a complexidade no contexto de políticas públicas, entendemos que a prospecção de possíveis cenários por meio da modelagem baseada em agentes constitui uma oportunidade de refinamento da política pública.

3 METODOLOGIA

Este capítulo está divido em três seções: uma introdução aos Sistemas Complexos que discute seus principais conceitos e características. Em seguida, uma seção que discorre sobre a Modelagem Baseada em Agentes. Finalmente, uma seção que busca fazer uma relação entre a política pública objeto de estudo e a metodologia, demonstrando a pertinência de seu uso.

3.1 SISTEMAS COMPLEXOS

A ciência dos Sistemas Complexos é uma área de rápida evolução seja nos domínios ou métodos (Miller e Page, 2007). Segundo Mitchell (2009), Sistemas Complexos constituem um campo de estudo que procura entender sistemas compostos de um grande número de entidades simples que se auto organizam, sem um controle central, em um todo coletivo que cria padrões, usa informação e, em alguns casos, evolui e aprende. Ainda conforme a autora, as características comuns aos diferentes Sistemas Complexos seriam: o comportamento coletivo complexo, processamento de sinais e informações e adaptação.

Miller e Page (2007), seguidos por Organisation for Economic Cooperation and Development (2009) fazem uma distinção entre sistemas complicados e sistemas complexos: sistemas complicados mantém uma certa independência de seus componentes, ou seja, a remoção de um componente não altera o comportamento do sistema além do que diz respeito ao componente suprimido. Já em sistemas complexos, a dependência entre as partes é importante, sendo que a remoção de uma das partes pode impactar o comportamento coletivo numa escala muito além do escopo de atuação daquele componente individual.

O nascimento desse novo campo está relacionado a inabilidade do reducionismo científico em lidar com fenômenos complexos mais próximos a escala humana que apresentam descontinuidade e incerteza (MITCHELL, 2009; GLEIK, 1987). São exemplos desse tipo de sistemas recorrentes na literatura as colônias de insetos, bando de pássaros, o sistema imunológico, o cérebro, o clima, a economia (MITCHELL, 2009; GLEIK, 1987; ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2009). A ciência tradicional, que pode apresentar traços de reducionismo, é adequada para tratar sistemas complicados mas encontra muitas

dificuldades para lidar com os Sistemas Complexos (MILLER E PAGE, 2007; ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2009).

A expectativa de previsibilidade ilimitada oferecida pela visão do universo que trabalha como um relógio conforme as leis da mecânica clássica newtoniana sucumbiram diante dos sistemas caóticos que apresentam dependência sensível às condições iniciais (MITCHELL, 2009): pequenas incorreções de medidas das posições iniciais podem gerar enormes repercussões futuras (GLEIK, 1990). Um conceito chave para a compreensão da dependência sensível às condições iniciais é a não-linearidade, ou seja, a desproporcionalidade entre entradas e saídas, em outras palavras, o todo é mais do que a soma das partes (MITCHELL, 2009; GLEIK,1987; FURTADO, SAKOWSKI E TÓVOLLI, 2015).

Dentre os atributos que caracterizam os Sistemas complexos pode-se destacar a emergência (propriedade que não pode ser descoberta pela inspeção das partes constituintes), retroalimentação ou "feedback" (interações em um dado momento irão influenciar possibilidades e limitações do momento seguinte) (RAND, 2015) e auto-organização (não necessidade de controle central) (FURTADO, SAKOWSKI e TÓVOLLI, 2015).

A ciência dos Sistemas Complexos é especialmente relevante para algumas das questões mais importantes do mundo moderno, uma vez que grandes desafios e oportunidades são complexos: consistem de um conjunto de agentes que interagem entre si e se retroalimentam (MILLER E PAGE, 2007).

As políticas públicas, normalmente compostas por um grande número de atores heterogêneos, que aprendem e interagem entre si e com o ambiente, sujeitas a comportamentos surpreendentes podem, portanto, ser classificadas como sistemas complexos, uma vez que possuem as características elencadas até aqui (FURTADO, SAKOWSKI e TÓVOLLI, 2015; ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2009).

3.2 MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

Modelagem Baseada em Agentes (Agent Based Modeling, ou ABM) é uma ferramenta frequentemente associada aos Sistemas Complexos. Agentes são mapeados

em entidades computacionais, sendo possível modelar indivíduos heterogêneos e suas interações com os demais e com o ambiente (RAND, 2015).

Modelos Baseados em Agentes começam por suposições sobre os agentes e suas interações e, a partir de simulações computacionais, são geradas histórias sobre as consequências dinâmicas dessas suposições. Viabiliza-se, dessa forma, a investigação sobre como efeitos de larga escala emergem dos processos micro de interações entre os agentes (AXELROD e TESFATSION, 2005) podendo ser considerada, portanto, uma abordagem de baixo para cima (AXELROD, 2003, 2005; FUENTES, 2015; MACAL, NORTH, 2006).

Conforme assinalam Axelrod e Tesfatsion (2005), a Modelagem Baseada em Agentes é adequada para sistemas compostos por agentes que interagem entre si e apresentam um comportamento emergente que não pode ser deduzido pela simples decomposição de suas partes. Bonabeau (2002) aponta como vantagens sobre outras técnicas de modelagem (i) a capacidade de capturar fenômenos emergentes; (ii) ser uma descrição natural do sistema; (iii) ser flexível. Gilbert (2007) acrescenta ainda a possibilidade de afastar problemas éticos e dificuldades em se assegurar isolamento de outros fatores em sistemas humanos quando os experimentos são feitos em ambientes computacionais. Miller e Page (2007) discutem as seguintes características da Modelagem Baseada em Agentes, em contraste com outras ferramentas matemáticas mais tradicionais: representam um bom "trade-off" entre flexibilidade e precisão; são orientados ao processo, ou seja, cada aspecto da interação entre agentes deve ser bem especificado; agentes racionais capazes de adaptar seu comportamento; focado em processos dinâmicos ao invés de estados de equilíbrio, raros em sistemas sociais adaptativos; possibilidade de modelar a heterogeneidade dos agentes; escalabilidade, já que não é limitado pelo número de agentes; capacidade de repetir experimentos; capacidade de construir fenômenos que embasam proposições e teorias; custo efetivo; uma vez que ABMs podem ser observáveis, passíveis de repetição e aprimoramentos servem como "modelo animal", ou seja, modelos que servem para a criação de novas teorias .

Macal e North (2010) apontam três elementos que devem ser identificados, modelados e programados para que se crie um modelo baseado em agentes: (i) um conjunto de agentes, seus atributos e comportamentos; (ii) um conjunto de relacionamentos dos agentes e métodos de interação, ou um conjunto de regras e comportamentos desses agentes. Há uma topologia subjacente de conectividade entre

os agentes que determina quem interagem com quem; (iii) o ambiente dos agentes, com o qual os agentes também interagem.

Fenômenos emergentes são abundantes nas ciências sociais, políticas e econômicas, sendo que alguns deles podem ser difíceis de prever e contra intuitivos (BONABEAU, 2002), como por exemplo, resultados de eleições; aceitabilidade de novas políticas, reações de grupos de interesses frente a novos contextos.

Bonabeau (2002) classifica situações de interesse para a investigação desses fenômenos em quatro áreas: (i) fluxos – tráfico e evacuação; (ii) mercados – mercado de ações, por exemplo; (iii) organizações – por exemplo, risco operacional; (iv) difusão – difusão de inovação e dinâmica de adoção. Macal e North (2006) citam um leque de aplicações que vão do comportamento do mercado de ações, avanço de epidemias, sistema imunológico adaptativo, comportamento de compra dos consumidores e outros.

Axelrod e Tesfatsion (2005) colocam a simulação, em particular a simulação por ABM, como uma terceira forma de fazer ciência, ao lado da dedução e da indução. A dedução é usada por cientistas para chegar a teoremas a partir de premissas enquanto a indução reconhece padrões em dados empíricos. Assim como a dedução, a simulação parte de um conjunto de premissas, mas não prova teoremas por generalidade. Ao invés disso, a simulação gera, a partir de seu conjunto de premissas, dados aptos a análise pela indução. A simulação permitiria o maior entendimento dos sistemas que estuda a partir de experimentos computacionais controlados.

