



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS
MESTRADO E DOUTORADO EM ECONOMIA

RUI BARBOZA DE OLIVEIRA SANTANA

EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E SOBRE OS PADRÕES DE
USO DO SOLO

Salvador
2022

RUI BARBOZA DE OLIVEIRA SANTANA

**EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E SOBRE OS PADRÕES DE
USO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos

Salvador
2022

Ficha catalográfica elaborada por Valdinea Veloso CRB 5/1092

S231 Santana, Rui Barboza de Oliveira
Efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola e sobre os padrões de uso do solo / Rui Barboza de Oliveira Santana. _ Salvador, 2022

86f. tab.; fig.; graf.

Dissertação (Mestrado em Economia) -
Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, 2022

Orientador: Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos

1. Produtividade agrícola 2. Variação pluviométrica 3. Uso do solo. 4. Região Nordeste I. Santos, Gervásio Ferreira dos II. Título III. Universidade Federal da Bahia

CDD 333.70981




TERMO DE APROVAÇÃO


RUI BARBOZA DE OLIVEIRA SANTANA

**“EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE
AGRÍCOLA E OS PADRÕES DE USO DO SOLO”**


Dissertação de Mestrado aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia no Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 GERVASIO FERREIRA DOS SANTOS
Data: 21/11/2022 13:38:17-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof. Dr. Gervásio Ferreira dos Santos
(Orientador – UFBA)

Documento assinado digitalmente
 ANDRE LUIS MOTA DOS SANTOS
Data: 21/11/2022 21:51:10-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. André Luís Mota dos Santos
(UFBA)

Documento assinado digitalmente
 HENRIQUE TOME DA COSTA MATA
Data: 22/11/2022 09:19:08-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Henrique Tomé da Costa Mata
(UFBA)

Documento assinado digitalmente
 JOAO RICARDO FERREIRA DE LIMA
Data: 21/11/2022 13:57:04-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. João Ricardo Ferreira de Lima
(EMBRAPA)

Aprovada em 09 de setembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus a conclusão deste trabalho. Muito pouco saiu conforme o planejado, desde o ingresso no presente curso até a execução das pesquisas. Muitas vezes me senti sozinho e sem perspectiva, mas consegui superar os obstáculos um a um com persistência, por que era o que deveria ter feito, e assim foi feito. Agradeço também a minha mãe por toda sua paciência e por toda sua dedicação desde a infância. Tenho certeza de que não vou conseguir lhe retribuir por tudo. O que posso fazer é tão somente buscar honrar o seu nome. Dedico este trabalho a minha esposa, que me incentivou a ingressar no curso e que me motivou a buscar realizar uma pesquisa relevante. Ainda não foi desta vez que consegui superá-la. Dedico também aos meus filhos. Ressinto-me do tempo que deixei de acompanhá-los mais de perto em uma fase da vida tão preciosa. Espero que o tempo recompense essa lacuna em algum momento.

Registro ainda minha enorme gratidão aos meus estimados colegas de curso. Infelizmente por motivos de ordem logística, não consegui viver a pós-graduação como gostaria, mas as poucas oportunidades de experimentar o companheirismo foram fundamentais nesta caminhada. Alguns amigos, porém, merecem um agradecimento nominal. A começar por Paulo Roberto Barros Junior, que me convenceu a enfrentar este desafio, que demonstrou uma disponibilidade incomparável e cuja citação em sua dissertação me motivou a retomar a pesquisa. Ao meu amigo Daniel Alves, camarada desde a graduação e com quem compartilhamos uma rede de bons amigos e ideias. Ao colega Thiago Ramos, com quem dividi várias disciplinas e com quem pude trocar ideias e aprender muito. Ao colega Rafael Rios, que articulou a estrutura e os esquemas de estudos na faculdade. Ao Doutor Tyago Oliveira pelo inestimável suporte de última hora.

Agradeço ainda a todo o quadro docente do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Bahia. Em especial aos Professores Gervásio Ferreira pela paciência e pela parceria e pelo incentivo desde o período da graduação, Raimundo Garrido com quem me inseri na abordagem relativa à economia de recursos hídricos e João Damásio cuja produção decorrente da disciplina de economia de recursos naturais e meio ambiente se fez fortemente presente neste trabalho. Ao Professor Pablo Santos do Instituto de Geociências pela disponibilidade e pelas orientações técnicas sem as quais não seria possível proceder com a pesquisa. Agradeço também à secretaria e à coordenação do curso por todas as vezes em que demonstraram solicitude e prontidão.

“O que importa não é o que fazem do homem,
mas sim o que ele faz do que fizeram dele.”

Jean Paul Sartre

“Quem é você e o que faz por aqui

Eu guardo a luz das estrelas

A alma de cada folha

Sou Aroni”

Gerônimo Santana

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	DISCUSSÕES ACADÊMICAS E INSTITUCIONAIS PRECEDENTES	12
2.1	RELAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES RURAIS E O DEBATE SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	13
2.2	PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS À SEGURANÇA ALIMENTAR	14
2.3	A EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGROPECUÁRIA NO BRASIL	17
2.4	A ÁREA OBJETO DE ESTUDO	22
2.5	O EFEITO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	23
3	REFERENCIAL TEÓRICO: VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE E SOBRE A DINÂMICA DE USO DO SOLO	25
3.1	O EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE	25
3.2	O EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE OS PADRÕES DE USO DO SOLO	26
3.2.1	Modelos de Escolha sob Incerteza e Safety First	27
3.2.2	A Hipótese Borlaug	38
4	METODOLOGIA E BASE DE DADOS	50
4.1	BASE DE DADOS	50
4.1.1	Produtividade agrícola	50
4.1.2	Uso do solo	52
4.1.3	Variação pluviométrica	56
4.1.4	Presença de reservatórios de água	58
4.1.5	Dados socioeconômicos	61
4.2	METODOLOGIA ECONOMETRICA	64

4.2.1	Efeito da variação pluviométrica sobre a margem intensiva	64
4.2.2	Efeito da variação pluviométrica sobre a margem extensiva	65
5	RESULTADOS	67
5.1	EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE	67
5.2	EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE OS PADRÕES DE USO DO SOLO	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	REFERÊNCIAS	
	ANEXOS	

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar o efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade de atividades agrícolas e sobre as alterações nos padrões de uso do solo na área de atuação da SUDENE. A região Nordeste do Brasil possui características edafoclimáticas e socioeconômicas que a distinguem claramente das demais regiões do país. Dentre estas a ocorrência de clima semiárido e a escassez de recursos hídricos são percebidos como fatores limitantes à exploração de atividades agropecuárias e elementos correlacionados à ocupação do território. Essa condição se sobressai em períodos de estiagens prolongadas. A produtividade agrícola tende a ser afetada e as estratégias utilizadas para o enfrentamento destas adversidades envolvem investimentos em infraestrutura, mudanças na área explorada, conversão de florestas e migrações populacionais. Desse modo, buscou-se medir o efeito da proximidade de reservatórios no que diz respeito à mitigação dos efeitos das estiagens. Os dados foram tratados mediante geoprocessamento e utilizados para estimar os efeitos da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola, com base em modelos econométricos. Os resultados mostraram que a variação pluviométrica explica os ganhos de produtividade na área da SUDENE e afetam a dinâmica de uso do solo.

Palavras chave: Variação Pluviométrica. Produtividade Agrícola. Uso do Solo. Reservatórios

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the effect of rainfall variation on the productivity of agricultural activities and on changes in land use patterns in the area where SUDENE operates. The Northeast region of Brazil has edaphoclimatic and socioeconomic characteristics that clearly distinguish it from other regions of the country. Among these, the occurrence of a semi-arid climate and the scarcity of water resources are perceived as limiting factors to the exploration of agricultural activities and elements correlated to the land use changes. This condition stands out in periods of prolonged drought. Agricultural productivity tends to be affected and the strategies used to face these adversities involve investments in infrastructure, changes in the explored area, conversion of forests and population migrations. Thus, we sought to measure the effect of the proximity of reservoirs in terms of mitigating the effects of droughts. Data were processed using geoprocessing methods and used to estimate the effects of rainfall variation on agricultural productivity, based on econometric models. The results showed that the rainfall variation explains the productivity gains in the SUDENE area and affects the dynamics of land use.

Keywords: Rainfall Variation. Agricultural Productivity. Land Use. Reservoirs

1 INTRODUÇÃO

A utilização de bens livres por parte dos agentes econômicos em suas atividades produtivas perpassa a ideia de apropriação de um bem disponível na natureza e de livre acesso. A água representa um exemplo desta categoria, por exemplo, na obra de Samuelson e Nordhaus (2010, p.96). A projeção de crescimento populacional ao longo das próximas décadas associada aos cenários futuros prevendo o escasseamento da disponibilidade de água potável suscitam uma possível revisão desta perspectiva. O debate sobre a economia dos recursos hídricos não se configura como um tema recente. Por outro lado, sua emergência se evidencia à medida em que parcelas maiores da população são afetadas pelo problema. É neste contexto que se propõe analisar os efeitos da variação pluviométrica sobre as atividades agropecuárias nesta pesquisa.

A percepção do valor deste recurso mudou bastante ao longo do tempo. Foi nas proximidades dos mananciais que se formaram os primeiros assentamentos humanos. A necessidade de dessedentação humana é o exemplo essencial do uso da água. No entanto, a necessidade de água potável se aplica a uma série de atividades na nossa cultura, desde questões de saúde pública à produção econômica. Uma vez suprida esta demanda mais imediata, a sociedade perdeu a consciência da importância deste recurso. O paradoxo da água e do diamante levantado por Platão ainda no período da Antiguidade Clássica retrata bem este distanciamento entre o valor de uso e o valor de troca da água. Logo, na medida em que este recurso vital venha a se tornar mais escasso, a apreciação da água tende a retornar aos níveis históricos mais elevados.

A restrição na oferta de água é atualmente um problema que afeta milhões de pessoas em todo o mundo. O Brasil é um exemplo histórico de indisponibilidade sobretudo na região do semiárido. As adversidades preconizadas para o futuro da humanidade em função das mudanças climáticas já são sentidas há muito tempo pela população local. É natural pressupor que a falta de abastecimento seja um problema mais crítico em áreas menos urbanizadas. Não obstante, mesmo em algumas capitais na Região Nordeste, já é implementado o racionamento forçado do serviço de abastecimento de água. Este fato pode ser explicado por diversos motivos, que perpassam a inadequação da infraestrutura de abastecimento, o desperdício por parte dos consumidores e a exploração inadequada dos mananciais. É neste contexto que a pesquisa se propõe a analisar um problema abrangente, tomando por base um cenário regional.

O estudo está fundamentado em um trabalho divulgado pelo Banco Mundial em 2017 e reeditado em 2018 que trata do efeito da variabilidade pluviométrica em zonas urbanas e rurais. O tema é tratado de forma holística. No entanto, os dados são analisados com o enfoque econômico. Buscou-se replicar os dados utilizados na pesquisa, realizada originalmente em abrangência global, em escala regional com adaptações metodológicas.

Os problemas de pesquisa da presente dissertação são: Qual é o efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade de atividades agrícolas? Qual é o efeito da ocorrência de estiagens sobre os padrões de uso do solo na área de atuação da SUDENE? Diante desse problema de pesquisa, o objetivo deste estudo é realizar uma análise econométrica do efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade de atividades agrícolas e sobre as alterações nos padrões de uso do solo na área de estudo.

As características geográficas da Região Nordeste, em toda a sua pluralidade de biomas e aspectos socioeconômicos, podem trazer resultados bastante promissores em termos de debate acadêmico e avaliação de políticas públicas. Desse modo, foram exploradas temáticas correlatas ao objeto da pesquisa, como questões de segurança alimentar e a adequação da infraestrutura hídrica para fins de irrigação de áreas cultivadas. Cabe ressaltar que não é objetivo da presente pesquisa testar a hipótese de Mudanças Climáticas. Independentemente da validade desta hipótese e das suas causas, a variação pluviométrica é uma ocorrência inevitável. Podemos apenas captá-las conforme diferentes critérios estatísticos. É neste sentido que a investigação analisa questões que estão sendo tratadas pela comunidade internacional inseridos em um contexto regional por meio de uma perspectiva econômica.

O trabalho foi iniciado tendo como primeiras referências apenas uma literatura proposta por Zaveri, Russ e Damania (2017), dada a incerteza sobre os resultados da replicação do modelo no contexto proposto. A percepção da pertinência da discussão motivou a continuidade da pesquisa. O espaço geográfico em questão vivenciou uma dinâmica de uso do solo substancial ao longo do período analisado. A convivência com a escassez de água na região e as recorrentes crises hídricas também dialogam intensamente com a proposta por Zaveri, Russ e Damania (2017). A experimentação pura e prolífica condicionou o desenvolvimento do trabalho. Verificou-se que não foi necessário incluir novas variáveis no modelo, sendo necessário apenas discretas adaptações e alternativas metodológicas. A opção por trabalhar com um modelo

proposto reflete o reconhecimento da importância do Banco Mundial enquanto instituição capaz de gerar conhecimento, propor políticas públicas e de implementá-las.

O objetivo do trabalho, porém, não se limita a repetir a mesma pesquisa e identificar a hipótese estatística mais provável. A proposta do trabalho é também a de discutir pressupostos sobre os quais se assentam as conclusões dos autores e contribuir com o debate sobre o tema por meio da análise de investigações preexistentes sobre questões que fundamentam o artigo de Zaveri, Russ e Damania (2017). Apesar de não propor uma modelagem alternativa, foram analisados os dados quantitativos do objeto de pesquisa e identificados em sua estrutura os pontos que demandam uma investigação mais aprofundada.

Além desta introdução, no segundo capítulo é apresentado o contexto em que se insere a discussão. Foi levantado um conjunto de questões diretamente relacionados à pesquisa tomando-se por base a agenda de debates em curso. Estas questões são tratadas tanto em âmbito global quanto em escala regional. Em que pese o tema ser abordado sob a perspectiva das políticas públicas, as contribuições são provenientes também de trabalhos acadêmicos e publicações institucionais.

No terceiro capítulo são apresentadas as teorias que embasam as duas hipóteses que serão testadas. Optou-se por tratar inicialmente da Hipótese *Safety First* como desdobramento da Hipótese da Escolha sob Incerteza. A Hipótese Borlaug é abordada desde a forma como foi construída até a maneira como foi apropriada pelas ciências econômicas. Tratam-se de duas estratégias distintas para descrever o comportamento dos produtores diante dos riscos envolvidos em sua atividade.