Uma vez que o modelo esteja pronto é necessária uma plataforma computacional para rodá-lo. Rodar o modelo significa permitir que os agentes repitam seus comportamentos e interações, processo que frequentemente se dá sob uma linha do tempo (MACAL e NORTH, 2010). Existem múltiplas opções de implementação baseadas no software usado. Desde os mais simples com planilhas Excel, passando por sistemas matemáticos gerais como o Matlab e Mathematica, até as linguagens de programação de uso geral como Java, C, C++ e Python (MACAL e NORTH, 2010; FURTADO, SAKOWSKI e TÓVOLLI, 2015). Existem ainda serviços usualmente necessários para modelos mais elaborados, como serviços de implementação de projetos, serviços de execução de modelos, modelos de armazenamento. Os serviços de implementação de projetos, por exemplo, podem ser oferecidos em diferentes abordagens, de acordo com o suporte que oferecem ao modelador: na forma de bibliotecas (por exemplo, bibliotecas da ferramenta SWARM), de ambientes de desenvolvimento integrado ou Integrated Development Environment – IDE (como o

Netlogo) ou uma versão híbrida dessas duas abordagens (MACAL e NORTH, 2010). Gilbert (2008) ressalta que uma vantagem dos modelos computacionais é o fato de que, para que possam ser executados, forçam os modeladores a serem precisos, diferentemente do que acontece com teorias e modelos em linguagem natural.

Finalmente, Bonabeau (2002) enumera alguns problemas relacionados ao uso de ABMs: (i) o modelo deve ter o nível adequado de detalhe para atingir seu propósito e mensurar esse ponto ideal não é simples; (ii) os sistemas modelados muitas vezes envolvem agentes humanos, com comportamentos potencialmente irracionais, escolhas subjetivas e psicologia complexa que constituem fatores difíceis de quantificar, calibrar e justificar. Isso pode representar um problema para a interpretação dos resultados do modelo. Dessa foma, alguns modelos devem se restringir a uma avaliação qualitativa; (iii) ABMs podem requerer alto poder de processamento e consumirem muito tempo.

3.3 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA METODOLOGIA PARA O PROBLEMA DE PESQUISA

Epstein (2008) pontua que a modelagem explícita apresenta uma série de vantagens sobre as modelagens implícitas cujas premissas não estão declaradas, a consistência interna não pode ser avaliada, as consequências lógicas e a relação com os dados desconhecidas. Modelagens explícitas, por sua vez, podem ser estudadas, calibradas com dados históricos, reproduzidas e envolver a expertise de outras pessoas em seu desenvolvimento, além de serem adequados a uma análise de sensibilidade na qual uma gama de valores para diferentes parâmetros podem ser percorridos e diferentes cenários criados. O autor também enuncia e discute como razões para modelagem, além da previsibilidade, que nem sempre é algo viável, outros objetivos como explicar as causas de um comportamento em larga escala de um sistema, sua dinâmica interna e suas incertezas, guiar a coleta de dados, demonstrar “trade-offs” sugerir novas perguntas.

Furtado, Sakowski, & Tóvolli, (2015) argumentam que, uma vez que a maioria dos objetos de políticas públicas guardam correspondência com os sistemas complexos (a saber, grande número de agentes independentes, auto-organização e comportamento emergente) podem ser caracterizados como tais e se beneficiarem do uso de ferramentas e metodologias estabelecidas para o estudo desses sistemas. O resultado de qualquer

política pública é “um produto que emerge de muitas decisões individuais e da maneira pela qual essas decisões interagem entre si e com a política” (RAND, 2015, p. 43). Conforme assinalam Furtado e Sakowski (2014) a simulação de políticas públicas consiste na modelagem de componentes da sociedade objeto de estudo de forma a capturar a essência dos sistemas e, de forma relativamente simples e barata, aumentar a compreensão do sistema e extrair possíveis aprimoramentos.

Conforme aponta Rand (2015), ABM tem sido empregado na análise de políticas públicas por permitir a visualização dos efeitos da política sobre os agentes. Além disso, reforça o autor, as simulações permitem a criação de múltiplos cenários e a compreensão das ramificações desses cenários na sociedade.

O presente estudo busca a modelagem do programa Garantia-Safra para que, por meio das simulações, seja possível responder às perguntas da pesquisa e atender aos objetivos declarados.

O Garantia-Safra conta com grupos de agentes heterogêneos (União, estados, municípios e agricultores familiares) que interagem entre si e com o ambiente. Apesar das regras do programa estarem presentes na legislação, a autonomia do comportamento dos agentes é preservada, no que se refere a sua capacidade de escolha sobre participar ou não do programa ou sobre a escolha dos agricultores sobre o que e quanto plantar. É ainda oportuno lembrar que as decisões tomadas em um ano-safra têm impacto no ano seguinte, uma vez que definem atributos e influenciam decisões futuras. A expectativa é poder vislumbrar algum comportamento emergente dessa interação entre agentes e, a partir de uma melhor compreensão de sua dinâmica, encontrar oportunidades de melhoria. Outro fator que justifica a escolha da metodologia é sua adequação e flexibilidade para simulações dessas alternativas de desenho, que são o que Gilbert (2007) chama de “what-if questions” (perguntas do tipo e-se).

4 O MODELO

4.1 O MODELO ODD

Com o intuito de levar o benefício da padronização para a Modelagem Baseada em Agentes, um grupo de modeladores propôs um protocolo para descrição desse tipo de modelo que é amplamente usado (GRIMM E RAILSBACK, 2012).

O protocolo ODD (da sigla em Inglês, Overview, Design Concepts and Details. Em Português, Visão Geral, Conceitos de desenho e Detalhes) foi criado para possibilitar descrições de modelos completas, de rápida e fácil assimilação e organizadas para apresentar informação de uma forma consistente (GRIMM E RAILSBACK, 2012).

O protocolo ODD é composto por três seções (visão geral, conceitos de desenho e detalhes) e sete elementos (distribuídos nas três seções) que são os mesmos que um desenvolvedor precisa implementar (GRIMM E RAILSBACK, 2012). Na seção Visão Geral (Overview) os elementos são: (i) Propósito – declaração da questão a ser respondida ou problema a ser abordado pelo modelo; (ii) entidades, variáveis e escalas – entidades do mundo real que serão representadas e suas variáveis de estado que as caracterizam, além das escalas temporais e espaciais; (iii) visão geral do processo e programação – descrição sucinta dos processos executados pelas entidades e a ordem na qual eles são executados.

Na seção conceitos de desenho há apenas o elemento “Conceitos de Desenho” que pode ser desmembrado em: (i) Princípios básicos (ii) emergência; (iii) adaptação; (iv) objetivos; (v) aprendizado; (vi) predição; (vii) sensibilidade; (viii) interação; (ix) estocástico; (x) coletividade; (xi) observação. Na seção de detalhes, os elementos são: (i) inicialização; (ii) dados de entrada; (iii) submodelos.

No presente estudo, serão apresentados somente os elementos do protocolo da seção Visão Geral (Overview).

4.1.1 Visão Geral

4.1.1.1 Propósito

O modelo foi desenhado para explorar a dinâmica das adesões dos agricultores familiares ao programa. O objetivo é verificar a existência de um padrão de reincidência de adesões dos agricultores e, caso esse padrão exista, discutir suas possíveis causas.

4.1.1.2 Entidades, variáveis de estado e escalas

O modelo possui as seguintes entidades: simulação, município, culturas municipais, famílias de agricultores, propriedades rurais e culturas da família. O desenho do modelo propõe um certo encapsulamento, uma vez que o município possui em sua composição, uma lista de famílias de agricultores. Por sua vez, as famílias possuem uma propriedade que, dentre outros atributos, possui uma lista de culturas.

A entidade “simulação” não faz parte do modelo propriamente dito. Ela é usada para dimensionar e controlar o processo de simulação. São atributos dessa entidade: o número de repetições, ou rodadas; o número de anos para cada rodada; o ano inicial e o ano corrente da simulação; um indicador de acesso (“handle”) para um arquivo de saída de resultados.

O município é o espaço de atuação das famílias. Logo possui atributos que representam informações sobre culturas e famílias no nível municipal. Os atributos mais importantes são: nome do município; número de famílias que residem naquele município; número de cotas do programa; culturas do município (lista de culturas com informações à nível municipal), número de famílias reincidentes, número de famílias com renda superior a 1,5 salários mínimos, renda anual médias das famílias residentes no município.

As famílias de agricultores são os agentes principais do modelo. São aqueles que efetivamente irão tomar decisões. Seus principais atributos são: número de membros; uma propriedade rural (por simplificação, o modelo pressupõe que uma família tenha apenas uma propriedade); renda familiar (com e sem benefício); renda projetada para a safra seguinte; renda per capita no ano corrente; indicador de beneficiário do programa na safra anterior; indicador de beneficiário na safra atual; indicador do interesse em aderir na safra atual; indicador de família liderada por mulher; a probabilidade de seca (e de não seca) na visão daquela família.

As propriedades possuem os seguintes atributos principais: tamanho da propriedade; uma lista de culturas; área restante ou disponível.

As culturas das famílias possuem os seguintes atributos: nome da cultura; área efetivamente plantada; área a ser plantada daquela cultura na próxima safra; a experiência adquirida no cultivo daquela cultura; a produção obtida naquele cultivo; a produtividade daquela cultura; um indicador da conveniência em se aumentar a área plantada daquela cultura.

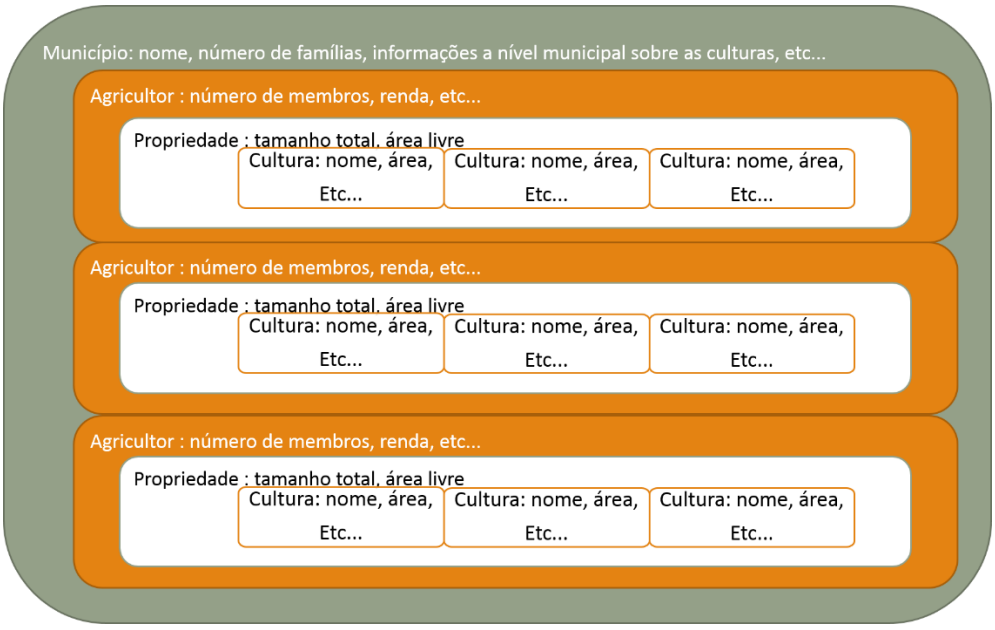
As culturas do município apresentam as seguintes variáveis principais: nome da cultura; produtividade média daquela cultura no município; preço do cultivo praticado no município no ano corrente; área total plantada no município no ano.

Por simplificação, o modelo representará propriedades de agricultura familiar em um único município.

A unidade de tempo refere-se a um ano safra.

O modelo pode ser visualizado de forma esquemática conforme a figura 2, abaixo. Na figura, a entidade culturas do município são retratadas de forma simplificada como informações a nível municipal sobre as culturas.

Figura 2 - Entidades do modelo em forma esquemática

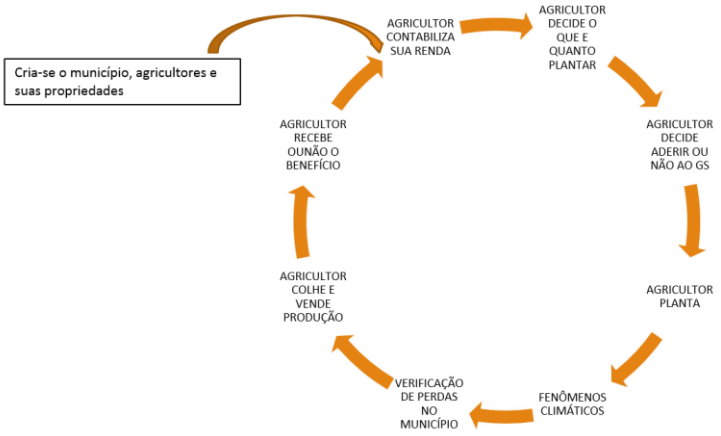


Fonte: elaborado pelo autor

4.1.1.3 Visão Geral dos Processos e Programação

A figura 3, abaixo, retrata de forma esquemática o ciclo do modelo para um ano.

Figura 3 – Modelo: ciclo de 1 ano



Fonte: elaborado pelo autor

Inicialmente, o modelo cria os agentes: município, famílias de agricultores, suas propriedades e culturas.

A cada início de ciclo, os agricultores fazem uma avaliação se devem aumentar sua renda. Esta decisão está baseada na sua percepção sobre a renda per capita de sua família no ano que termina. No presente modelo, rendas per capita “muito baixas” indicam a necessidade de aumentar a produção, rendas “não tão baixas” indicam uma possibilidade maior de manutenção da produção e rendas “maiores” indicam ao agricultor que pode se manter no mesmo patamar de produção e até mesmo diminuir ligeiramente. O conceito de renda “muita baixa” empregado foi o de pobreza extrema do IPEA (renda per capita mensal inferior a ¼ do salário mínimo). Renda “não tão baixa” corresponde a uma renda per capita mensal de até ½ do salário mínimo e valores acima disso são considerados como rendas “maiores”. Note-se que, o modelo considera que o aumento de produção é a única forma para que o produtor aumente sua renda. Outras alternativas possíveis como, por exemplo, a busca de uma nova ocupação no meio urbano, apontada por del grossi e da silva, [20--?], não foram consideradas.

O agricultor, portanto, irá procurar adequar sua renda per capita por meio da área plantada, e consequente produção futura. Nesse sentido, deverá escolher o que e o quanto plantar, pois, na sua visão, as culturas não são igualmente atrativas.

Segundo Rambo e Machado (2009) e Dalcin (2010), a teoria da racionalidade econômica, da maximização da utilidade, não explica de forma adequada a tomada de decisão pelos agricultores. Ambos estudos se baseiam no trabalho de Herbert A. Simon sobre decisão, reconhecido com prêmio Nobel, que afirma que a decisão nem sempre é

ótima, mas sim satisfatória para um determinado contexto. Conforme Dalcin (2010), o processo decisório do agricultor envolve elementos como tradição, aprendizado, aspectos psicológicos, sociais e econômicos e é direcionado a objetivos como garantir a segurança alimentar e o emprego da família e a redução dos riscos.

No presente modelo, a escolha sobre o que e o quanto plantar é feita com base na experiência que o agricultor possui com aquele determinado cultivo, a produtividade do cultivo e seu preço vigente. Esses fatores compõem um índice para cada cultura que orienta a decisão do agricultor sobre a área a ser plantada, partindo-se da área plantada no ano anterior e respeitando-se os limites de sua propriedade. Buscou-se, assim, considerar fatores como tradição, redução do risco e também fatores econômicos na modelagem dessa etapa.

O índice é composto da seguinte forma: caso o preço da cultura no ano corrente seja igual ao preço histórico médio da cultura no município, o índice ganha zero pontos. Caso o preço no ano corrente seja maior, 1 ponto. Caso seja menor, -1 ponto. Caso a produtividade média no município no ano corrente seja igual à produtividade histórica média da cultura no município, o índice ganha zero pontos. Caso a produtividade média seja maior que a histórica, o índice ganha 1 ponto. Caso seja menor, -1 ponto. A experiência do agricultor com a cultura, definida no modelo como o número de safras que o agricultor efetivamente plantou uma dada cultura até um limite de 3 anos, é convertida em pontos e acrescida ao índice. Esse processo é repetido para as cinco culturas (algodão, arroz, feijão, milho e mandioca), e para cada um dos agricultores do município. Assim, cada agricultor é capaz de ordenar suas culturas em uma lista, onde as culturas melhores colocadas representam, para ele, as culturas mais atrativas, considerando-se esses diferentes fatores.

A definição do que e quanto plantar parte dessa lista de culturas ordenada a partir do índice composto descrito acima. À área de cada cultura será incrementada ou decrementada uma parcela randômica que ficará entre -0,2 a 0,2 hectares. O sorteio da parcela depende de dois fatores: a percepção do agricultor sobre sua renda per capita e a classificação da cultura na lista ordenada de culturas do agricultor. Caso a renda per capita da família do agricultor seja considerada muito baixa, as probabilidades de acréscimos positivos são maiores para todas as culturas. Caso a renda per capita seja baixa, as culturas mais atrativas para o agricultor terão maiores probabilidades de acréscimos e as menos atrativas, maiores probabilidades de redução. Para rendas "superiores", somente a cultura mais atrativa terá maiores probabilidades de parcelas

positivas. As demais terão maior probabilidade de parcelas nulas ou negativas. Para cada nova área a ser plantada de cada cultura é feita uma consistência para que o total da área a ser plantada não ultrapasse o tamanho da propriedade.