No quarto capítulo será apresentada a base de dados e as equações utilizadas na pesquisa. No capítulo 5 são apresentados os resultados e no capítulo 6 as considerações finais. Segue no próximo capítulo a contextualização do objeto de estudo.

2 DISCUSSÕES ACADÊMICAS E INSTITUCIONAIS PRECEDENTES

O presente capítulo se propõe a situar o problema de pesquisa dentro da agenda de discussões acadêmicas e das políticas públicas. Foram elencadas diferentes abordagens envolvidas com o tema aqui trabalhado. Estas abordagens possuem uma dada relevância que lhes confere autonomia própria para se desenvolverem. Tratam-se de questões emergentes e que deverão demandar um aprofundamento cada vez maior por conta de sua complexidade e da necessidade tratamento multidisciplinar e interinstitucional.

Em 2017, o Banco Mundial publicou relatório denominado “*Uncharted Waters - The New Economics of Water Scarcity and Variability*”. O trabalho a cargo desta instituição objetivou prospectar os efeitos de variações pluviométricas e de alterações no abastecimento de água do ponto de vista socioeconômico. O segundo capítulo, denominado *Drenched Fields and Parched Farms*, dos autores Esha Zaveri, Jason Russ e Richard Damania, aborda o caso das atividades agrícolas levando em consideração fundamentalmente dois aspectos. O primeiro diz respeito à margem intensiva do processo produtivo. Este indicador se traduz no impacto da variabilidade pluviométrica sobre os índices de produtividade agrícola. A variabilidade pluviométrica aqui é analisada em função de desvios em relação a médias históricas anuais. O segundo trata da margem extensiva do processo produtivo. Neste sentido, a pesquisa teve como segundo objetivo a identificação da ocorrência de expansão ou abandono das áreas cultivadas em decorrência de índices pluviométricos atípicos. A publicação foi o ponto de partida para a mensuração dos efeitos da variação climática sobre as atividades agrícolas na área objeto de estudo.

A abordagem sobre o uso do solo para fins de atividades agropecuárias está inserida no contexto de diversos debates. O relatório *Summary for Policy Makers* (IPCC, 2019) apresenta o uso do solo como fonte de emissão de gases de efeito estufa (GHG), bem como ferramenta para captura destes gases. O aumento da produção de alimentos está associado tanto a uma agenda vinculada à necessidade de geração de divisas quanto a uma preocupação crescente com o abastecimento para uma população mundial que deverá permanecer crescendo ao longo das próximas décadas. A ocorrência de migrações de expressivos contingentes populacionais e a consequente desestruturação de países emergentes apontam para novas abordagens sobre o papel estratégico da agricultura em um contexto global. Logo, primeiro questionamento da pesquisa envolve o efeito da variação pluviométrica sobre as condições de uso do solo.

2.1 RELAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES RURAIS E O DEBATE SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As atividades rurais são apontadas como uma das principais fontes de emissão de gases causadores do efeito estufa. A esse conjunto de intervenções humanas sobre a natureza convencionou-se pelas instituições multilaterais o uso do termo AFOLU (*Agriculture, Forestry and Other Land Uses*). Existem diversas metodologias utilizadas para mensurar a emissão de gases causadores do efeito estufa. No entanto, segundo o Rosenzweig e Tubiello (2007) os AFOLU são responsáveis por cerca de $\frac{1}{4}$ das emissões antropogênicas medidas em equivalente de dióxido de carbono, metade do metano e $\frac{3}{4}$ do óxido nítrico.

A maior parte das fontes de emissões relacionadas aos AFOLU está relacionada às técnicas utilizadas na exploração de atividades agropecuárias. No entanto, um dos mecanismos que possuem maior contribuição neste processo é o desflorestamento. A dinâmica de alteração do uso do solo é identificada na literatura acadêmica e institucional tanto pelo acrônimo LULUCF (*Land Use and Land Use Change and Forestry*) quanto pelo termo LULUC (*Land Use and Land Use Change*). Ao longo deste trabalho utilizaremos o termo LULUC para nos referirmos a este processo. A dinâmica de conversão no uso do solo representa uma das principais preocupações associadas às estratégias de mitigação das mudanças climáticas. Por estratégias de mitigação podemos entender as iniciativas capazes de refrear o processo de mudanças climáticas em decorrência da emissão de gases causadores do efeito estufa. No conjunto de estratégias é possível incluir os mecanismos de sequestro de carbono, que ocorrem naturalmente durante a fotossíntese. Por este motivo, entende-se que os AFOLU assumem um papel de grande relevância no que se refere à mitigação do efeito estufa.

A modelagem utilizada pelo Banco Mundial foi proposta no sentido de avaliar a eficiência dos mecanismos de adaptação. Estes mecanismos referem-se a um conceito convencionado na literatura de pesquisas sobre mudanças climáticas. Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014), “Adaptação é o processo de ajuste ao clima atual ou esperado e seus efeitos visando minimizar ou evitar prejuízos ou explorar oportunidades benéficas”. As mudanças climáticas podem favorecer a produção agrícola sobretudo no caso das médias e altas latitudes. Por outro lado, as regiões de baixa latitude tendem a ser negativamente afetadas pelas mudanças climáticas. O relatório do Banco Mundial chama a atenção para o fato de que estas regiões se caracterizam do ponto de vista socioeconômico pela presença majoritária de países

em desenvolvimento, o que aumentam os riscos relacionados à segurança alimentar. Como consequência, surge a necessidade de minimizar os riscos climáticos mediante técnicas apropriadas, como estruturas de drenagem, reservatórios de água e sistemas de irrigação.

Dados do IPCC (2019) apontam para o fato de que as atividades agrícolas respondem por cerca de 70% do consumo de água no planeta. O volume de água destinado à irrigação dobrou entre 1961 e 2017. Ao longo deste período, as atividades agrícolas se tornaram mais intensivas, o que permitiu um aumento na produção de alimentos e a contenção no movimento de expansão das áreas plantadas. A necessidade de promover incrementos na produtividade por área cultivada é tratada como um consenso na literatura pesquisada. Do ponto de vista econômico, a disponibilidade de terra representa um fator de produção cuja dotação é inerentemente limitada. Por outro lado, dada a tecnologia atual, a mesma observação se aplica à dotação de água no planeta. A preocupação em relação à disponibilidade de água para os seus diversos usos perpassa não apenas os produtores rurais, mas também uma pluralidade de demais consumidores que poderão vivenciar um período crítico ao longo do século XXI.

2.2 PREOCUPAÇÕES RELACIONADAS À SEGURANÇA ALIMENTAR

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação trabalha com o conceito de segurança alimentar definido no *World Food Summit* de 1996, qual seja:

A segurança alimentar existe quando todas as pessoas, a qualquer tempo, possuem acesso físico e econômico a uma alimentação segura e nutritiva condizente com as suas necessidades nutricionais e preferências alimentares para uma vida ativa e sadia (SCHMIDHUBER; TUBIELLO, 2007).

Esta definição de segurança alimentar envolve quatro dimensões específicas. A primeira dimensão diz respeito à disponibilidade de alimentos. Esta dimensão perpassa a existência de um estoque de alimentos, sejam estes importados ou produzidos internamente, capaz de atender à demanda interna. A segunda corresponde à acessibilidade, e reflete as condições de apropriação do estoque de alimentos pela população local e aborda questões relacionadas ao poder aquisitivo, ao livre acesso a recursos naturais e as políticas distributivas, por exemplo. A utilização é a terceira dimensão. Esta evidencia a importância do acondicionamento, beneficiamento e manejo adequado dos alimentos. As atividades de certificação estão diretamente relacionadas à defesa dos interesses de produtores e consumidores sensíveis a esta dimensão da segurança alimentar diante dos riscos de informação assimétrica entre as partes.

Por fim, a estabilidade representa a quarta dimensão da segurança alimentar, e pode ser alcançada na medida em que a população está protegida dos riscos de desabastecimento decorrentes de crises de natureza política, econômica ou de ordem ambiental. A infraestrutura hídrica apropriada contribui diretamente com este objetivo. Este mecanismo de adaptação se relaciona intimamente com a condição de disponibilidade, o acesso e a estabilidade da oferta de alimentos.

O primeiro motivo para a promoção da segurança alimentar é de ordem humanitária. No entanto, os prejuízos causados pela ausência de segurança alimentar podem ter ainda um outro tratamento de ordem econômica. Tanto a *Food and Agriculture Organization* (FAO) quanto o *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) defendem o entendimento de que existe um ciclo vicioso causado pela pobreza. Esta implica em restrição ao acesso aos alimentos na forma definida acima. Como consequência, ocorrem manifestações de insegurança alimentar, fome e má nutrição. Além de se caracterizar como um problema de saúde pública, o prejuízo no acesso aos alimentos implica repercute na formação de capital humano, pois a má nutrição contribui com a ocorrência de baixo desenvolvimento físico e cognitivo. Em última instância, o resultado esperado é a formação de mão-de-obra de baixa escolaridade e baixa produtividade. Por fim, a produtividade tende a estar correlacionada com o nível de rendimentos. Os baixos rendimentos resultam em pobreza e o ciclo se fecha. Estima-se que os prejuízos causados pela fome e desnutrição representem entre 2% e 3% do PNB global. Logo, a erradicação da fome representa um dos maiores e mais importantes desafios da humanidade.

Um entendimento consensual entre diversas instituições multilaterais que desenvolvem pesquisas e iniciativas voltadas à promoção da segurança alimentar diz respeito ao público alvo destas intervenções. As políticas públicas desta natureza que priorizam ações visando a realidade dos miniprodutores tendem a ser melhor sucedidas. A prevalência de populações pobres em zonas rurais é comum aos casos citados acima e é recorrentemente citada na literatura. Conforme dados da CEPAL (apud BID, 2014 p.18), 53% da população rural da América Latina é considerada pobre. A migração desta população para zonas urbanas por conta da carência de serviços públicos e da busca por trabalho melhor remunerado também é um fenômeno bem documentado. Este fato produz resulta no aumento da demanda por alimentos e a redução da sua produção doméstica. Ao trabalhar prioritariamente com pequenos produtores, as intervenções buscam justamente tratar do acesso à produção de alimentos sem comprometer a sua disponibilidade.

A abertura comercial para o mercado de alimentos também faz parte da agenda de discussões em torno da segurança alimentar. Os efeitos das restrições ao comércio internacional penalizam o acesso dos consumidores à produção agrícola proveniente de países que adotam métodos de produção mais eficientes. Os produtores rurais também podem se ver prejudicados em função dos preços de insumos, máquinas e equipamentos importados, bem como pela perda de acesso a mercados externos. Por outro lado, muitos dos argumentos levantados pelos países que protegem a sua produção interna estão diretamente relacionados com o conceito de segurança alimentar. O uso de defensivos agrícolas na produção de alimentos pode tornar-se incompatível com o consumo de alimentos seguros e nutritivos. Adicionalmente, também se discute a política de subsídios à produção interna visando o comércio exterior. Estas questões normalmente são resolvidas mediante arbitragem de terceiros, considerando o fato de haverem não apenas regiões que defendem interesses próprios, mas também antagonismos entre produtores e consumidores.

As preocupações relacionadas à segurança alimentar no Brasil têm sido tratadas fundamentalmente no contexto das políticas sociais. O país é um dos maiores exportadores líquidos de alimentos do mundo, não obstante uma população que supera os 200 milhões de habitantes. A variedade de produtos agropecuários permite satisfazer adequadamente a demanda interna por alimentos. No entanto, alguns elementos estruturais impedem o efetivo atendimento a essas necessidades. As perdas de alimentos decorrentes de uma logística deficiente são apontadas na literatura como um problema a ser equacionado no enfrentamento à fome e à má nutrição. Adicionalmente, os efeitos da pobreza repercutem sobre o acesso à produção. Diante desta conjuntura a solução para as questões envolvendo a segurança alimentar no Brasil perpassa o tratamento de uma pluralidade de aspectos.

A análise do efeito do estresse hídrico sobre a margem extensiva da exploração agrícola faz referência a modelagens desenvolvidas por Zaveri, Russ e Damania (2017). O comportamento do agricultor é interpretado com base na Teoria da Escolha sob Incerteza, desenvolvida originalmente por von Neumann e Morgenstern e revisada posteriormente por Roy (1952) na forma do modelo *Safety First*. Com base nesta hipótese o risco a ser considerado diz respeito à ocorrência de estiagens prolongadas sobre a safra agrícola. A incerteza gerada pode levar o produtor a escolher entre duas possibilidades mutuamente excludentes. Ele poderá ampliar o seu investimento, expandindo a área cultivada na perspectiva de auferir um nível de produção mínimo, ou reduzir o investimento no intuito de evitar perdas de recursos. É possível perceber

que as preocupações em relação aos efeitos das estiagens preponderam sobre as preocupações em relação ao excesso de chuvas mesmo em outras regiões pesquisadas.

Um segundo problema levantado na pesquisa diz respeito ao papel da tecnologia em relação aos padrões de uso do solo. Segundo a Hipótese Borlaug, o aumento da produtividade agrícola permite atender concomitantemente duas questões de interesse público distintas e de difícil conciliação, quais sejam a provisão de alimentos e a preservação de vegetações nativas. A Hipótese Borlaug leva o nome do engenheiro agrônomo *Norman Borlaug*, considerado um dos pais da revolução verde e ganhador do Prêmio Nobel da Paz em 1970 por conta de suas pesquisas com variedades geneticamente modificadas de trigo no México após o fim da Segunda Guerra Mundial. Este ponto suscita hoje uma discussão em meio à comunidade acadêmica internacional e na agenda de organismos multilaterais. Não existe um consenso em relação à validade da hipótese, dado que os diversos autores utilizam metodologias distintas para testá-la, porém a hipótese possui grande aceitação. Para fins da presente pesquisa, buscou-se fazer uma revisão da literatura sobre o assunto.

2.3 A EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGROPECUÁRIA NO BRASIL

O Brasil tem vivenciado nas últimas décadas um período de prosperidade no que diz respeito ao setor agropecuário. Este é um consenso encontrado na literatura pesquisada. As diversas metodologias através das quais foi apurada a evolução da produtividade agropecuária no Brasil nas últimas décadas estão fundamentadas em conceitos institucionalizados na teoria econômica. As evidências sugerem que a área objeto da investigação acompanhou parcialmente as mudanças ocorridas no país nas últimas décadas.