Uma vez que o agricultor definiu culturas e áreas a serem plantados, ele avaliará seu interesse em participar do programa. Enquanto a decisão sobre o que e quanto plantar é baseada em múltiplos critérios que influenciam a probabilidade de se chegar a acréscimos ou decréscimos, a decisão sobre a adesão ao Garantia-Safra parte de uma perspectiva mais "utilitarista". Essa decisão foi modelada segundo a Teoria da Escolha sob Incerteza (VARIAN, 2012). O agricultor escolherá entre "loterias" (diferentes distribuições de probabilidade sobre alternativas possíveis) que representam ganhos em cenários diferentes (aderir ou não aderir, em contexto de seca e de não seca).

Conforme a teoria, caso exista uma loteria (L) que seja preferível a outra (L´), existe uma função utilidade de L que será maior que a utilidade de L´:

$$L \succ L' \Leftrightarrow U(L) > U(L')$$

A utilidade de uma dada loteria será, portanto:

$$U(L) = \sum_{i=1}^{n} pi \times u(xi)$$

Sendo, $pi\ a\ probabilidade\ de\ ocorrência\ do\ resultado\ xi$

$u(xi)\ a\ Utilidade\ de\ Bernoulli\ do\ resultado\ xi$

Nos casos em que $u(x) = x$, teremos a utilidade da loteria igual a seu valor esperado. Nesses casos, segundo define a teoria, o agente é neutro ao risco.

$$Se\ u(x) = x,\ então\ U(L) = E(L) \Rightarrow agente\ neutro\ ao\ risco$$

As tabelas abaixo representam as loterias que serão alvo da escolha do agricultor: basicamente representam seus ganhos em estados da natureza de seca e de não seca diante das opções de aderir ou não ao programa.

Tabela 6 - Processo de decisão do agricultor sobre a adesão ao programa

Escolha do Agricultor: Loterias

	Seca (Probabilidade: α)	Não seca (probabilidade:1-α)	Valor esperado
Aderir	Sobra da produção + benefício - prêmio	Produção - prêmio	$\alpha \times (sobra\ da\ produçã + benefício - Prêmio) + (1-\alpha) \times (produção - prêmio)$
Não aderir	Sobra da produção	Produção	$\alpha \times (sobra\ da\ produção) + (1-\alpha) \times (produção)$

Fonte: produzida pelo autor

Para simplificação, o modelo adotou que o agricultor faz uma comparação entre estados de natureza de uma seca severa, onde a sobra de produção é zero, e uma não seca, onde a produção é estimada de acordo com o aproveitamento da safra anterior. Dessa forma, a tabela anterior pode ser simplificada como se segue.

Tabela 7 - Processo de decisão do agricultor sobre a adesão ao programa (simplificado)

Escolha do agricultor: loterias

	Seca (Probabilidade: α)	Não seca (probabilidade: 1-α)	Valor Esperado
Aderir	Benefício -Prêmio	Produção - Prêmio	$\alpha (benefício - Prêmio) + (1-\alpha) \times (produção - prêmio)$
Não aderir	Zero	Produção	$(1-\alpha) \times (produção)$

Fonte: Produzido pelo autor

O agricultor compara os valores esperados das duas loterias e opta pelo maior valor. Como o prêmio do seguro é divido entre União, Estados, municípios e agricultores (que pagam a menor parcela), a participação tende a se apresentar como um "bom negócio".

Comprovado o interesse em participar, o agricultor irá aderir, caso tenha se classificado na lista de agricultores (ordenada segundo a renda per capita) dentro do número de cotas do município e caso sua renda bruta mensal não ultrapasse o teto estabelecido pelo programa (1,5 salários mínimos). Ao aderir, será debitada de sua renda o valor da contribuição e ele irá proceder ao plantio.

O agricultor passa a etapa de plantio na qual as áreas anteriormente projetadas serão efetivamente reconhecidas como plantadas.

O modelo considera que, ao longo do ano, os fatores climáticos irão atuar sobre os cultivos e irão resultar em uma produtividade padrão do município. Essa produtividade municipal do modelo é baseada na série de produtividades médias para o estado do Ceará, de 2005 a 2014 para cada cultura, obtidas pelas tabelas de Pesquisa da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE. Uma vez determinada a produtividade municipal para cada cultura, cada família terá sua própria produtividade familiar por cultura, resultado de uma pequena variação aleatória sobre a produtividade municipal calculada anteriormente.

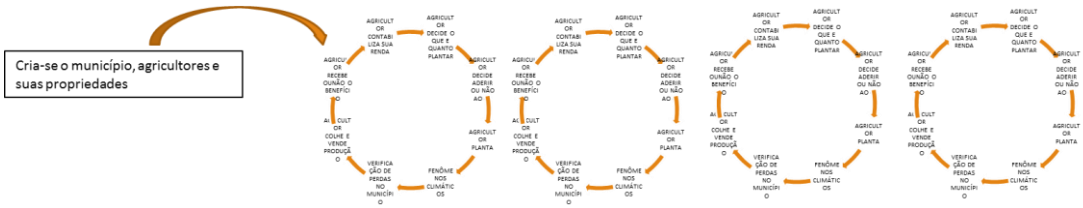
Uma vez já definida a produtividade de cada agricultor para cada cultura e como estes já haviam definido qual a área plantada de cada cultura, é possível apurar se houve quebra de safra no município. Isto é feito contabilizando a produção de cada agricultor para cada cultura e comparando o total produzido pelo município com o total esperado.

Independente da quebra ou não de safra, os agricultores irão colher sua produção e comercializá-las no mercado ao preço praticado no município naquele ano, resultado de uma variação aleatória sobre um preço da série de preços para a cultura entre 2005 e 2014, também obtidos das tabelas das PAMs, em valores reais de 2014 após deflação via IGP-DI.

As rendas familiares são, então, corrigidas. Caso exista a quebra de safra, àqueles agricultores que aderiram ao plano serão pagos os benefícios do Garantia-Safra. As experiências das famílias em cada cultura plantada são atualizadas.

Esse ciclo anual se repetirá pelo número de anos configurado para cada rodada, conforme a figura abaixo busca representar.

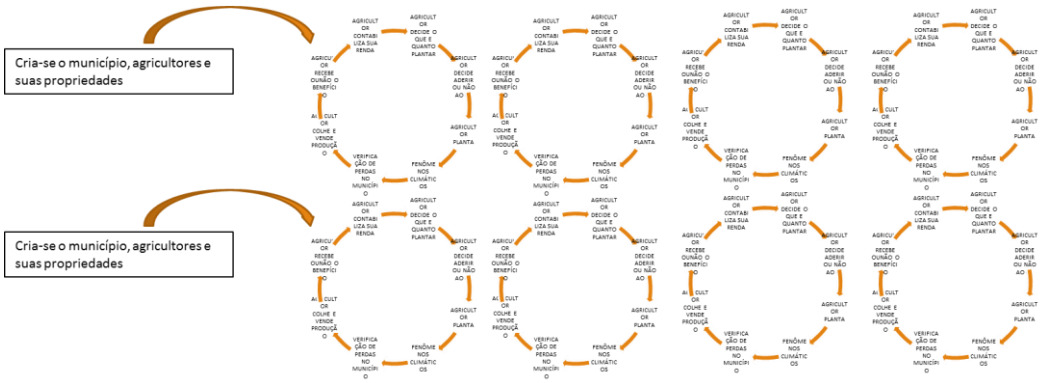
Figura 4 – Modelo: Ciclo de 4 anos



Fonte: elaborado pelo autor

Por sua vez, a simulação se repetirá para o número de rodadas configurado, conforme a figura abaixo.

Figura 5 – Modelo: ciclo de 2 rodadas e 4 anos cada



Fonte: elaborado pelo autor

O modelo pode ser representado em linhas gerais pelo seguinte algoritmo de alto nível:

Modelo Baseado em Agentes para o Programa Garantia-Safra
Algoritmo de alto nível

```
Cria simulação
# Roda Simulação
        Para cada rodada
                Cria municípios
                Cria Famílias
                Para cada ano
                        # Passa o ano do município
                                Para cada família
                                        Avalia se deve aumentar a produção
                                        Ordena cada cultura segundo experiência, produtividade e preço
                                        Define culturas e área a plantar
                                Fim para
                                Famílias são classificadas segundo renda per capita mensal
                                Para cada família
                                        Se interessada e família foi classificada dentro das cotas
municipais
                                                Adere
                                        Fim se
                                Fim para
                                Sorteia-se produtividade base municipal
                                Para cada família
                                        Para cada cultura
                                                Atualiza-se produtividade baseada na produtividade
mun.
                                                Atualiza-se produção
                                        Fim para
                                Fim para
                                # Verifica-se perdas do município
                                        Para cada família
                                                Para cada cultura
                                                        Soma-se produção total do município na
cultura
                                                Fim para
                                        Fim para
                                        Se produção total município  menor que produção esperada
                                                Quebra de safra = true
                                        Fim se
                                # Fim verifica perda
                                Para cada cultura do municipal
                                        Atualizar preços
                                Fim para
                                Para cada família
                                        #Atualiza renda
                                                Para cada cultura
                                                        Produção = área plantada * produtividade
                                                        Renda = renda + produção * preco no
município
                                                Fim para
                                        #Fim atualiza renda
                                        Se quebra de safra = true e família aderiu
                                                Incrementa renda com beneficio
                                        Fim se
                                        Atualiza experiência
                                        Atualiza participação ano anterior
                                Fim para
                        # Fim do ano no município
                        Loga-se resultados do ano
                        Incrementa-se o ano corrente
                Fim para // cada ano
        Fim para //cada rodada
# Fim roda simulação
# Fim programa
```

5 RESULTADOS

O modelo proposto foi implementado em um programa na linguagem Python para o ambiente Windows, usando a ferramenta PyCharm, um ambiente integrado de desenvolvimento (Integrated Development Environment ou IDE).

Como saída, o programa gera um arquivo de dados com as seguintes colunas separados por ponto e vírgula: Rodada, Ano, Renda Média sem contar os benefícios, Renda média contando os benefícios, número de famílias reincidentes, número de famílias com renda mensal superior a 1,5 salários mínimos, área plantada total de arroz, área plantada total de algodão, área plantada total de feijão, área plantada total de mandioca, área plantada total de milho, produção total de algodão, produção total de arroz, produção total de feijão, produção total de mandioca e produção total de milho.

Configurou-se o programa para que fosse feita uma simulação de 10 rodadas, de 15 anos cada, para um município com 1.000 famílias e 130 cotas para participação no programa. A probabilidade inicial de seca para o município foi de 0.6.

A saída do programa foi tabulada no Excel e alguns gráficos foram gerados para análise.

Nunca é demais ressaltar que os resultados apresentados estão baseados em todas as premissas adotadas pelo modelo sobre o processo decisório dos agricultores, das regras do programa que foram consideradas, da dinâmica das produtividades e preços e outras.

5.1 NÚMERO DE FAMÍLIAS REINCIDENTES

A tabela 8, abaixo, apresenta a saída do modelo para o número de famílias reincidentes a cada ano e para cada rodada. “Família Reincidente” é entendida aqui como aquela que adere ao programa e já o fez em algum ano anterior.

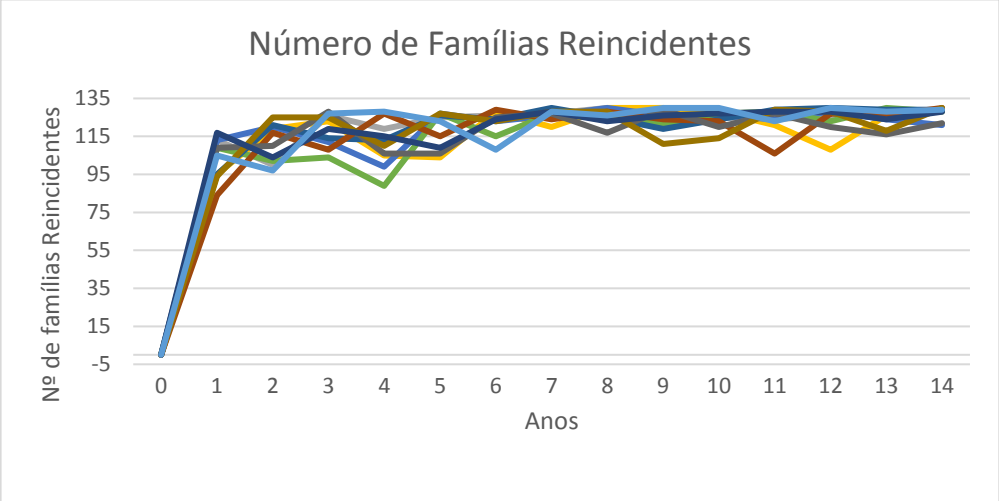
Tabela 8 – Número de Famílias Reincidentes

Anos	Rod. 0	Rod. 1	Rod. 2	Rod. 3	Rod. 4	Rod. 5	Rod. 6	Rod. 7	Rod. 8	Rod. 9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	113	95	113	109	95	84	109	94	117	105
2	100	119	120	102	121	117	110	125	104	97
3	126	123	112	104	114	108	128	125	119	127
4	119	105	99	89	113	127	106	110	115	128
5	125	104	127	127	126	115	106	127	109	123
6	126	128	123	115	124	129	125	123	124	108

7	127	120	126	127	130	124	127	128	128	128
8	130	130	130	127	125	128	117	128	123	126
9	124	130	126	121	119	124	129	111	126	130
10	125	128	126	127	124	123	120	114	127	130
11	124	121	124	128	129	106	127	129	128	123
12	126	108	128	123	130	127	120	128	128	130
13	128	126	124	130	129	126	116	118	124	128
14	129	129	121	128	129	130	122	130	128	129

Fonte: Produzido pelo autor

Gráfico 1 – Número de Famílias Reincidentes



Fonte: elaborado pelo autor

O gráfico 1 aponta uma rápida convergência do número de famílias reincidentes para o limite de cotas do município. Por volta do terceiro ano, todas as rodadas já apresentam um número de famílias reincidentes próximo ao teto com pequenas oscilações que parecem se dever a variações de renda e de número de membros.

Baseando-se nas premissas adotadas na elaboração do modelo sobre o processo decisório dos agricultores e sobre as regras do programa consideradas, o padrão de reincidência parece bastante claro. No entanto a tendência a reincidência carece de uma investigação ainda mais aprofundada que confirme os resultados da simulação.

Cabe aqui uma discussão sobre as possíveis razões desse padrão de reincidência, uma vez que se trata de um dos objetivos específicos do estudo. O objetivo proposto na lei de criação do Garantia-Safra, Lei nº10.420/2002 (BRASIL, 2002), é "garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou

excesso hídrico". Parece razoável declarar que o programa cumpre seu objetivo uma vez que, conforme demonstrado pelos números de evolução no número de famílias beneficiárias, milhares de famílias recebem o benefício a cada safra. Além disso, conforme aponta Pedroso (2013) ao discutir a influência das políticas públicas na redução da vulnerabilidade da agricultura familiar na região de Gilbués, Piauí, os agricultores percebem o Garantia-Safra como um instrumento efetivo nesse propósito. Dessa forma, o padrão de reincidência pode ser visto como uma necessidade do contexto em que essas famílias se inserem: condições climáticas, sociais, econômicas e fundiárias desfavoráveis. A adesão ao programa repetidas vezes seria uma forma de adequação a uma exposição desse público a um risco persistente e não, simplesmente, uma disfunção do desenho da política, uma vez que as regras do programa foram determinadas em função do contexto no qual se insere.

Pode-se, no entanto, discutir sobre a conveniência e o desejo de que o programa fosse capaz de retirar essas famílias da condição socioeconômica em que se encontram, elevando-as a uma condição mais favorável, onde fossem necessárias outras formas de cobertura.

Nesse sentido, a intenção inicial de fazer o programa Garantia-Safra uma etapa de um processo evolutivo da realidade econômica das regiões afetadas sistematicamente por perdas de safras parece uma estratégia mais efetiva. As medidas de convivência com o semiárido, que não prosperaram no início do programa, parecem ter um papel muito importante nessa direção.

5.2 Área Plantada Total

Seguem, abaixo, tabela 9 e gráfico 2 que apresentam a área total plantada no município a cada ano. Esse total é obtido pelo somatório das áreas plantadas de cada cultura para cada ano e para cada rodada.