Conforme Bacchi (2019), o país se tornou um importante produtor agrícola e exportador de alimentos em decorrência de uma série de fatores. O desenvolvimento das diversas cadeias produtivas ajuda a explicar esse processo, que perpassa o crescimento dos diversos indicadores de produtividade desagregados. Embora seja possível reconhecer ganhos em termos de produtividade do fator de produção trabalho, os demais fatores de produção refletem melhor as mudanças ocorridas no longo prazo. O quantitativo de mão de obra efetivamente empregado durante as últimas décadas não acompanhou o efetivo crescimento do setor. Os investimentos em capital na forma de estoque de maquinário e incorporação de inovações tecnológicas em suas mais diversas aplicações seriam os principais responsáveis por esta realidade. No entanto,

esta pesquisa aponta para ganhos de produtividade do fator terra decorrentes de rearranjos locais das atividades agrícolas.

Segundo Ludeña (2010), a produtividade do setor agropecuário entre os anos de 1961 e 2007 cresceu mais entre os países desenvolvidos. Ao longo deste período, a América Latina foi a região em desenvolvimento que apresentou maior crescimento. Essa transformação ocorreu mediante a transferência de tecnologia de países mais desenvolvidos para os países menos desenvolvidos. Isso ajuda a explicar o fato desta evolução ter sido mais perceptível entre as atividades pecuárias que entre as atividades agrícolas. Segundo o autor, a transferência de tecnologia é mais factível neste setor, sobretudo no caso de rebanhos não ruminantes. Os resultados de sua pesquisa apontam para uma tendência de convergência nos indicadores de eficiência ao longo das últimas duas décadas.

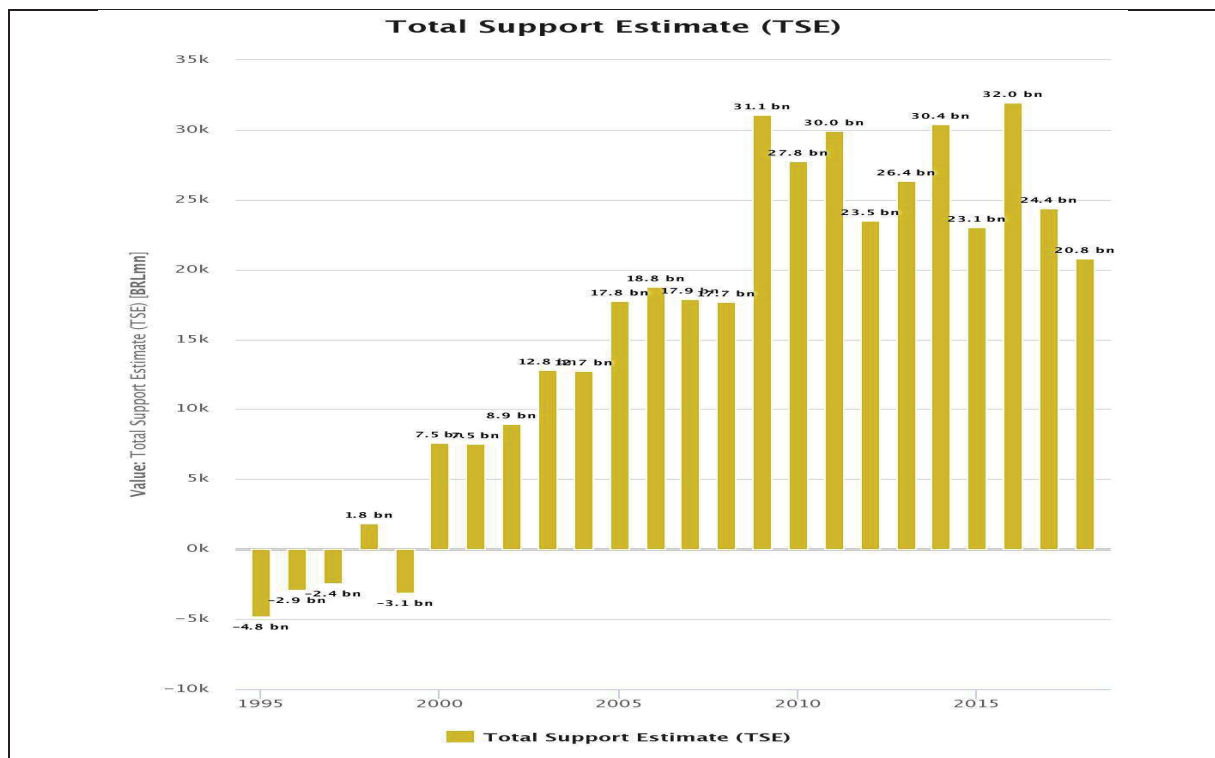
As estimativas encontradas por Ludeña apontam para um cenário bastante heterogêneo. Foram identificados índices de variação na produtividade média anual entre -0,6% ao ano (caso de São Cristóvão e Nevis) e 3,7% ao ano (caso da Costa Rica) durante o período compreendido entre 1961 e 2007. Ludeña utilizou como metodologia o índice de *Malmquist* com base nos dados disponibilizados pela FAO. Apesar da heterogeneidade encontrada neste cenário, os resultados agregados tendem a ser explicados em grande medida pelo desempenho de países abundantes em terra, como o Brasil.

O autor identificou para o caso do Brasil dois momentos distintos durante o período estudado. Entre os anos de 1961 e 1985 o país apresentou uma trajetória de queda na produtividade agrícola. O ponto de inflexão nesta trajetória estaria associado, segundo o autor, ao distanciamento da atuação do estado no setor agrícola. O autor aponta as medidas de liberalização comercial e a diminuição das intervenções mediante políticas de congelamento de preços como justificativas para o aumento da produtividade agrícola.

A perspectiva delineada por Ludeña (2010) carece de algumas observações. Gasques *et al* (2012) e Helfand, Magalhães e Rada (2015) também identificam um aumento expressivo nos indicadores de produtividade agrícola no Brasil ao longo do período em estudo. Por outro lado, associam este comportamento ao papel das políticas públicas. As intervenções das políticas públicas brasileiras sobre as condições de mercado são consideradas relativamente reduzidas. Os dados da plataforma AGRIMONITOR disponibilizada pelo BID, a partir do ano 2000

mostram (gráfico 1) que o Brasil reformulou um conjunto de políticas públicas de estímulo ao setor agropecuário. Trata-se da estimativa do efeito líquido do orçamento público sobre o setor agropecuário em termos monetários, que vai desde a arrecadação de impostos à concessão de subsídios, medidas de defesa agropecuária, gastos com infraestrutura, pesquisa e extensão, dentre outros. Logo, é importante associar a performance setorial à execução de políticas públicas, considerando estas informações bem como demais registros na literatura.

Gráfico 2.1 – Estimativa do efeito líquido do orçamento público sobre o setor agropecuário



Fonte: Dados gerados pelo autor através da Plataforma Agrimonitor (Banco Interamericano de Desenvolvimento)

Gasques *et al* (2012) realizaram análise da evolução da produtividade agrícola no Brasil com base na mensuração da Produtividade Total dos Fatores (TFP). Os dados divulgados pelos censos agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística evidenciam melhorias nos indicadores desagregados dentre as diversas regiões e dentre os diversos fatores de produção. Diferentemente dos dados obtidos por Ludeña, Gasques *et al* (2012) identificam um crescimento constante nos índices de produtividade entre os anos de 1970 e 2006. Enquanto o número índice dos fatores cresceu 53%, o da produção agregada cresceu 243%. O resultado desta evolução foi um crescimento de 124% da TFP entre 1970 e 2006.

Os autores destacam ainda o crescimento em termos de produto agregado do Mato Grosso (8,68% ao ano entre 1995 e 2006) e de Rondônia (10,24% ao ano entre 1970 e 2006). Alguns aspectos técnicos podem ter influenciado estes resultados, como variações em termos de disponibilidade de dados sobre determinados produtos. No entanto, estes dois casos revelam informações relevantes para a presente investigação. Os índices de produtividade do fator terra cresceram substancialmente acima da média nacional ao longo do período em estudo. Esta variação ocorreu acompanhada por uma elevação também expressiva da produtividade do fator trabalho. As duas unidades da federação estão inseridas no contexto da expansão agrícola ocorrida nas últimas décadas do Século XX. Apesar de se notabilizarem no estudo como casos extremos, estes refletem bem o processo de mudança ocorrida na agricultura brasileira desde a década de 1970 no Brasil.

O aumento nos índices de produtividade agrícola identificados por Gasques *et al* (2012) condensam uma série de elementos. Na prática, os autores reconhecem que resultados do aumento da produtividade do fator terra são explicados em parte pelo aumento da produtividade do fator trabalho e *vice versa*. Além disso, os autores apontam a melhora no nível de escolaridade, os investimentos em maquinário e em infraestrutura dentro e fora das propriedades como causas inerentes a esse processo. Porém, Gasques *et al* (2012) abordam um aspecto nevrálgico para a presente pesquisa. Conforme exposto abaixo, o processo de inovação tecnológica tornou possível a ampliação das fronteiras agrícolas.

The increase in land productivity is due to the adoption of new technologies, developed through agricultural research, and to the addition of new, more productive lands, which took place during this more-than-thirty-year period. (GASQUES, 2012, p.62)

As macrorregiões que apresentaram maior crescimento em seu TFP foram as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Os dados de Gasques *et al* (2012) caminham no mesmo sentido de Ludeña (2010) no que diz respeito a uma perspectiva de convergência econômica. Gasques *et al* (2012) revelam ainda uma mudança estrutural relevante identificada na região objeto da presente pesquisa. As políticas públicas como o crédito e infraestrutura de irrigação tem redefinido a matriz produtiva no país. Atividades tradicionais estão cedendo lugar para a fruticultura. As culturas como a produção de melão, mamão, coco, banana, uva e manga prosperaram durante o período estudado em estados como o Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia. Estas atividades tem se desenvolvido sobretudo em regiões de perímetros irrigados. Cabe ressaltar a hipótese levantada por Zaveri, Russ e Damania (2017) de que a implantação

de áreas de cultura irrigada tem redundado na emergência de culturas intensivas em água cuja viabilidade pode ser comprometida no longo prazo do ponto de vista do balanço hídrico.

Helfand, Magalhães e Rada (2015) também apresentam uma análise a respeito da evolução da TFP a partir do Censo Agropecuário de 2006. Os autores reforçam o entendimento de que o país experimentou nas últimas décadas um aumento dos indicadores de TFP em decorrência dos investimentos em pesquisa, infraestrutura e transportes, além da expansão agrícola para novas áreas. Embora a rede de assistência técnica e extensão rural estivesse em processo de recuperação à época do Censo, após o seu redesenho na década de 1990 apenas 22% das propriedades rurais tinham acesso a essa política pública. Os dados desse censo foram comparados com os dados dos censos de 1985 e o de 1995/1996.

No entanto, os autores identificam que o crescimento da produtividade não ocorreu de forma homogênea. Ao desagregar os resultados de acordo com o tamanho das propriedades, verificou-se que as propriedades de maior área e as de menor área foram as que apresentaram maior crescimento em termos de TFP. A ausência de políticas públicas específicas para as propriedades de tamanho médio estaria associada ao baixo desempenho deste grupo. Uma causa provável para estes resultados seria a separação das atribuições do Ministério da Agricultura e as do Ministério do Desenvolvimento Agrário.

O crescimento da produtividade também foi observado em relação à Região Nordeste. Os intervalos extremos desempenharam acima da sua respectiva média agregada. Os intervalos que contemplam propriedades com áreas entre 20 e 500 hectares apresentaram desempenho inferior ao respectivo conjunto agregado. Embora a região tenha contemplado 47% das propriedades rurais do país no Censo de 2006, a sua produção correspondeu a apenas 18% da produção nacional. Os dados abaixo foram produzidos pelos autores em sua pesquisa.

Tabela 2.1 - Decomposição do Crescimento da TFP por Tamanho das Propriedades Rurais, 1985 a 2006
(variação na TFP, % anual por tamanho da propriedade)

Região	Tamanho das Propriedades (área em hectares)					
	Agregado	0-5	5-20	20-100	100-500	>500
Brasil	1,74	2,62	1,63	1,14	1,29	2,30
Região Nordeste	2,76	3,15	4,12	2,40	1,74	2,91

Fonte: Helfand, Magalhães e Rada (2015)

2.4 A ÁREA OBJETO DE ESTUDO

A área objeto de estudo corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). A região contempla integralmente os nove estados da Região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e porções contíguas situadas no Norte de Minas Gerais e no Norte do Espírito Santo, compreendendo uma área superior a 1,5 milhões de quilômetros quadrados, e a uma população estimada em 61,1 milhões de pessoas para o ano de 2017 (IBGE, apud SUDENE 2019), representando a uma participação de cerca de 29% da população nacional no mesmo ano. Tendo em vista as mudanças ocorridas nos seus limites ao longo do tempo, adotou-se como referência a área definida na Lei Complementar nº 125, de 3 de janeiro de 2007. Trata-se de uma porção do território nacional caracterizada em sua grande maioria por um baixo índice de desenvolvimento socioeconômico em comparação ao restante do país recorrentemente atribuído às suas características ambientais.

A decadência de atividades tradicionais é apontada como um dos elementos que explicam a ocorrência de fluxos migratórios que caracterizaram a dinâmica demográfica ao longo do século XX. Entre os anos de 2005 e 2015 a região vivenciou um período de crescimento econômico e de aumento na participação do PIB nacional. Segundo dados da SUDENE, a participação da região saiu de 13,9% no ano de 2005 para 15% no ano de 2015. O PIB per capita na Região Nordeste (não contempladas as porções norte dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais) correspondia a R\$ 15.002,33, enquanto que a média nacional estimada para o mesmo ano foi de R\$ 29.326,33 (SUDENE, *op. cit*). O processo migratório se refletiu tanto na saída de pessoas para outros estados quanto no processo de urbanização dentro da região. O índice de

urbanização era de 26% em 1950, passando para 73% em 2000. Este processo gera prejuízos tanto nas áreas de origem dessa população quanto nas áreas de destino.

Este espaço geográfico é dotado de uma pluralidade de biomas. Encontram-se neste áreas de Mata Atlântica, Caatinga, Cerrados e Floresta Amazônica. Essa característica permite à região a diversificação da produção agrícola. No entanto, provavelmente o aspecto de natureza ambiental mais presente na área objeto de estudo é a ocorrência de áreas de semiárido. A vulnerabilidade das atividades econômicas a essa característica ajuda a explicar um complexo arranjo institucional presente na região. Neste sentido, assim como percebido no trabalho de Zaveri, Russ e Damania, o presente trabalho captura parte desta relação entre meio ambiente e aspectos socioeconômicos bem como elementos da intervenção institucional nessa relação.

2.5 O EFEITO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Assim como foi feito em *Drenched Fields and Parched Farms* (2018), os efeitos da variação pluviométrica foram segmentados entre regiões de semiárido e regiões fora do semiárido. Existem, no entanto, algumas diferenças entre o presente trabalho e o de Zaveri, Russ e Damania (2017) no que diz respeito à incorporação das características climáticas. Em ambos, a identificação de áreas, conforme o clima, é realizada mediante a inclusão de uma variável *dummy*. Enquanto Zaveri, Russ e Damania (2017) trabalham com o conceito de “Regiões Áridas” (*Arid Regions*), baseado em critérios definidos pelo *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA) e *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), foi utilizado aqui o conceito de Região de Semiárido, cuja definição é atribuída à SUDENE, conforme previsto no artigo 5º da Lei 7.827 de 27 de setembro de 1989. Apesar destas diferenças, é possível confirmar que este entendimento a respeito da influência das condições climáticas sobre o desenvolvimento das atividades econômicas representa um consenso.

O conceito utilizado pelo IIASA em parceria com a FAO em 2012 utiliza como parâmetro o indicador *Length of Growing Period* (LGP). O indicador reflete a duração do período de cultivo de culturas anuais levando-se em consideração as condições de solo e de temperatura. O resultado é medido em dias por ano. Com base neste indicador, as regiões caracterizadas como “Terras Secas” (*Drylands*) são classificadas em Áridas (1 a 59 dias de LGP), Semiáridas (60 a 119 dias de LGP) ou Sub-úmidas Secas (120 a 179 dias de LGP). Esse conjunto de condições

climáticas cujo LGP é inferior a 179 dias, caracterizadas como *Drylands* é incorporado por Zaveri, Russ e Damania (2018) na forma de *Arid Regions*.

No presente trabalho, optou-se por utilizar-se do conceito de região semiárido utilizado pela Sudene com base na Resolução n° 107/2017 da SUDENE. Os critérios de enquadramento se aplicam a toda a área dos municípios contemplados nos critérios definidos no artigo segundo da referida resolução, conforme Anexo A. Estes critérios foram objeto de apreciação por parte do Grupo Técnico Interministerial criado pela Portaria Interministerial n° 6, de 29 de março de 2004. A sua pertinência enquanto critérios utilizados para fins de delimitação da região de semiárido foi avaliada levando os critérios de Compatibilidade com os objetivos do Grupo Técnico Interministerial, Consistência Técnica, Objetividade, Operacionalidade e Viabilidade Política. O critério definido no Inciso I do Artigo 2° foi aquele considerado o mais adequado, seguido pelos dois critérios seguintes, que obtiveram a mesma avaliação final. A opção pelo uso das três metodologias de forma alternativa consta das Conclusões Gerais e Recomendações do Relatório Final Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordeste e do Polígono das Secas (p. 21).

É possível observar com base em uma análise exploratória inicial que existe uma sobreposição de áreas que valida o aspecto pluviométrico enquanto critério de identificação de áreas críticas. Os dados apresentam-se bastante semelhantes com aqueles utilizados pelo IIASA/FAO. Tendo em vista o seu uso enquanto critério institucionalizado no Brasil para fins de execução de políticas públicas, optou-se pelo critério adotado pela SUDENE, cuja validade pode ser confrontada com os dados disponibilizados pelas demais fontes.

Um dos maiores méritos da pesquisa de Zaveri, Russ e Damania (2017) foi justamente o de trabalhar com uma investigação de propósito ousado e que perpassa uma pluralidade de temas emergentes. Muitos dos temas tendem a se tornar mais sensíveis no decorrer do Século XXI. Para além da escassez de recursos hídricos, as interrelações entre atividades rurais e mudanças climáticas e segurança alimentar por si só já sinalizam problemas que fomentam uma discussão bastante consolidada. As idiosincrasias regionais, por sua vez, tornam oportuno a verificação dos dados da pesquisa em um contexto específico. Estas características ensejam o aprofundamento e revisão do trabalho após a sua conclusão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO: VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE E SOBRE A DINÂMICA DE USO DO SOLO

O artigo *Drenched Fields and Parched Farms* de Zaveri, Damania e Russ (2017) foi produzido com o objetivo de testar o efeito da variação pluviométrica sobre produtividade agrícola e sobre o comportamento do produtor rural. Para tanto foi utilizada metodologia econométrica buscando estabelecer uma relação de causa e efeito. Esta verificação é feita de forma segmentada, visando avaliar os dois problemas de pesquisa a serem investigados.

3.1 O EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE

A relação entre variação pluviométrica e produtividade agrícola dentro das Ciências Econômicas pode tomar o trabalho de Zaveri, Damania e Russ (2018) como um dos pioneiros em uma área de pesquisa aplicada que se iniciou muito recentemente. Isto se deve em parte a limitações de natureza tecnológica bem como à emergência de preocupações em relação aos efeitos das mudanças climáticas sobre as atividades agrícolas. As iniciativas para mensurar esta relação fazem referência a trabalhos cujo escopo de análise trata de culturas específicas. A dificuldade em obter um parâmetro comum em termos de produtividade e em obter dados espacializados a respeito da variação pluviométrica de forma precisa persistem até hoje. Por este motivo uma proposta no sentido de analisar o efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola a partir de uma perspectiva não necessariamente fundamentada em uma abordagem agrônômica, mas sim nas ciências econômicas, permanece desafiadora e carente de aprimoramentos.

Os efeitos decorrentes da ocorrência de mudanças climáticas tendem a apresentar resultados ambíguos conforme cada contexto. Embora os efeitos locais variem, o cenário associado às mudanças climáticas em escala global é de aumento da temperatura na maior parte das regiões. Os países mais ricos, onde se verificam temperaturas médias anuais mais baixas, podem se beneficiar com este processo com a ampliação do período de cultivo de suas culturas. Os países mais quentes, em sua maioria subdesenvolvidos, tendem a ser os mais prejudicados. Neste sentido, um dos efeitos esperados por conta dessas mudanças é o aumento das desigualdades entre os países, conforme Burke, Hsiang e Miguel (2015). O Brasil pode ser um dos países prejudicados por conta dessas mudanças.

Quando analisamos o efeito das mudanças climáticas levando em consideração o efeito das variações pluviométricas estamos realizando uma opção em relação à variável explicativa a ser utilizada no modelo. Zaveri, Damania e Russ (2018) citam o trabalho de Mendelsohn, Nordhaus, e Shaw (1994, apud ZAVERI, DAMANIA E RUSS, 2018) como um estudo seminal na investigação dos efeitos da temperatura e da pluviosidade sobre a produtividade agrícola. Além deste, vários estudos posteriores confirmam correlação entre temperatura e produtividade agrícola. Segundo Gomez (2013) temperatura e clima são variáveis correlacionadas entre si. Essa correlação, no entanto, varia conforme a região, podendo inclusive ser positiva ou negativa. Zaveri, Damania e Russ (2018) elencam ainda pesquisas que apontam para a preponderância da temperatura ou da pluviosidade sobre a produtividade agrícola. Para o presente trabalho foi feita a opção por utilizar o efeito da precipitação enquanto variável explicativa.

Esta decisão considera ainda dois aspectos. O primeiro diz respeito à utilização de um critério adotado para fins de segmentação dos efeitos entre áreas de semiárido e fora do semiárido. Os índices pluviométricos encontram-se explicitamente presentes nos três critérios utilizados na Resolução n.º 107/2017 da SUDENE. O segundo aspecto envolve uma análise exploratória inserida no debate a respeito da crise de abastecimento de água que tende a se asseverar ao longo do Século XXI. Zaveri, Damania e Russ (2018) chamam atenção, porém, para o fato de que quando analisamos valores observados ao longo de um ano civil não estamos analisando o efeito da distribuição das chuvas ao longo do período das lavouras. Chuvas mal distribuídas tendem a estar negativamente correlacionadas com os indicadores de produtividade agrícola. Dadas as limitações de natureza técnica vigentes, consideramos atendidos os objetivos da pesquisa na forma apresentada.

3.2 O EFEITO DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE OS PADRÕES DE USO DO SOLO

Para fins de análise dos efeitos da variação pluviométrica sobre os padrões de uso do solo, Zaveri, Damania e Russ (2017) contrapõem dois modelos teóricos nas diferentes versões do artigo. O modelo *Safety First* foi desenvolvido por Roy (1952). Originalmente, a teoria revisita o modelo de escolha sob incerteza propondo uma abordagem aplicável a um amplo contexto de decisões por parte dos agentes econômicos. O segundo modelo, conhecido como Hipótese Borlaug, envolve a análise dos resultados do aprimoramento das técnicas agrícolas do ponto de

vista econômico. Tratam-se de abordagens bastante distintas em relação ao comportamento do agente econômico. Estas hipóteses foram utilizadas para explicar a dinâmica na variação espacial do uso do solo.

3.2.1 Modelos de Escolha sob Incerteza e *Safety First*

A formalização do modelo de escolha sob incerteza desenvolvida por John von Neumann e Oskar Morgenstern é uma das referências mais recorrentes quando analisamos o comportamento do agente econômico em relação ao risco. Estes podem ser classificados como agentes econômicos avessos, neutros ou propensos em relação ao risco. A partir do trabalho realizado por estes autores é possível dar um tratamento matemático aplicável a diversas situações práticas. Os exemplos mais recorrentes envolvem a alocação de portfólio em ativos, associados a diferentes graus de risco e retorno, bem como à contratação de seguro sobre o patrimônio do agente. A partir deste modelo foram desenvolvidos trabalhos que se aplicam à análise de questões relacionadas à economia agrícola.

O agente avesso ao risco irá buscar se proteger de eventuais prejuízos diante de uma situação incerta. Esta lógica fundamenta a decisão de investir em um reservatório de água ou na opção de sementes menos produtivas, porém mais resistentes a pragas e doenças e melhor adaptadas às condições climáticas extremas. A contratação de um seguro capaz cobrir os prejuízos em caso de perda de safra, porém, representa o exemplo mais evidente de aplicação prática do comportamento de um agente com este perfil.

A Teoria *Safety First* desenvolvida por Roy (1952) possui um forte relacionamento com a Teoria da Escolha sob Incerteza de von Neumann e Morgenstern. Para o autor, a teoria econômica permanecia ainda em dívida com as implicações derivadas da incerteza em detrimento de um esforço já empreendido com a formalização matemática da maximização de amplas cestas de consumo. Nas palavras de Roy (1952, p.432),

A valid objection to much economic theory is that it is set against a background of ease and safety. ... If economic survival is always taken for granted, the rules of behavior applicable in an uncertain and ruthless world cannot be discovered.

Roy faz uso da teoria das probabilidades para introduzir o problema do agente econômico. Dado o conjunto de escolhas factíveis a que tem acesso o agente, existe uma renda bruta esperada m ,

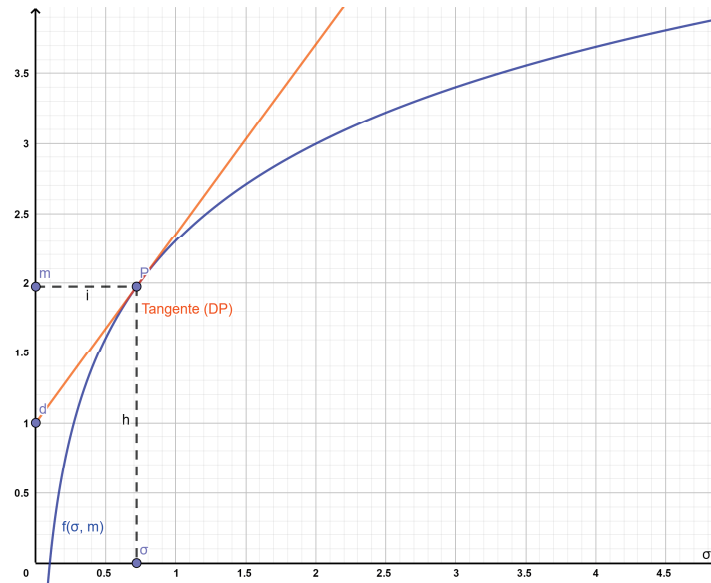
cuja concretização varia livremente com um desvio padrão σ com distribuição normal. O agente leva em consideração em suas decisões o risco de que a sua renda observada ξ seja inferior a um determinado nível de renda mínima d . Deve-se levar em conta o fato de que o agente deve escolher entre diferentes estratégias de obtenção de renda que podem ser excludentes entre si. Esta situação pode ser formalizada da seguinte maneira.

$$P(m - \xi) \geq (m - d) = P(\xi \leq d) \leq \frac{\sigma^2}{(m - d)^2} \quad (3.1)$$

Diferentemente da opção pela aquisição de um seguro, conforme tratado no modelo de aversão ao risco anteriormente, a opção do agente diz respeito à escolha do mecanismo a ser adotado para obtenção de renda. Se estamos propondo que a primeira preocupação do indivíduo é a de garantir a sua subsistência, o primeiro objetivo de suas escolhas é o de minimizar a probabilidade de rendimento abaixo de um padrão mínimo $P(\xi \leq d)$. Para tanto, suas escolhas envolverão a última parte da equação $(\sigma^2/(m-d)^2)$, o que equivale a maximizar $((m-d)/\sigma)$. Partindo do pressuposto de que existe uma relação funcional entre a renda esperada m e o risco σ dada por $(f(\sigma, m) = 0)$, o agente fará a opção pela melhor combinação destas duas variáveis dadas $(f(\sigma, m) = 0)$ e d .

Graficamente, Roy transcreveu este modelo da seguinte maneira (Figura 3.2 abaixo). O eixo vertical m representa o nível de retorno esperado diante das escolhas possíveis para o agente econômico, enquanto o eixo horizontal σ representa a variação do desvio padrão na renda. O ponto $D(0, d)$ representa a renda mínima para este estado. A solução de equilíbrio é encontrada através da tangente DP , que liga o ponto d à função $(f(\sigma, m) = 0)$. O indivíduo maximiza a sua escolha no ponto P , cujas coordenadas correspondem a (σ, m) .