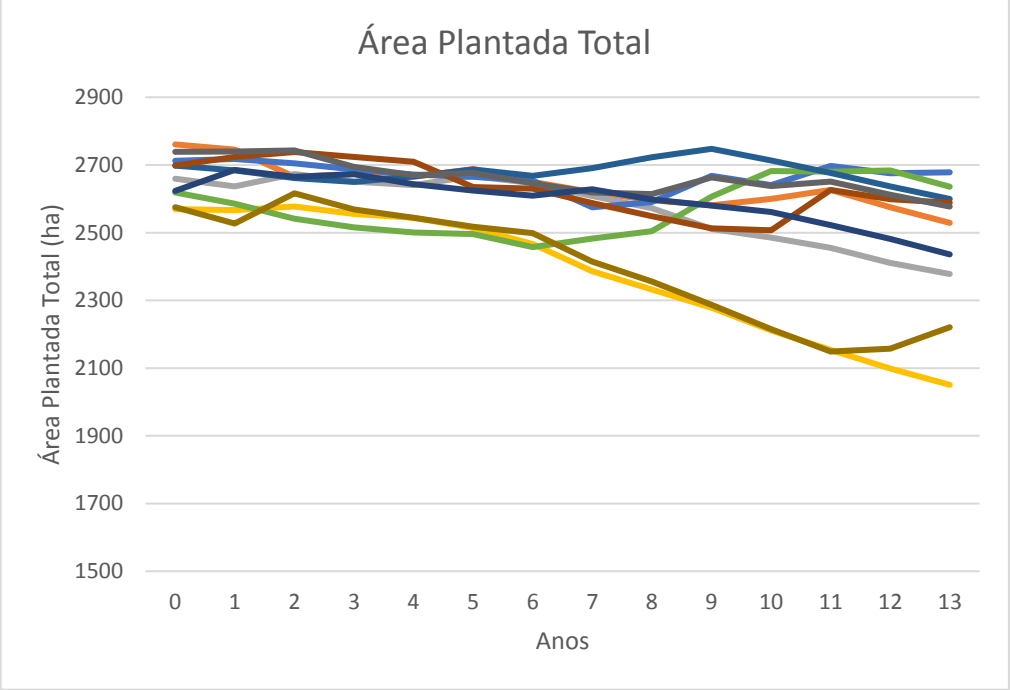
Tabela 9 – Área Plantada Total

Anos	Rod. 0	Rod. 1	Rod. 2	Rod. 3	Rod. 4	Rod. 5	Rod. 6	Rod. 7	Rod. 8	Rod. 9
0	2716,43	2667,96	2538,73	2681,12	2633,27	2623,82	2646,48	2701,77	2628,43	2561,61
1	2760,72	2659,11	2569,94	2712,15	2619,02	2698,43	2697,98	2739,26	2575,48	2623,5
2	2745,1	2636,35	2567,16	2717,62	2585,45	2683,6	2723,69	2739,95	2527,2	2685,42
3	2664,82	2673,3	2577,26	2704,38	2540,84	2661,03	2738,24	2742,93	2616,26	2664,74

4	2673,83	2650,66	2555,6	2686,75	2515,77	2650,39	2724,1	2694,81	2568,93	2672,5
5	2665,32	2640,75	2544,08	2671,53	2500,57	2665,89	2709,46	2669,74	2543,97	2643,33
6	2688,02	2667,07	2513,41	2665,29	2495,81	2686,89	2634,72	2676,43	2518,03	2624,16
7	2650,2	2645,7	2466,96	2654,08	2457,37	2667,6	2629,93	2645,87	2498,87	2608,83
8	2619,48	2607,87	2386,04	2574,91	2482,98	2690,83	2587,55	2618,29	2414,81	2628,65
9	2596,18	2572,68	2332,38	2590,23	2504,01	2722,76	2549,04	2614,03	2356,01	2598,16
10	2580,48	2510,8	2278,52	2667,59	2606,22	2747,66	2513,26	2662,84	2287,28	2579,68
11	2600,16	2485,39	2211,53	2640,4	2681,89	2712,81	2507,06	2637,92	2214,93	2561,22
12	2626,7	2455,54	2153,82	2697,42	2679,86	2676,07	2626,27	2651,27	2148,94	2522,01
13	2575,11	2410,56	2098,78	2675,22	2683,78	2636,43	2599,25	2612,38	2157,54	2481,64
14	2528,94	2377,87	2050,67	2677,87	2636,07	2599,62	2588,5	2577,16	2221,15	2435,79

Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 2 – Área Plantada Total



Fonte: elaborado pelo autor

As rodadas de simulação apresentaram pouca variação na área total plantada com uma tendência moderada de redução. Todas as rodadas, com exceção da rodada 4, apresentam ao final uma área plantada menor que a inicial. As reduções giram em torno de 7% em média, sendo que a maior redução foi na casa de 20% (rodada 2). O único aumento (rodada 4) foi de aproximadamente 0,6%.

Uma interpretação possível sobre essa relativa estabilidade é a de que o programa não proveria incentivos e meios para uma mudança efetiva na realidade produtiva das famílias beneficiadas. Some-se a isso, o perfil mais conservador dos agricultores familiares, conforme assinalado por Dalcin (2010). Dificuldades de acesso

à terra e ao custeio são inferências plausíveis, mas não tratadas nem discutidas pelo modelo.

5.3 Renda Anual Média das Famílias

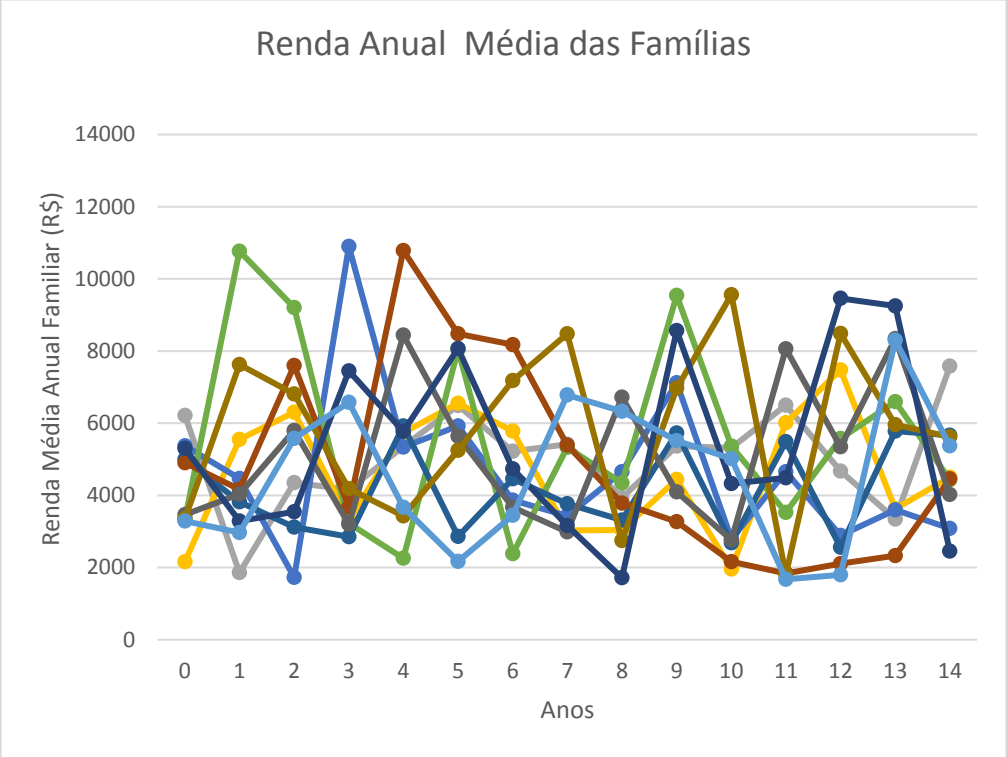
Outro aspecto verificado foi a Renda Anual Média das Famílias. Abaixo, seguem a tabela 10 e o gráfico correspondente (gráfico 3).

Tabela 10 – Renda Anual Média das Famílias

Anos	Rod. 0	Rod. 1	Rod. 2	Rod. 3	Rod. 4	Rod. 5	Rod. 6	Rod. 7	Rod. 8	Rod. 9
0	6213,82	2159,67	5372,74	3330,28	4994,92	4901,11	3468,28	3349,69	5303,88	3291,25
1	1855,79	5549,31	4462,92	10768,48	3819,45	4162,06	4032,31	7621,59	3289,52	2964,89
2	4348,72	6307,33	1726,75	9200,67	3115,77	7601,22	5794,43	6810,99	3545,56	5574,86
3	4156,53	3317,09	10898,06	3229,05	2852,29	3671,24	3202,37	4184,21	7447,17	6574,48
4	5349,95	5734,88	5333,11	2255,23	5922,19	10784,67	8437,13	3427,79	5771,1	3665,57
5	6485,99	6551,08	5923,19	8045,74	2863,45	8473,78	5642,23	5247,74	8070,65	2172,67
6	5224,71	5781,79	3868,1	2380,45	4456,9	8173,07	3671,66	7183,12	4734,53	3450,93
7	5418,92	3032,94	3425,03	5331,77	3768,92	5385,26	2988,82	8476,95	3163,15	6784,62
8	3937,6	3036,89	4656,54	4345,14	3310,76	3780,49	6722,4	2743,37	1713,55	6333,38
9	5360,44	4444,07	7115,73	9544,22	5728,37	3266,13	4098,7	6968,61	8566,14	5516,57
10	5314,52	1953,3	2790,25	5366,81	2686,44	2157,63	2764,57	9556,52	4323,12	5018,27
11	6502,89	6006,55	4650,18	3529,03	5484,11	1836,76	8061,8	1801,44	4486,99	1673,72
12	4673,89	7477,35	2889,92	5573,46	2559,22	2107,79	5342,59	8486,36	9457,56	1800,35
13	3344,69	3623,54	3602,03	6594,24	5779,37	2332,27	8343,77	5957,43	9244,83	8298,64
14	7576,57	4501,68	3083,81	4431,91	5665,09	4457,35	4023,72	5620,5	2451,04	5372,8

Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 3 – Renda Anual Média das Famílias



Fonte: elaborado pelo autor

O gráfico da renda familiar anual média não parece demonstrar qualquer padrão além do fato de se manter entre cerca de R$11.000,00 e R$2.000,00. Esses valores corresponderiam à renda familiar mensal média de cerca de R$917,00 e R$ 167,00.

Os valores de renda sofrem influência direta do processo de inicialização do município e das famílias. No entanto, o que se percebe é a ausência de um padrão de evolução.

Um padrão que poderia ser considerado "desejável" seria uma crescente evolução da renda anual média das famílias ao longo dos anos. Essa evolução seria um indicativo que o programa tenderia a levar as famílias à um patamar de renda que consistiria em uma porta de saída natural do programa.

5.4 Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 Salários Mínimos

O número de famílias com renda superior a 1,5 salários mínimos capta o número de famílias que não se inscreveram no programa devido a uma renda superior ao limite máximo estabelecido. Seria, portanto, um indicativo daquelas famílias que ficam de fora

do programa não devido aos critérios de classificação e sim pela renda. A tabela 11 e o gráfico 4, abaixo, representam os resultados obtidos pelo modelo para essa variável.

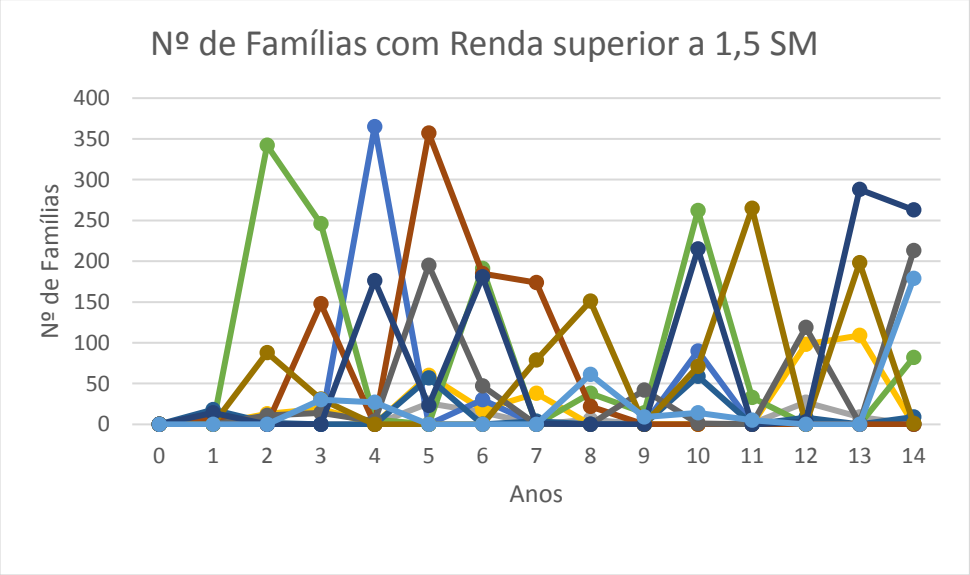
Tabela 11 – Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 salários mínimos

Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 Salários Mínimos

Anos	Rod. 0	Rod. 1	Rod. 2	Rod. 3	Rod. 4	Rod. 5	Rod. 6	Rod. 7	Rod. 8	Rod. 9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	0	8	0	18	8	0	0	14	0
2	0	13	0	342	2	0	11	88	0	0
3	0	19	0	246	0	148	14	31	0	30
4	0	0	365	6	0	0	4	0	176	27
5	26	60	0	0	57	357	195	0	23	0
6	15	18	30	191	0	185	47	0	181	0
7	0	38	0	0	4	174	0	79	1	0
8	6	0	0	38	0	22	0	151	0	61
9	0	0	0	14	0	0	42	0	0	9
10	0	0	90	262	59	0	1	71	215	14
11	1	0	0	33	0	0	0	265	0	5
12	27	98	2	0	8	0	119	0	3	0
13	9	109	0	0	0	0	1	198	288	0
14	0	0	0	82	9	0	213	1	263	179

Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 4 – Número de Famílias com Renda Superior a 1,5 Salários Mínimos



Fonte: elaborado pelo autor

O gráfico 4 não apresenta nenhum padrão perceptível, apenas picos e vales ao longo das rodadas. Em alguns casos, o número de famílias com renda superior a 1,5

salários mínimos parte de zero para mais de 300 famílias, retornando logo em seguida para valores mínimos. Dessa forma, nos resultados do modelo, não há um padrão que demonstre uma evolução tendencial do número de famílias com renda acima do limite estabelecido ao longo do tempo.

Pode-se argumentar que um padrão "desejável" seria um número crescente de famílias com renda superior a 1,5 salários mínimos ao longo do tempo. Tal padrão apontaria no sentido de que as famílias aumentariam sua renda ao longo do tempo o que as colocariam fora do público alvo. No entanto, novamente é importante lembrar o objetivo do programa expresso em sua lei de criação, Lei 10.420/2002 (BRASIL, 2002): "[...] garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares [...]". Nesse sentido, seria válida uma análise sobre a efetividade do benefício em atingir esse fim.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A busca de aprimoramentos para a política pública é algo salutar uma vez que seu objetivo é aumentar a efetividade da atuação do Estado na resolução de problemas da sociedade.

Com esse entendimento, a finalidade do presente trabalho foi a de identificar oportunidades de aprimoramento do Garantia-Safra, pela análise do processo e da dinâmica de adesões dos agricultores familiares ao programa. Este objetivo foi perseguido e acredita-se que tenha sido alcançado na medida em que, ao responder à questão orientadora da pesquisa, as simulações sugerem um padrão de reincidência no processo de adesão dos agricultores ao programa.

O benefício Garantia-Safra é pago por contribuições do agricultor, do município, do estado e da União (que arca com a maior parcela). A contribuição da União é bancada por recursos orçamentários. Dessa forma, o número de cotas do programa é determinado pela disponibilidade desses recursos o que pode gerar distorções entre safras diferentes. A ausência de recursos suficientes para a universalização levou a regras de priorização de municípios e de agricultores. O cálculo do risco de sinistro, que determina o valor do prêmio a ser repartido entre participações dos entes foi subestimado à princípio. Essa configuração ameaçava a sustentabilidade do Fundo Garantia-Safra, que por vezes teve que ser complementado com recursos de créditos suplementares e extraordinários. Para contornar essa vulnerabilidade, a legislação do Garantia-Safra foi, ao longo do tempo, incrementando os percentuais de participação de cada ente. Essa adequação sugere uma situação mais condizente com o risco de sinistro. Porém, expansão de cobertura e manutenção do poder de compra do benefício requerem, muito provavelmente, aumento de recursos.

O presente estudo buscou identificar um eventual padrão de reincidência nas adesões dos agricultores uma vez que isso poderia ser um problema a ser enfrentado. A reincidência poderia ser um indicativo de que os agricultores atendidos pelo programa não apresentariam melhora de suas condições socioeconômicas e que isso representaria um risco à sustentabilidade do Fundo Garantia-Safra.

Conforme discutido nos resultados, as simulações apontam para um padrão de reincidência nas adesões dos agricultores, ou seja, agricultores que aderem ao programa em um determinado ano, provavelmente irão aderir novamente em algum ponto no futuro.

O objetivo do Garantia-Safra, expresso em sua lei de criação (Lei nº 10.420/2002), é "[...]garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico[...]" (BRASIL, 2002, grifo nosso). Esse objetivo parece ser atingido, na medida em que milhares de famílias são beneficiadas pelo programa e, conforme assinala Pedroso (2013), reconhecem o Garantia-Safra como uma política pública de grande valia na redução de sua vulnerabilidade.

Nesse sentido, não parece razoável exigir que o Garantia-Safra fosse capaz de, isoladamente, elevar seus beneficiários a uma situação em que pudessem prescindir de tal benefício. Dessa forma, a reincidência das adesões pode ser encarada como uma necessidade fruto das condições socioeconômicas e climáticas nas quais se insere o público alvo do programa Garantia-Safra e não necessariamente uma disfunção de seu desenho.

No entanto, é oportuno discutir a conveniência de que o programa fosse capaz de fornecer incentivos e meios para que os beneficiários saiam do patamar socioeconômico em que se encontram e evoluam para um nível superior de produção e de renda, no qual outras formas de cobertura são requeridas. A introdução de medidas de convivência com o semiárido, uma assistência técnica rural mais atuante e a diferenciação do benefício de acordo com a área plantada parecem possibilidades para esse fim. Nenhuma dessas opções foi abordada no presente modelo e constituem-se em alternativas interessantes para futuros desdobramentos.