Figura 3.1 – Comportamento de agente avesso ao risco no modelo *Safety First*



Fonte: Elaboração do autor

A proposta de Roy se aplica a um contexto amplo e pode ser o caso da formação de um determinado portfólio ou da escolha entre duas ocupações sujeitas a rendimentos e riscos distintos. As estratégias perpassam a diversificação de portfólio, contemplando ativos levando-se em consideração a sua renda esperada, sua volatilidade e a sua correlação. Sua aplicabilidade no âmbito das atividades agrícolas está presente em diversos artigos citados por Zaveri, Russ e Damania (2017). Os riscos, que vão desde um evento natural a um rearranjo de preços, interferem na riqueza e na renda do indivíduo, seja ele um trabalhador urbano ou rural.

Alderman e Paxson (1994) elencaram um conjunto de pesquisas já realizadas em diversas localidades visando analisar o comportamento dos produtores rurais de países em desenvolvimento em relação ao risco. Os riscos contemplados na pesquisa variam desde efeitos sobre a produção a volatilidades nos preços das mercadorias. A ausência de mecanismos institucionais de compartilhamento de risco ou de acesso à intermediação financeira dá margem a uma série de alternativas visando à manutenção de níveis mínimos de consumo. Estas alternativas envolvem a diversificação de portfólio, a opção por culturas menos exigentes em termos de condições edafoclimáticas, mesmo que menos rentáveis, migrações sazonais, desacumulação de bens de capital e a oferta de mão-de-obra em atividades não-rurais visando o complemento de renda. A indisponibilidade de mecanismos formais de compartilhamento de risco e de acesso à intermediação financeira tem origem em questões conjunturais, como um capital mínimo ou um perfil de diversificação da carteira. Por este motivo, apesar de

identificarem diversas idiosincrasias, como comportamentos relacionados aos riscos de atividades rurais, os autores reconhecem que os produtores mais pobres se encontram efetivamente mais expostos.

Alderman e Paxson (1994) identificam um processo cíclico decorrente destas falhas de mercado. À medida em que optam por culturas menos rentáveis em troca de menor volatilidade, as famílias mais pobres tendem a manter-se com os mesmos padrões de renda. Além disso, a opção por culturas de subsistência visando à manutenção de padrões mínimos de consumo também pode ser considerada com opção. A ocorrência de choques sobre a renda em um ano isolado tende a ter efeitos limitados. Os resultados positivos em anos isolados normalmente não se refletem em elevação do consumo. Na ausência de opções de aplicação financeira, opta-se pela aquisição de ativos físicos. A sequência de prejuízos em anos consecutivos, porém, costuma ter implicações mais severas. Visando manter níveis de consumo mínimo, os produtores sujeitos a restrição de crédito se desfazem de seus meios de produção ou recorrem à transferência de renda entre familiares.

Karlan *et al* (2013) publicaram o resultado de pesquisa experimental envolvendo pequenos agricultores da região norte de Gana. O estudo realiza inferências sobre as limitações impostas pela indisponibilidade de recursos financeiros e pela presença de riscos climáticos inerentes às atividades agropecuárias. Estes dois fatores têm ensejado a implementação de políticas públicas em diversos países, como o crédito concedido a taxas de juros subsidiadas e programas de seguros cobrindo a safra em relação a uma série de riscos predeterminados. Karlan *et al* (*op. cit.*) avaliaram o resultado de dois tratamentos distintos relacionados a estas duas falhas de mercado na região.

Segundo os autores, os ganhos em termos de bem-estar social decorrentes de mercados financeiros adequados à demanda local se manifestam mormente através de três aspectos em linha com o objeto da presente pesquisa. Primeiramente, as restrições no acesso ao crédito aos pequenos agricultores limitam o montante investido durante as safras. Este prejuízo não afeta apenas o produtor, mas também as condições de equilíbrio geral no mercado. Aqueles produtores que já dispõem de capital e tecnologia adequados percebem uma lucratividade extraordinária explicada pela oferta insipiente. Em seguida, e associado a este aspecto, os agricultores deixam de adotar mecanismos relacionados à mitigação e adaptação a riscos climáticos. Este aspecto ajuda a explicar a prevalência de culturas exploradas em regime de

sequeiro na região. Em consonância com aspectos anteriores está a relação entre os efeitos da variabilidade climática e as flutuações nos níveis de produtividade. Esta flutuação se faz sentir tanto no nível de consumo de produtores, cuja renda é prejudicada em períodos de quebra de safra, quanto no que tange ao caso dos consumidores, que sofrem com o desabastecimento de produtos agrícolas. Esta conjuntura se retroalimenta provocando uma armadilha de pobreza. Por estes motivos, a correção das falhas de mercado relacionadas ao acesso ao crédito deve ser considerada como instrumento de intervenção.

O estudo simula os resultados derivados da oferta de crédito e de seguros ao longo de um período de três anos. A justificativa para a oferta de um contrato de seguro cujo sinistro estivesse caracterizado a partir de índices pluviométricos se baseia na prevenção do risco moral. Uma cobertura mais ampla poderia incluir a ocorrência de pragas ou o desenvolvimento insatisfatório das plantas. Estas situações poderiam estar correlacionadas, porém, com a adoção de técnicas de profilaxia inadequadas, inaplicação de insumos ou outras causas relacionadas à ação humana. O tratamento poderia ocorrer exclusivamente mediante subvenção econômica, exclusivamente mediante contratação de seguro ou mediante a oferta de ambos serviços. A formalização matemática proposta para estimar os resultados do tratamento segue descrita abaixo:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_I I_{it} + \alpha_B I_{it} \cdot K_{it} + \alpha_K K_{it} + \alpha X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.2)$$

Neste modelo, a variável dependente Y_{it} é explicada pelo efeito da cobertura do seguro contra riscos climáticos ($\alpha_I I_{it}$), pelo efeito da subvenção econômica ($\alpha_K K_{it}$) e pelo efeito conjunto destes dois tratamentos ($\alpha_B I_{it} \cdot K_{it}$). Um conjunto de demais variáveis exógenas (αX_{it}) completa a estrutura utilizada. O efeito do tratamento foi mensurado em relação a uma série de aspectos. Os resultados mensurados no modelo dizem respeito ao incremento nas despesas com preparo do solo, aumento da área cultivada, incremento nas despesas com insumos, aumento das despesas com mão-de-obra (contratada e do próprio estabelecimento), variação nos custos de produção e variação no valor do produto.

Os autores encontram nesta pesquisa alguns resultados inesperados. Com base neste experimento, os autores concluem que a aversão ao risco climático por parte dos produtores prepondera em relação à restrição de recursos financeiros quando analisados os fatores que limitam o investimento. A partir dos resultados consolidados na Tabela III do artigo, o

tratamento atribuído à oferta de seguro foi considerado estatisticamente significativo com margem de erro de 5% quando analisados as despesas com preparo do solo, o aumento da área cultivada, as despesas com insumo e a variação nos custos de produção. As demais formas de tratamento (oferta de subvenção econômica com e sem a oferta de seguro contra riscos climáticos) tiveram resultado identificado como estatisticamente significativo apenas no que diz respeito ao incremento no uso de insumos. Os resultados conflitam com os pressupostos da Hipótese Borlaug, detalhada na seção seguinte, na medida em que a aquisição de insumos químicos não foi acompanhada de limitação sobre a área cultivada.

No que diz respeito ao comportamento do agricultor em relação ao risco, os autores registram a presença de correlações entre a experiência pessoal do produtor e a opção pela contratação do seguro. A ocorrência de sinistros em períodos anteriores reforça o entendimento dos produtores a respeito da necessidade de contratá-los ou renová-los. Por outro lado, a ausência de eventos causadores de prejuízos, influencia negativamente a opção pela contratação ou renovação de seguros. Uma vez que podemos considerar que a experiência contribui com a decisão do produtor, a perspectiva de que as atividades agrícolas estão sujeitas a riscos decorrentes das mudanças climáticas em andamento e que podem não ser percebidas de imediato pelos produtores nos permite relativizar a otimização em suas decisões.

Uma discussão mais completa a respeito dos mecanismos adotados pelos produtores rurais a título de complementação de renda encontra-se em Angelsen *et al* (2014). Em 2014 Angelsen *et al.* publicaram o artigo “*Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis*”. O objetivo do artigo foi o de apresentar resultados da análise de dados do programa PEN (*Poverty Environment Network*), coordenado pelo CIFOR (*Center for International Forestry Research*). O programa teve início no ano de 2004 e realizou pesquisas relacionadas à participação dos recursos florestais e de atividades extrativistas na renda de comunidades selecionadas em 24 países localizados na África, América Latina e Ásia. Ao todo, foram analisadas 7978 famílias residentes em 333 localidades. Com isso, foi possível identificar padrões que se repetem em diversos países, porém, ao mesmo tempo, desagregar os dados conforme as características socioeconômicas das amostras. O artigo aponta o papel dos recursos naturais enquanto mecanismo de segurança sobretudo no caso de comunidades mais pobres.

A definição de recursos naturais adotada no artigo engloba tanto recursos florestais quanto não florestais. Neste sentido, florestas correspondem a áreas de medida superior a 0,5 hectare cuja

cobertura pela copa de árvores com altura igual ou superior a 5 metros seja de pelo menos 10%. Estes parâmetros encontram-se consolidados também em outras pesquisas. Alternativamente, a obtenção de recursos naturais não florestais se dá mediante o exercício de atividades extrativistas em regiões que não se caracterizam como florestas. Este é o caso de atividades pesqueiras em áreas litorâneas, ou da coleta de lenha, da caça, da extração de fibras destinadas à confecção de peças artesanais e da coleta de frutas proveniente de plantas arbustivas, por exemplo. Estão excluídos deste cômputo as culturas agrícolas e pecuárias e as atividades assalariadas. Referidos recursos podem ter a finalidade de subsistência ou de comercialização.

A pesquisa traça um perfil da relação entre a população amostrada e a apropriação dos recursos naturais. Em média, estes recursos correspondem a mais de 27,5% da renda das famílias (p. S16). Esse percentual pode variar bastante em função de uma série de aspectos. À época da pesquisa as comunidades situadas na América Latina foram aquelas que apresentaram maior dependência destas fontes de recursos. A participação dos recursos naturais na renda total nesta região corresponde em média a cerca de 32,1%. No extremo oposto, a participação média dos recursos naturais na renda total é de cerca de 22% na Ásia. Por fim, este indicador corresponde em média a 30,1% no caso das comunidades africanas. A pesquisa aponta ainda uma série de outros aspectos idiossincráticos relacionados às variações na composição da renda das famílias.

O nível de dependência das famílias em relação aos recursos naturais pode ser explicado também pelos materiais que podem ser extraídos da natureza, pelo acesso ao mercado consumidor e pela disponibilidade de ativos. A dotação de ativos e o acesso aos canais de comercialização influenciam diretamente os resultados individuais. A disponibilidade de bens de capital, como veículos, máquinas e implementos, e de recursos financeiros destinados à contratação de mão-de-obra alteram o custo de oportunidade das famílias em relação às atividades assalariadas. A desvalorização dos produtos de origem extrativista em decorrência da presença de intermediários, por outro lado, pode tornar estas atividades menos rentáveis. Dadas estas condicionantes, é possível associar o extrativismo não apenas a uma alternativa em situações críticas, mas também aos empreendimentos efetivamente bem estruturados a depender das circunstâncias.

No que diz respeito ao papel destes recursos enquanto instrumentos capazes de mitigar riscos, aqueles contemplados nesta análise têm um escopo que vai além da ideia de risco climático. Estão sendo considerados riscos relacionados a quebras de safra (não exclusivamente de ordem

climática), riscos relacionados ao fator trabalho (demissão de emprego formal, por exemplo) e perdas de ativos (como no caso da perda de parte do rebanho ou indisponibilidade de terras). De forma geral, os eventos associados a acidentes trabalhistas ou a prejuízos incidentes sobre os ativos não afetaram significativamente os produtores. No entanto, os autores confirmaram um aumento na proporção da renda proveniente tanto de recursos florestais quanto de recursos naturais como um todo quando verificada a redução da renda das famílias. Em média, esta variação em situações de choque se deve tanto à própria redução da renda total quanto em decorrência de um aumento na renda proveniente dos recursos naturais florestais e não-florestais. O resultado agregado corresponde a um aumento de participação dos recursos naturais da ordem de 1,3% e pode ser considerado estatisticamente significante. Estes dados permitem situar a pesquisa no contexto do comportamento dos agentes em relação ao risco.

Uma vez que a maior parte da amostra se dedica a demais atividades econômicas capazes de prover renda, a manutenção de recursos naturais passa a cumprir com uma função de ativo de hedge. Uma série de fatores de natureza técnica permite atribuir aos recursos naturais uma menor propensão a riscos. Ecossistemas equilibrados estão menos sujeitos à ocorrência de pragas, uma vez que a regulação da atividade das espécies se dá de forma natural pela presença de predadores e de alimentos. Espécies endêmicas também estão naturalmente adaptadas às condições de clima e solo locais. Adicionalmente, no caso de regiões de florestas, a ocorrência de secas tende a ser atenuada, na medida em que espécies de raízes mais profundas tem melhores condições de obter água e demais nutrientes do solo que as culturas de ciclo curto cultivadas em regime de sequeiro. No entanto, é importante ressaltar que o PEN analisa dados de uma amostra que tende a estar mais sujeita a riscos, dada a indisponibilidade de ativos destinados a funções de mitigação ou de adaptação a mudanças climáticas.

Essa relação entre pobreza e exploração dos recursos naturais também é analisada por Delacote (2007). A formalização matemática do comportamento do agente desenvolvida pelo autor se aplica a uma pluralidade de contextos. As proposições registradas no artigo mantêm coerência com o estudo do comportamento do agente sob incerteza apresentado até aqui. Por outro lado, é possível identificar com clareza o contraponto entre esta perspectiva e a Hipótese *Borlaug* no que diz respeito ao efeito do aprimoramento tecnológico sobre o padrão de uso da terra. Suas contribuições permitem compreender a relação entre o processo de apropriação de recursos naturais e a aversão ao risco por parte dos agentes econômicos.

É importante registrar o fato de que o objeto da apropriação por parte dos agentes econômicos estudados por Delacote (2007) são os NTFP (*Non-Timber Forest Products*). Por NTFP entende-se um conjunto de bens livres obteníveis de áreas de florestas para uso humano exceto madeira. Trata-se, portanto, de um conceito discretamente diferente do conceito de recursos florestais utilizado em Angelsen *et al* (2014). Não obstante esta exceção, algumas das primeiras análises encontradas na atual literatura associam a exploração dos recursos florestais ao mecanismo de armadilha de empobrecimento (“*poverty trap*”). Algumas das primeiras pesquisas apontam para a exploração de recursos naturais em níveis insustentáveis por parte de populações mais pobres. No longo prazo, esses ativos de propriedade comum (CPR) tendem a se exaurir em consequência do “*Problema dos Comuns*”. A publicação do relatório Brundtland em 1987 serviu de referência para as discussões ocorridas durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento do Rio de Janeiro em 1992 (Delacote 2007). Neste contexto, as preocupações em relação a questões sociais passam a fazer parte do debate em torno as ameaças ao meio-ambiente. Nesta perspectiva, a apropriação dos NTFP por parte dos agentes econômicos resulta de uma condição inevitável, dada a ausência de seguridade social, a exclusão financeira e um mercado de seguros incipiente.

Uma nova interpretação em relação ao papel dos recursos naturais enquanto rede de segurança (“*sefety net*”) tem se desenvolvido mais recentemente. Os resultados do programa PEN encontrados em Angelsen *et al* condizem com essa perspectiva. Dados do Banco Mundial publicados em 2001 (*apud* Delacote 2007) indicam que mais de um bilhão e meio de pessoas ao redor do mundo dependem destes recursos naturais, sobretudo populações indígenas, comunidades extrativistas e comunidades que exploram sistemas agroflorestais. A caracterização desta relação dos agentes com as áreas de floresta enquanto *poverty trap* seria no mínimo questionável.

Na medida em que consideramos um espectro mais amplo, podemos identificar uma pluralidade de situações em que os recursos florestais representam em maior ou menor medida uma fonte de renda capaz de estabilizar ou sustentar os padrões de consumo das famílias. Delacote (2007) utiliza metodologia desenvolvida por Angelsen e Wunder, que identificam três padrões distintos de apropriação destes recursos. Essa tipificação é explicada essencialmente pelo nível de integração com os mercados experimentada pelos agentes. No caso da estratégia de especialização (“*specialization strategy*”), a exploração dos recursos naturais representa a fonte de renda mais importante para as famílias, que conseguem acesso direto ao mercado para os

seus produtos. O segundo caso seria o da estratégia de diversificação (“*diversification strategy*”), em que as famílias utilizam os recursos naturais como complemento de renda. Por fim, no caso da estratégia de gerenciamento (“*coping strategy*”), as famílias não possuem integração efetiva ao mercado e utilizam os recursos naturais para fins de consumo direto visando manter a sua subsistência por ocasião da ocorrência de quebras de safra. No caso destas duas últimas estratégias, os NTFP são utilizados como instrumento de gerenciamento de riscos relacionados à manutenção dos padrões de consumo por parte das famílias.

Alguns aspectos intrínsecos a estas atividades extrativistas ou agroflorestais fornecem subsídios importantes para a discussão sobre a apropriação dos recursos florestais por parte dos agentes econômicos. Por conta do baixo valor comercial geralmente atribuído aos produtos de origem extrativista, a opção natural dos agentes econômicos é a exploração de atividades agropecuárias visando a sua comercialização. Por outro lado, o fato de que as espécies melhor adaptadas às condições de clima e solo estejam menos sujeitas à ocorrência de choques de natureza climática ou ao ataque de pragas lhes confere uma vantagem em relação às culturas comerciais. Trata-se de uma perspectiva compartilhada por Angelsen *et al* (2007). Este elemento ajuda a diferenciar a opção pela *diversification strategy*, em que a decisão do produtor ocorre *ex-ante*, da opção pela *coping strategy*, em que a decisão pela exploração de NTFP ocorre em situações de crise. Outro fato observado em pesquisas relacionadas ao assunto diz respeito ao perfil dos agentes econômicos que exploram os NTFP. Conforme Baland e François (*apud* Delacote 2007), trata-se de uma população de baixa renda e com baixo nível de escolaridade em sua maioria. Neste ponto, Delacote situa um elemento relevante tratado brevemente por Karlan *et al*. O custo de oportunidade das demais atividades econômicas pode ter um peso relevante na decisão dos agentes. Estes pontos constituem elementos diretamente relacionados à caracterização das atividades extrativistas enquanto *safety net* ou *poverty trap*.

Adicionalmente, Delacote (2007) elenca um conjunto de pesquisas que associam a decisão dos agentes econômicos a questões de natureza institucional. Dois aspectos claramente distintos tem sido objeto de estudo recorrente por parte dos pesquisadores. O primeiro diz respeito à integração dos produtores ao mercado onde o produto será escoado. Em condições naturais, quanto maior a integração ao mercado, maior será a probabilidade de opção pela exploração de atividades agropecuárias por parte dos agentes. É razoável pressupor que produtores melhor integrados ao mercado estejam em condições de auferir um rendimento maior na comercialização de seus produtos. Este resultado afeta o custo de oportunidade entre ambas

atividades. Lopez (Apud DELACOTE 2007) acrescenta ainda que a integração ao mercado favorece a condição de separabilidade entre produção e consumo. Alternativamente, esta integração diz respeito também o acesso a mercados de crédito e de seguros, em consonância com os trabalhos de Alderman e Paxson (1994) e Karlan et al (2013). O segundo aspecto está relacionado à estrutura fundiária. A ausência de regulação sobre o uso de áreas caracterizadas como CPR pode vir a provocar um uso insustentável de áreas de florestas em função do fenômeno da tragédia dos comuns.

Embora não apresente nenhuma citação explícita à abordagem *Safety First* de Roy (1952), as proposições construídas por Delacote (2007) traduzem bem a lógica desta abordagem ao contexto da ocupação do solo por parte dos produtores rurais. A primeira proposição do autor é a de que a manutenção da cobertura florestal varia inversamente em relação ao risco das atividades agrícolas tradicionais, à propensão ao risco por parte dos produtores rurais e à densidade populacional. A segunda proposição é a de que o efeito portfólio contribui com a manutenção da cobertura do solo por florestas. Por outro lado, o efeito seguro favorece a expansão de atividades mais sujeitas ao risco. Partimos do pressuposto de que as áreas de florestas representam o ativo livre de risco, enquanto as lavouras e os rebanhos representam o ativo sujeito a risco. A terceira proposição deriva da primeira. O crescimento da população demandante de recursos florestais pode redundar em uma armadilha de pobreza na ocorrência de um uso predatório por parte de trabalhadores extrativistas tecnicamente não capacitados. Esta seria uma manifestação possível da tragédia dos comuns. O artigo evidencia, assim, o papel das áreas de florestas enquanto bens públicos e ao mesmo tempo ativos livres de risco para comunidades de pequenos agricultores e extrativistas.

Zaveri, Damania e Russ (2017) fazem referência ao trabalho de Villoria, Byerlee e Stevenson (2014) ao explicitar de que forma a Hipótese *Safety-First* será testada. O trabalho se dedica ao estudo do efeito da incorporação de tecnologia sobre as alterações nos padrões de uso do solo. O artigo confirma a existência de uma pequena correlação entre ganhos de produtividade decorrentes de incremento tecnológico e redução da expansão agrícola. Este não seria o caso, porém, do cultivo de soja no Brasil, onde os aumentos de renda na atividade podem estar correlacionados com a expansão agrícola (p. 220). Na prática, a conciliação entre o artigo de Zaveri, Damania e Russ (2017) e o de Villoria, Byerlee e Stevenson (2014) se dá através do efeito da renda sobre a área plantada.

Se a Hipótese *Safety-First* se confirma, o produtor irá reduzir os seus investimentos em termos de área plantada na presença de riscos sobre a renda esperada. Esta relação é melhor desenvolvida na pesquisa de Karlan *et. al (op. cit)*. Anos sucessivos de estiagem e perdas de safra levariam os produtores, sem acesso a um mecanismo de hedge ou a um mecanismo de seguros na maioria dos casos, a reduzir a sua área plantada. É com base nesta perspectiva que os autores estabelecem o contraditório entre a Hipótese *Safety-First* e a Hipótese Borlaug.

3.2.2 A Hipótese Borlaug

Em 08 de setembro de 2000 foi publicado “*The Green Revolution Revisited and The Road Ahead*”. O texto foi produzido por Norman Borlaug e faz parte da comemoração pelos 30 anos do aniversário da sua condecoração como Prêmio Nobel da Paz ocorrida em 1970. Nele é possível identificar as principais ideias do autor, sua perspectiva em relação ao papel da agricultura diante das necessidades humanas ao longo dos últimos séculos, a emergência de novos desafios enfrentados pela humanidade e as estratégias que ele defende.

A produção de alimentos é concebida como o objetivo mais imediato das atividades agropecuárias. Esta necessidade acompanha a humanidade até os dias atuais, porém de forma assimétrica. O distanciamento das situações de crise de abastecimento foi uma conquista alcançada pelas sociedades mais desenvolvidas. Por outro lado, alienou estas comunidades do contato com atividades essenciais para o seu bom funcionamento. Borlaug comenta em seu texto que se Alfred Nobel tivesse escrito o seu testamento 50 anos mais cedo, o primeiro prêmio estaria relacionado à produção de alimentos e à agricultura, dada a conjuntura social vivenciada pela Europa Ocidental no período de 1845 a 1851. Nesta ocasião, milhões de pessoas morreram de fome. Felizmente a situação se normalizou com o tempo. Porém, esta passagem da história foi esquecida. Nisto, Borlaug defende reaproximação do sujeito com as atividades produtivas mais essenciais, sobretudo no caso de sociedades mais desenvolvidas.

A escassez de alimentos na Europa durante o Século XIX foi enfrentada de duas maneiras. A primeira delas foi a migração. Milhões de pessoas fugiram da fome mudando-se para as Américas logo no início da segunda metade do Século XIX. Ao mesmo tempo, foram desenvolvidas novas técnicas de produção. Aos poucos, o equilíbrio entre oferta e demanda de alimentos foi se reestabelecendo. Ocorre que a migração não representa uma alternativa viável sempre que este equilíbrio se fragilizar. A disponibilidade de terras agricultáveis é limitada. As

soluções mais drásticas de viés Malthusiano tampouco são sugeridas pelo autor. Em outras ocasiões fora do texto, este testemunhou ter vivenciado várias experiências pessoais em que foi possível evitar o confronto armado afastando a ameaça da fome. O caminho proposto explicitamente por Borlaug para o enfrentamento perpassa o aumento da produtividade da terra.

O déficit na produção de alimentos ainda não foi superado por uma grande parcela da população mundial. Os baixos índices de produtividade agrícola permanecem afetando diretamente a autossuficiência na produção de alimentos sobretudo na África e na Ásia. A perspectiva de que a humanidade contabilize mais de 8 bilhões de indivíduos até 2025 exige que sejam planejadas ações hoje no sentido de atender adequadamente a demanda por alimentos projetada. A adoção de técnicas de produção consolidadas na agricultura comercial é uma medida ainda pouco explorada em função de posturas criticadas abertamente pelo autor.

Os avanços percebidos na China em termos de produção agrícola são citados como um exemplo meritório. A mudança tecnológica permitiu um aumento na produção de arroz moído de 48 milhões de toneladas em 1961 para 170 milhões de toneladas em 1999 naquele país. A evolução na produção de trigo foi ainda mais notável. A produção anual saiu de 14 milhões de toneladas para 114 milhões no mesmo intervalo. Esses resultados só poderiam ter sido alcançados mediante o emprego de novas técnicas de produção. Em toda a porção da Ásia considerada em desenvolvimento, a área irrigada passou de 87 milhões de hectares para 176 milhões de hectares entre 1961 e 1999. O uso de fertilizantes cresceu consideravelmente no mesmo período, passando de 2 milhões de toneladas a 70 milhões de toneladas. O número de tratores foi largamente ampliado, de cerca de 200 mil para 4,6 milhões. Ainda assim, a fome ainda não foi completamente erradicada da região.

As técnicas de produção associadas à revolução verde são objeto de ressalvas por parte da opinião pública. O argumento relacionado ao impacto ambiental é refutado por Borlaug. No seu entendimento, caso a agricultura não houvesse se intensificado, seria inevitável promover uma expansão das fronteiras agrícolas em direção a áreas preservadas. Adicionalmente, a disponibilidade de terras agricultáveis é limitada. Algumas das preocupações levantadas pela opinião pública, porém, são compartilhadas por Borlaug, como o uso inapropriado dos recursos hídricos e o risco de deterioração do solo em decorrência de técnicas inadequadas de cultivo. Este é um ponto que merece uma análise mais detida, pois trata-se de um ponto chave para a presente discussão.

Em artigo publicado na revista *Science* em 2007, Norman Borlaug faz uma análise do enfrentamento do problema da fome nas últimas décadas. A difusão de tecnologias desenvolvidas no México na década de 1950 para outras partes do mundo permitiu que o percentual da população mundial atingida pela fome caísse de 60% na década de 1960 para 17% na década de 2000. Os ganhos de produtividade teriam permitido poupar o uso de 1,2 bilhões de hectares de terras, mediante a exploração de apenas 660 milhões de hectares. Estes resultados permitiram preservar milhões de hectares de florestas nativas. A perspectiva de crescimento populacional da ordem de 3,5 milhões de pessoas até 2050, sobretudo em regiões pobres, representa um novo desafio a ser enfrentado pela humanidade.

Para Borlaug (2007), a oferta de alimentos deve conciliar o incremento da produção agrícola, o crescimento populacional e a sustentabilidade ambiental. Embora áreas como a do Cerrado Brasileiro possam ser convertidas em fronteiras agrícolas de forma responsável, reafirma a tese de que a maior parte do aumento na produção de alimentos deveria se dar em função de aumentos de produtividade em regiões produtoras de alimentos. Desenvolvimentos na área de engenharia genética deverão assumir um papel importante em relação ao suprimento de alimentos, rações, fibras e biocombustíveis. O direcionamento das pesquisas, no entanto, pode tanto favorecer a expansão da área cultivada mediante o desenvolvimento de variedades adaptadas, quanto envolver a mitigação de riscos de ordem biótica ou abiótica em regiões tradicionais. Nesta conjuntura, é fundamental definir uma agenda de debates acerca das questões jurídicas ligadas à inovação tecnológica envolvendo a comunidade internacional.