Em particular, o pagamento diferenciado por área plantada aparenta ter o potencial de influenciar as escolhas dos agricultores sobre o que e o quanto plantar e, mesmo num eventual cenário de quebra de safra, levar a um patamar de renda superior. Conforme a leitura de atas de reunião do Comitê Gestor do Garantia-Safra revelou, esta é uma ideia que já foi discutida, mas que apresenta dificuldades de operacionalização. A expectativa é a de que esse pagamento diferenciado atue como incentivo ao incremento de área plantada. Isto, no entanto, pode não ser o suficiente quando implementado de forma desarticulada de outras iniciativas.

Em se confirmando o padrão que foi observado neste estudo, a recomendação de aprimoramento do programa Garantia-Safra seria a introdução efetiva das medidas de convivência com o semiárido. Acreditamos tratar-se de uma forma de transformar o Garantia-Safra em uma ferramenta de um processo evolutivo da realidade econômica das áreas afetadas pelas quebras de safras sistemáticas. Em outras palavras, para que o

Garantia-Safra seja mais do que é, ele deve fazer mais do que faz. E esse algo a mais consistiria em capacitar os agricultores familiares a uma convivência mais harmoniosa e eficiente com o semiárido. Conforme assinala Pedroso (2013), acreditamos que programas como o Garantia-Safra devam ser "fortalecidos e encorajados".

É oportuno também lembrar que, no bojo desse estudo, a elaboração de um modelo com a pretensão de simular as decisões dos agricultores demonstrou a complexidade desse processo decisório. Assinalou, dessa forma, a necessidade de que diferentes aspectos, e não só o econômico, sejam levados em consideração para que aprimoramentos do desenho do programa, e da política pública de uma forma geral, sejam efetivos e bem-sucedidos.

Como sugestão para desdobramentos para novos estudos pode-se sugerir:

- A calibragem do modelo com dados do programa Garantia-Safra. Os resultados obtidos são fruto das premissas adotadas e a mais importante delas é o processo decisório do agricultor a respeito do que e quanto plantar e sobre a adesão ou não ao programa. Buscou-se que as premissas adotadas no modelo fossem razoáveis e baseadas, em alguma medida, na literatura e bases teóricas. No entanto, é necessário aferir em que medida essas opções relacionam-se com a realidade observável.
- Como todo software, a implementação do modelo em um programa de computador está sujeita a erros e impropriedades. A presente implementação não é diferente. Dessa forma, sugere-se testes mais exaustivos.
- Ainda como melhoramentos do modelo é possível apontar a implementação de opções de desenho da política que testem sua sensibilidade a diferentes fatores. Pode-se citar, por exemplo, a introdução de culturas mais resistentes ao semiárido na lista de culturas do programa, a introdução de Assistência Técnica Rural (ATER) para as famílias e o pagamento diferenciado de benefícios, baseado na área plantada.

Referências

ALVES, F. O Programa Garantia-Safra no Semi-Árido Brasileiro. In: CARDOSO JR., J. C. **Brasil em Desenvolvimento:** Estado, Planejamento e Politicas Públicas. Brasília: IPEA, v. 2, 2009. Cap. 9, p. 281-302.

AXELROD, R. Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences. **Japanese Journal for Management Information System**, 12, dez. 2003.

AXELROD, R. Advancing the Art of Simulation in Social Sciences. In: RENNARD, J.-P. **Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economy and Management**. Harsey: Idea Group, 2005.

AXELROD, R.; TESFATSION, L. A Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences. In: TESFATSION, L.; JUDD, K. L. **Handbook of Computational Economics:** Agent-Based Computational Economics. Amsterdan: North-Holland, v. 2, 2005.

BARROS, A. M. D. Seguro Agrícola no Brasil Uma Visão Estratégica de sua Importância para a Economia Brasileira. **MBAgro**, 2012.

BONABEAU, E. Agent-based Modeling: methods and techniques for simulation human systems, 2002.

BRASIL. Lei nº 8.171, 17 jan. 1991. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 05 maio 2016.

BRASIL. Medida Provisória nº 11, 21 nov. 2001. Disponivel em: <www2.camara.leg.br>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 10.420, Brasília, 10 abr. 2002. Disponivel em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº 10.700, 9 jul. 2003. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Emenda à Medida Provisória nº117, 03 abr. 2003a. Disponivel em: <www2.camara.leg.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Decreto nº4962, Brasília, 22 jan. 2004. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.326, 24 jul. 2006. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº 11775, 17 set. 2008. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Medida Provisória nº432, 2008. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>.

BRASIL. Lei nº 12.766, Brasília, 27 dez. 2012. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.844, 19 jul. 2013. Disponivel em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2016.

BRASIL, S. E. M. D. D. A. **Relatório de Gestão do Exercício 2013**. Brasília, p. 899. 2014.

COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA. Resolução nº4, 13 ago. 2010. Disponivel em: <www.mda.gov.br>. Acesso em: 02 fev. 2016.

COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA. Resolução nº4, 02 jul. 2014. Disponivel em: <www.mda.gov.br>. Acesso em: 03 mar. 2016.

COMITÊ GESTOR DO GARANTIA-SAFRA. Resolução nº 01, 19 jun. 2015. Disponivel em: <www.mda.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Relatório de Avaliação da Execução de Programas de Governo nº29 Contribuição ao Fundo Garantia-Safra**. Controladoria-Geral da União. Brasília, p. 58. 2014.

DALCIN, D. **O Processo de Tomada de Decisão em Agricultores de Boa Vista das Missões - RS**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

DEL GROSSI, M. E.; DA SILVA, J. G. **O Novo Rural Brasileiro**. [s.l]: [s.n], [20--?].

EPSTEIN, J. M. Why Model? **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, 31 out. 2008.

FUENTES, M. A. Métodos e Metodologias em Sistemas Complexos. In: FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLLI, M. H. **Modelagem de Sistemas Complexos para Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 2015. p. 65-84.

FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLLI, M. H. **Modelagem de Sistemas Complexos para Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 2015.

GILBERT, N. Agent-Based Models. **Surrey Scholarship Online**, 2007. Disponivel em: <http://epubs.surrey.ac.uk/cress/13>. Acesso em: 05 maio 2016.

GLEIK, J. **Caos**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006 Agricultura Familiar Primeiros Resultados**. Rio de Janeiro. 2009.

LIMA, M. A. A.; WEHRMANN, M. E. S. D. F. **Convivência com o Semiárido:** Quais Desafios para o Programa Garantia-Safra no Ceará? [Brasília]: [s.n], [200-?].

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on Agent- Based Modelling and Simulation. **Journal of Simulation**, 4, 2010. 151-162.

MILLER, J. H.; PAGE, S. E. **Complex Adaptive Systems**. Princeton: Princeton University Press, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Programa de Subvenção ao Prêmio Rural - PSR, 2015. Disponivel em:

<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/carta-de-servico-ao-cidadao/politica-agricola/seguro-rural>. Acesso em: 03 dez. 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Crédito Rural, 16 maio 2016. Disponivel em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/credito-rural>.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**, 2016. Disponivel em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-garantia/sobre-o-programa>. Acesso em: 20 fev. 2016.

MITCHELL, M. **Complexity:** a guided tour. New York: Oxford University Press, Inc., 2009.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT OECD. **Applications of Complexity Science for Public Policy: new Tools for Finding Unantecipated Consequences and Unrealized Opportunities**. [S.l.]. 2009.

OZAKI, V. A. **Métodos Atuariais Aplicados à Determinação da Taxa de Prêmio de Contratos de Seguro Agrícola:** Um Estudo de Caso. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005.

PEDROSO, C. P. **Novas Ameaças a uma Adversidade Histórica:** Clima e Agricultura Familiar no Sertão Nordestino. Brasília: UNB, 2013.

RAMBO, A. G.; MACHADO, J. A. D. **Tomada de Decisão em Questões Relativas ao Desenvolvimento Territorial:** Capital Social, Empoderamento e Governança na Agriculturra Familiar. Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre: [s.n.]. 2009.

RAND, W. Sistemas Complexos: Conceitos, Literatura, Possibilidades e Limitações. In: FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLLI, M. H. **Modelagem de Sistemas Complexos para Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 2015. p. 65-84.

SANTOS, G. R. Agroindústria no Brasil: Um Olhar Sobre Indicadores de Porte e Expansão Territorial. **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, p. 7-19, 2014.

SANTOS, G. R.; SOUSA, A. G.; ALVARENGA, G. Seguro Agrícola no Brasil e o Desenvolvimento do Programa de Subvenção ao Prêmio, 2013.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **TC-015.741/2013-3**. Brasília. 2013.

VARIAN, H. R. **Microeconomia Uma abordagem Moderna**. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

ZUKOWSKI, J. C. Seguro Agrícola e Desenvolvimento rural: Formulação de um Seguro Agrícola. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL **Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural no Brasil**. [S.l.]: [s.n.], 2015.