A pluralidade de iniciativas vinculadas ao setor público e privado permite dinamizar o andamento das pesquisas científicas. Borlaug (2000) entende que o engessamento da pesquisa científica por conta de determinações burocráticas prejudica o surgimento de novas soluções que só podem ser aprimoradas com o tempo. No entanto, o exercício do direito de patentes deve ser regulado de forma a evitar resultados indesejáveis. Os elevados investimentos demandados para fins de desenvolvimento tecnológico têm gerado uma tendência à formação de oligopólios cada vez mais concentrados. A restrição ao acesso a estes resultados gera insegurança para os produtores e pode vir a excluir do segmento os agricultores mais pobres. Em sua interpretação, os esforços a cargo de instituições integrantes do setor público e do setor privado relacionados à inovação tecnológica devem ser coordenados de forma a evitar desperdícios.

Borlaug salienta o fato de que a disponibilidade de alimentos não é condição suficiente para impedir a fome. O exemplo citado no texto é o da Índia. Dezenas de milhões de pessoas perecem naquele país enquanto os estoques de grãos encontram-se bem abastecidos. O acesso à produção de alimentos não se concretiza devido a fatores de ordem econômica. A China é apontada como um caso bem sucedido de intervenção econômica voltada à erradicação da fome. O autor faz referência às observações levantadas por Amartya Sen em comparação a estes dois casos. As políticas públicas de formação de capital humano através da promoção da saúde pública e da educação pública adotadas pela China tiveram reflexos sobre a sua performance econômica. Este é um ponto que carece de uma análise mais detida que perpassa uma dimensão específica da segurança alimentar.

As discussões sobre o uso do solo e preservação da cobertura vegetal em áreas rurais tem sido moldada em anos recentes pela emergência de riscos em relação aos quais a comunidade internacional tem demonstrado cada vez maior sensibilidade. Conforme Stevenson et. al (2011), a oscilação nos preços das commodities, a percepção dos efeitos das mudanças climáticas e a especulação imobiliária tem redundado em competição pelo fator de produção terra em nível global. Esta conjuntura tem contribuído com a revisão da Hipótese Borlaug enquanto teoria capaz de conciliar diversas preocupações concomitantes.

A validade da Hipótese Borlaug foi testada por Stevenson et. al (2011) mediante o uso de métodos intrínsecos à economia aplicada desenvolvidos recentemente. Boa parte dos estudos confirma a validade da Hipótese Borlaug. No entanto, algumas ressalvas são elencadas no estudo. A adoção de modelo de equilíbrio geral computável se destaca enquanto técnica mais propícia à análise da hipótese. O trabalho utiliza o modelo *IMPACT*. O modelo utilizado processa os resultados referentes a 17 commodities analisadas em 35 países ou regiões. Os autores admitem no artigo duas limitações ao modelo *IMPACT*. A primeira está relacionada ao fato de que o modelo não incorpora atividades não agrícolas. A segunda decorre da omissão de fatores relacionados às restrições sobre a expansão na área cultivada, como a especulação imobiliária ou fatores de ordem natural. A pesquisa confirma, outrossim, um arrefecimento na expansão da área cultivada.

Os resultados, no entanto, diferem expressivamente daqueles defendidos por Borlaug. Ao invés de 1,2 bilhões de hectares, conforme apontado por este em seu artigo de 2007, os ganhos de produtividade teriam freado a expansão das lavouras em apenas 230 milhões de hectares. O

estudo incorpora pressupostos desenvolvidos no âmbito da teoria econômica que permitem tratar o tema através de uma fundamentação específica.

Parte da explicação para a revisão dos números apontados por Borlaug está associada ao chamado Paradoxo de *Jevons*. Stanley Jevons observou ainda no Século XIX que os ganhos de eficiência redirecionam as opções pelos insumos dentro de cada economia. Assim, os avanços tecnológicos relacionados ao uso do carvão teriam repercutido em aumentos de produtividade e por sua vez em estímulo ao comércio de bens industrializados produzidos com o uso de carvão. Este aumento na renda redonda no aumento do nível de investimentos, que por sua vez mais que compensam os ganhos de eficiência no uso do carvão. No contexto deste estudo, os ganhos de produtividade decorrentes do uso da terra ajudam a explicar a divergência em relação aos resultados alcançados na pesquisa.

O modelo de von Thünen é utilizado por Angelsen (*apud* Stevenson et. al, 2011) visando estabelecer restrições à expansão da fronteira agrícola. Tendo por base esta fundamentação teórica, Angelsen (*apud* STEVENSON et. al, 2011) propõe uma relação entre a renda da terra e a distância entre a região produtora e o mercado consumidor conforme abaixo:

$$r(d) = py - wl - qk - c - vd \quad (3.3)$$

Neste modelo, as variáveis utilizadas correspondem a renda da terra (r), a distância entre a região produtora e o mercado consumidor (d), o preço do produto (p), a quantidade produzida (y), a remuneração da mão de obra (w), o número de trabalhadores efetivos (l), o custo anual do capital (q), o estoque de capital (k), os custos relacionados à defesa dos direitos de propriedade (c) e os custos de transporte (v). Chama a atenção a hipótese em que a variável (c) assume valores negativos. Trata-se do caso do desmatamento ilegal visando a exploração de terras devolutas, em que o Brasil é citado como exemplo de sua ocorrência. No ponto extremo, em que a renda da terra é nula, ($r=0$), encontramos a seguinte condição:

$$0 = py - wl - qk - c - vd \quad (3.4)$$

$$d = (py - wl - qk - c)/v \quad (3.5)$$

Seguindo esta lógica, podemos representar um aumento de produtividade como um aumento na quantidade produzida (y) ou uma redução nos custos totais de empregados e de máquinas (l ou

q). O modelo parte do pressuposto de que as terras são homogêneas e de que os mercados se caracterizam por uma concorrência perfeita, mantendo inalterados os preços dos produtos (p). Em ambos casos, torna-se possível explorar atividades rurais em regiões mais distantes dos mercados consumidores na medida em que a quantidade produzida aumenta ou os custos de produção diminuem. Esta lógica permite conciliar aumento da produtividade e expansão de fronteiras agrícolas.

O modelo proposto por Hertel (*apud* Stevenson et. al 2011) também é citado na pesquisa. Este relaciona a quantidade efetiva de oferta de terra (q_L) à produtividade agrícola (Δ_L^D). Os demais parâmetros que compõem o modelo são a elasticidade de oferta de terra (v_L), a elasticidade de demanda por produtos agrícolas (ε_D) e a elasticidade de substituição entre os fatores terra e “não-terra” (σ). Todos os parâmetros possuem valores positivos. Formalmente, o modelo proposto por Hertel possui a seguinte estrutura:

$$q_L = v_L \frac{-\Delta_L^D}{v_L + \varepsilon_D \theta_L + \sigma(1 - \theta_L)} \quad (3.6)$$

A ideia fundamental do modelo é a de que se há um aumento no índice de produtividade agrícola (Δ_L^D) será necessário explorar menos áreas de terra (q_L) para produzir a mesma quantidade física. Este entendimento coaduna com a Hipótese Borlaug. O modelo, no entanto, é apresentado como uma conciliação entre duas perspectivas distintas. A prevalência de cada uma destas duas perspectivas pode ser captada pela variação na oferta de terra.

O papel das medidas de elasticidade presentes no modelo é o de tentar estimar o efeito da integração econômica sobre a variação na oferta de terra. A priori, o incremento da produção agrícola (q_A) é convertido em crescimento na quantidade demandada por terras (q_L^D) através do mecanismo de transmissão abaixo.

$$q_A^S = -\varepsilon_D p_A + \Delta_A^D \quad (3.7)$$

$$q_L^D = q_A^S - \sigma(p_L - p_A) - \Delta_L^D \quad (3.8)$$

A variação da produção agrícola aqui (q_A^S) corresponde à soma de dois fatores. O primeiro é o produto da elasticidade-preço da demanda por produtos agrícolas ($-\varepsilon_D$) pela variação do preço dos produtos agrícolas (p_A). O segundo é uma resposta a uma variação exógena no aumento da

demanda por produtos agrícolas (Δ_A^D), explicado inclusive pelo crescimento populacional. A tendência natural, assim, é de que a produção agrícola cresça ao longo do tempo e implique em pressão sobre novas áreas agricultáveis (q_L^D), conforme pode ser percebido na equação (3.8).

Na equação (3.8) são inseridos novos parâmetros que interferem nessa relação entre aumento da produção agrícola e demanda por novas terras agricultáveis. Através do parâmetro σ podemos mensurar o coeficiente de substituição entre insumos terra e “não-terra”. O efeito da substituição dos demais insumos sobre o fator terra é o primeiro fator a permitir uma redução na demanda por terras agricultáveis. As variáveis afetadas por este parâmetro são o preço da terra (p_L) e o preço dos produtos agrícolas (p_A). Assim, quanto mais o preço da terra se valoriza em relação ao preço dos produtos agrícolas, maior será o efeito do coeficiente de substituição σ . Grande parte da Hipótese Borlaug é explicada também pelo parâmetro Δ_L^D . Assim como na equação acima, temos aqui um fator exógeno, que capta na segunda equação a variação na demanda por terra. Se a Hipótese Borlaug for válida em relação à influência da tecnologia sobre a necessidade de uso de terra para uso em atividades agropecuárias, a demanda por terra apresenta uma tendência negativa. Assim, presume-se a priori que os parâmetros σ e Δ_L^D contribuam com um refreamento da expansão agrícola.

Os parâmetros σ e θ_L integrantes do modelo de Hertel (3.61) permitem calibrar a estimativa da área preservada por conta do incremento tecnológico. O uso do solo tende a ser mais afetado pelas mudanças tecnológicas à medida em que a participação do fator terra (θ_L) seja maior dentro do pacote tecnológico utilizado. Por outro lado, a expansão de áreas agrícolas no caso de áreas caracterizadas por culturas intensivas ($\theta_L \rightarrow 0$) pode ser explicada pelo coeficiente de substituição entre terra e demais fatores de produção (σ). A possibilidade de substituir o fator terra por demais insumos no processo produtivo (σ) em decorrência do desenvolvimento de novas tecnologias pode redundar em redução no custo do fator terra no processo produtivo (θ_L).

Por fim, o parâmetro (v_L) visa captar a elasticidade de oferta de terra. Este estimador correlaciona a oferta de terra com a variação no preço das commodities. A diminuição da elasticidade preço da oferta (v_L) está relacionada com a restrição na disponibilidade de terras agricultáveis (q_L^S). A quantidade ofertada de terra (q_L^S) responde menos à variação nos preços dos alugueis de terra também por conta de um fator exógeno (Δ_L^S). Usos alternativos do solo e o efeito de espraiamento urbano fazem com que este parâmetro se configure mormente como um redutor da oferta de terras para a agricultura (q_L^S). Neste sentido, o modelo recupera as

intuições trazidas pelo Paradoxo de Jevons e pelos Anéis de von Thünen. O artigo publicado por Hertel formaliza esta relação entre elasticidade de oferta de terra (v_L) e quantidade ofertada de terra (q_L^S) da seguinte maneira.

$$q_L^S = v_L^S p_L - \Delta_L^S \quad (3.9)$$

A partir do modelo, podemos estabelecer uma relação entre diferentes variáveis que interferem nos padrões de exploração de áreas agrícolas. Pesquisas anteriores estimam que a elasticidade da oferta de Brasil variando entre 0,38 e 0,90 (Hertel *apud* STEVENSON et. al 2011). Para que se tenha uma referência, este estimador varia entre 0,01 e 0,03 nos Estados Unidos (p. 41). Existe, porém, uma necessidade de captar o efeito de questões institucionais na dinâmica do uso do solo.

A Teoria da Transição no Uso do Solo apresenta bastante complementaridade com esta discussão. Segundo Geist (*apud* STEVENSON et. al, 2011) mais de um bilhão de hectares de matas nativas foram transformados em lavouras ao redor do mundo desde meados de 1850. A interpretação em relação a este fenômeno está alinhada com o modelo de Hertel, na medida em que o crescimento populacional e o crescimento econômico estariam correlacionados com a expansão das áreas cultivadas em nível nacional. Por outro lado, a ocorrência de retração econômica ou populacional pode vir a explicar as ocorrências observadas do efeito reverso (reflorestamento). A Teoria da Transição no Uso do Solo vem passando por revisões nos anos recentes em função do uso de novas tecnologias, da identificação de novos padrões de regularidade e da emergência de novos elementos integrantes do objeto de estudo.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento vem permitindo avanços no tratamento de dados espaciais referentes à cobertura vegetal. Com base nesta metodologia, alguns estudos apontam que durante as décadas de 1980 e 1990, 75 milhões de hectares de florestas foram convertidas em lavouras nos países tropicais. Destes, 55% corresponderam a áreas de florestas primárias. A desagregação das informações em áreas geográficas menores confirma este entendimento. Geist e Lambin (*apud* STEVENSON et. al, 2011) fizeram apanhado de 152 estudos em nível subnacional a abordando causas de desmatamento. A agricultura é apontada como uma causa imediata em 96% destes estudos. O tratamento destes dados espaciais permite descrever este fenômeno de forma mais detalhada.

A supressão vegetal de áreas nativas segue padrões distintos conforme as circunstâncias históricas e geográficas. Rudel *et al* (apud STEVENSON *et. al*, 2011) associam o processo de expansão das fronteiras agrícolas sobre florestas tropicais entre as décadas de 1960 e 1980 ao crescimento populacional e a busca por condições de subsistência. Nas décadas mais recentes, no entanto, as taxas de crescimento populacional têm regredido. A agricultura comercial teria assumido o papel de principal responsável pela expansão das fronteiras agrícolas, como resultado do processo de integração econômica, urbanização e aumento da renda per capita. O Continente Africano representaria uma exceção a esta regra, segundo Chomitz (apud STEVENSON *et. al*, 2011), para quem o processo de expansão das fronteiras agrícolas ainda estaria associado ao crescimento populacional. De acordo com Angelsen (apud STEVENSON *et. al*, 2011) expansão das fronteiras agrícolas pode estar correlacionada, por sua vez, a outras causas concomitantes, como o preço das commodities, a construção de estradas e o nível de desemprego. Não obstante, Angelsen (apud STEVENSON *et. al*, 2011), afirma que entre 1985 e 2004 a produção agropecuária cresceu em média a taxas anuais de 3,3% a 3,4%, enquanto a conversão de florestas em lavouras cresceu apenas 0,3% anualmente entre 1990 e 2005. Estes estudos registram as assimetrias inerentes à expansão das áreas cultivadas e estão intimamente relacionados com a Hipótese Borlaug.

Stevenson *et. al* (*op. cit.*) apresentam ainda um quadro com as lavouras que apresentaram maior variação em termos absolutos de área cultivada globalmente entre os anos de 1990 e 2007. Com base nos dados, é possível defender a hipótese de que dentre as culturas que sofreram maior variação, o processo de expansão se deu em sua maioria em áreas de países em desenvolvimento.

Tabela 3.1 – A 10 lavouras que apresentaram maior variação em termos absolutos em termos de área cultivada globalmente entre os anos de 1990 e 2007

Rank	Lavoura	Variação na área cultivada (milhões de hectares)	Variação na produtividade (%)
1	Soja	36.9	27.8
2	Milho	23.9	35.1
3	Canola	11.1	30.8
4	Arroz	9.4	20.1
5	Dendê	7.8	43.8
6	Girassol	6.9	-2.4
7	Feijão de corda	5.7	16.3
8	Cana de açúcar	5.5	14.2
9	Mandioca	2.9	23.0
10	Azeitona	2.9	18.1

Fonte: Stevenson *et. al*, 2011

Tabela 3.2: 10 lavouras que apresentaram maior variação em termos absolutos em termos de área cultivada nos países em desenvolvimento entre os anos de 1990 e 2007

Rank	Lavoura	Variação na área cultivada (Milhões de hectares)
1	Soja	30.9
2	Milho	18.9
3	Trigo	12.2
4	Arroz	10.6
5	Dendê	7.8
6	Feijão de corda	5.7
7	Cana de Açúcar	5.4
8	Batata	4.3
9	Algodão	3.3
10	Mandioca	2.9

Fonte: Stevenson *et. al*, 2011

O perfil das lavouras reafirma o entendimento de que a implantação de novas áreas reflete mudanças no padrão de consumo das famílias e a implementação de políticas públicas. Primeiramente, reforçamos o entendimento de que a demanda por alimentos tem crescido de forma expressiva em economias emergentes. A presença de oleaginosas (soja, milho, canola, dendê, girassol, algodão e azeitona) reflete em grande parte os padrões de dieta atuais. Dentre as demais culturas, todas se constituem de matéria-prima para a indústria alimentícia (arroz, feijão de corda, cana, mandioca, trigo e batata). Em segundo lugar, no entanto, a presença de oleaginosas e da cana de açúcar, em específico podem ser explicadas pela implementação de

políticas públicas destinadas ao fomento da produção de biodiesel. Ambas tabelas acima apresentam visível complementariedade.

Stevenson *et. al* (op. cit) tratam brevemente de dois estudos de caso nos quais estes mecanismos são descritos de forma mais ilustrativa. Estes casos são o da soja, no Brasil, e do óleo de dendê, na Indonésia. No primeiro é feito um levantamento de estudos que apontam para o avanço das lavouras na região da Amazônia Legal. Verificou-se ainda que boa parte destas lavouras comumente sucede a exploração de áreas que foram abertas originalmente visando a exploração pecuária. As políticas públicas que favoreceram este processo expansionista ocorreram tanto de forma explícita (via programas de colonização, por exemplo) quanto de forma implícita (como através da ausência de políticas de proteção ambiental). O papel do desenvolvimento tecnológico neste processo é percebido no sentido de que o melhoramento genético permite o cultivo de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas locais em áreas até então não cultivadas.

No caso do dendê produzido na Indonésia, o prejuízo à cobertura vegetal teria se dado sobretudo por conta da implementação de políticas que permitiram a supressão vegetal objetivando promover esta cultura. Inicialmente, supunha-se tratar-se da expansão agrícola associada a uma atividade economicamente bem sucedida na Malásia. Verificou-se na prática que a maior parte destas áreas foram desmatadas visando à extração de madeira nativa. Entre 2000 e 2004, O Brasil foi responsável por 48% do desmatamento das florestas tropicais úmidas, seguido pela Indonésia, responsável por 12%.

A discussão a respeito da Hipótese Borlaug tem se mostrado bastante atual ainda que passadas décadas da entrega do Prêmio Nobel da Paz de 1970. Os alicerces sob os quais se assenta a hipótese tem resistido a avaliações baseadas nas mais diferentes perspectivas. Embora os dados estatísticos possam evidenciar realidades diferentes e novos paradigmas em relação à produção de alimentos, existem méritos irrefutáveis associados ao papel do melhoramento genético no que diz respeito à promoção da segurança alimentar. Da mesma maneira, face a um crescimento demográfico que deverá perdurar algumas décadas ainda e a limitação da disponibilidade de terras cultiváveis, o desenvolvimento de técnicas de produção mais efetivas exigirá o uso de diversas áreas de conhecimento e acompanhamento diligente por parte da comunidade internacional ao longo das próximas gerações. A emergência de riscos de ordem humanitária e ambiental apenas reforça a pertinência da discussão e redefine os seus aspectos mais relevantes.

Na primeira edição do artigo *Drenched Fields and Parched Farms*, Zaveri, Damania e Russ (2017) expõem a maneira como a Hipótese Borlaug é apropriada na pesquisa. Se a hipótese de que ganhos de produtividade redundam em aumento da renda ao mesmo tempo em que freiam a expansão agrícola, por oposição, a perda de renda levaria os produtores a expandir a sua área plantada visando a recomposição da renda. A estratégia adotada pelos autores em sua pesquisa consistiu no estudo da correlação entre variação pluviométrica e expansão agrícola. Buscou-se verificar no artigo se a ocorrência de períodos de estiagem prolongada redundou em expansão de áreas plantadas.

4 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

No presente estudo buscou-se utilizar dados que auxiliassem na aplicação da metodologia de Zaveri, Russ e Damania (2018) para a área de atuação da SUDENE. As adaptações foram em relação à base de dados utilizada e à metodologia de tratamento das informações georreferenciadas. As diferenças nos resultados, porém, tendem a estar mais associadas às características da amostra que às intervenções realizadas.

4.1 BASE DE DADOS

Na base de dados utilizada houve uma adaptação às características e a escala da área objeto do estudo, bem como obtenção de novos indicadores próximos. A apresentação dos dados e a justificativas em relação às decisões adotadas na pesquisa seguem apresentadas caso a caso.

4.1.1 Produtividade Agrícola

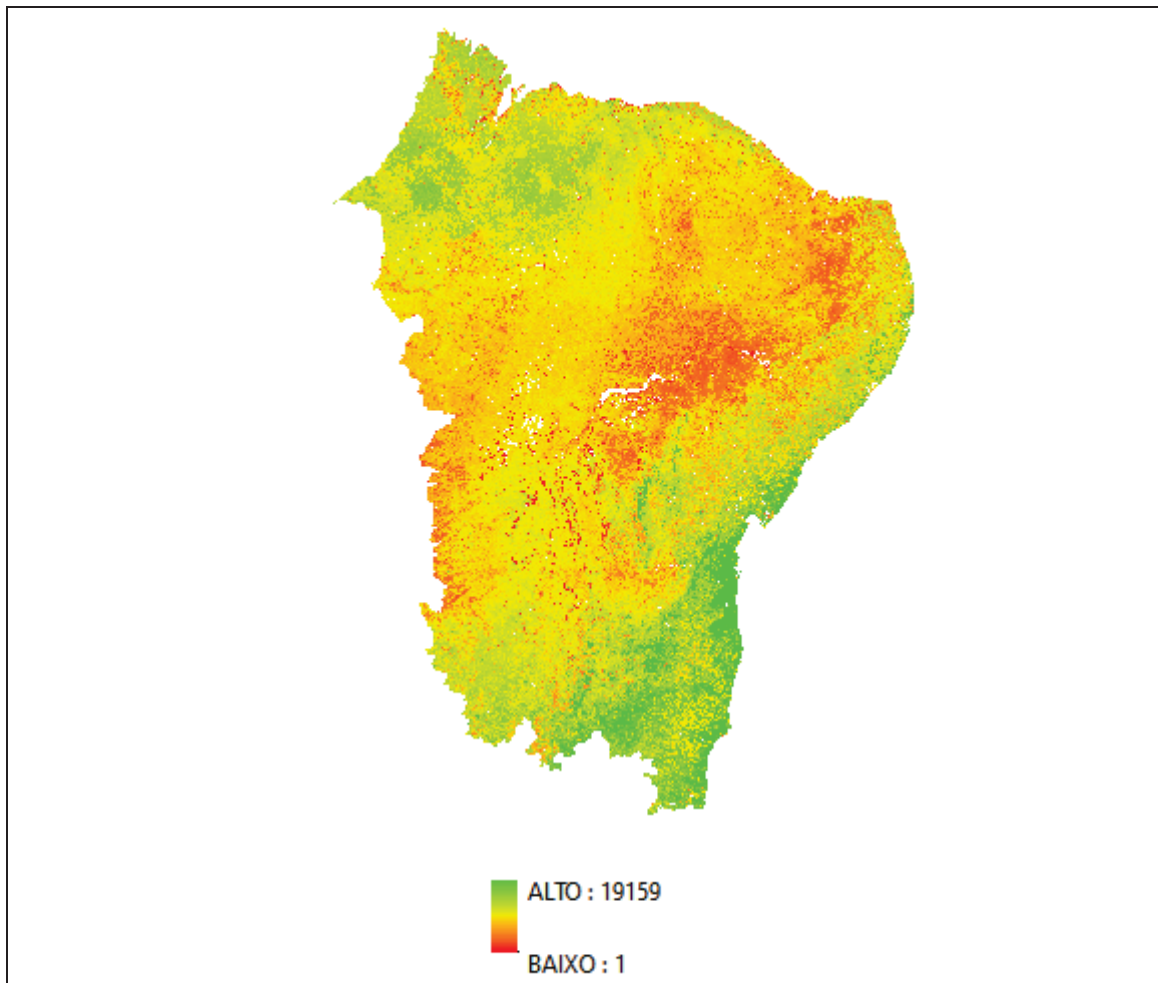
Foram utilizados nesta pesquisa dados semelhantes aos de Zaveri, Russ e Damania (2018) para produtividade agrícola. Os autores se basearam em informações de domínio público disponibilizadas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) através do *Earth Observing System* (EOS) geradas a partir de imagens obtidas de satélites. A opção pelo uso dos dados do NPP (*Net Primary Productivity*) permite o uso de um denominador comum aplicável às diferentes culturas desenvolvidas na região. Os dados abrangem toda a área do globo terrestre e têm sido coletados e publicados desde o ano 2000. A variável é tratada aqui como uma *proxy*, cuja correlação com a produtividade agrícola encontra-se em outros estudos nesta área de pesquisa. No presente trabalho optou-se pela manutenção destes mesmos dados tendo em vista a sua disponibilidade e a sua validação dentro da literatura enquanto variável *proxy*.

Os dados de NPP captam a absorção de carbono pelas plantas durante o processo de fotossíntese líquida da quantidade perdida por conta da respiração celular. Estas informações são obtidas a partir de metodologia de reflectância e tratados com base em algoritmos que levam em consideração o perfil da vegetação. Os resultados deste processamento são disponibilizados em formato de grid em uma escala equivalente a um quilômetro quadrado por ponto do mapa.

Além de Zaveri, Russ e Damania (2018), outros autores apontam a oportunidade do uso desta base de dados no âmbito da economia agrícola. Running *et al* (2004) identificam neste indicador um potencial significativo de utilização enquanto variável de interesse neste ramo de estudos. Estes últimos sinalizam, porém, seu embargo no sentido de ponderação em relação às especificidades inerentes a cada cultura. Gholkar *et al* (2014), por sua vez, evidenciam o fato de que os indicadores de NPP estão diretamente correlacionados com o nível de investimentos em fatores de produção. O estudo identifica os efeitos dos investimentos em mecanização agrícola, irrigação e fertilização sobre o nível de NPP na Índia. Zaveri, Russ e Damania (2018) optam por analisar a variação do NPP em relação a uma área agrícola invariável visando isolar os efeitos da variação do NPP decorrentes da expansão das áreas cultivadas.

Os dados são disponibilizados em uma escala de quilogramas por metro quadrado. Tendo em vista esta variável configurar-se em variável dependente e medida em log, optou-se por transformar o valor medido de metros quadrados para hectares (10.000 metros quadrados). O objetivo dessa conversão foi o de evitar valores negativos para a variável. Para todas as áreas foi obtida a média de NPP, independentemente da classificação do uso do solo. Foram medidos, ano após ano, as diferenças em relação a essa média. Para fins de regressão, no entanto, foram consideradas apenas as áreas de exploração agropecuária identificadas ano a ano na forma descrita nas seções 4.1.2 e 4.2.1. Uma análise preliminar permite perceber que as áreas com maiores valores de NPP encontram-se em regiões de florestas, como na região amazônica do estado do Maranhão e em regiões de mata atlântica no litoral sul da Bahia. A figura abaixo apresenta uma amostra referente ao ano de 2000. Os demais anos seguem um padrão semelhante.

Figura 4.1 (NPP apurada para a área objeto de estudo no ano de 2000 – valores em Kg/hectares)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da NASA

4.1.2 Uso do Solo

As mudanças ocorridas no padrão de uso do solo constantes em Zaveri, Russ e Damania (2018) foram captadas com base nos dados produzidos pelo *Land Use and Global Environment Research Group*, da Universidade McGill. Estes dados foram produzidos mediante o uso de tecnologia de sensoriamento remoto e cobrem o período entre 1980 e 2005 em intervalos quinquenais. Os dados produzidos pelo grupo possuem resolução de 0,5 graus de latitude e longitude em grid.

Em substituição aos dados produzidos pelo *Land Use and Global Environment Research Group* foram utilizados dados produzidos pela organização MAPBIOMAS. Assim como foi feito com o estudo objeto de replicação, os dados utilizados nesta pesquisa contemplam uma série histórica que possui intervalos quinquenais, porém iniciando-se em 1986 e se encerrando no

ano de 2015. Os dados disponíveis hoje contemplam também informações referentes aos últimos anos. Porém, tendo em vista a necessidade determinar um intervalo em que tenhamos dados referentes a todas as variáveis, a série foi encerrada naquele ano de 2015. A grande vantagem em utilizar dados do MAPBIOMAS está relacionada à resolução. Os mapas utilizados (versão 5) possuem resolução de 30 metros e também foram gerados mediante técnicas de sensoriamento remoto. A classificação das imagens na versão atual é feita mediante uso de *Machine Learning*. Desta forma, seguiu-se uma lógica de optar por dados providos localmente, mas capazes de cobrir toda a área objeto do estudo visando obter informações mais detalhadas.

Para compor os mapas da área objeto do estudo foram criados mosaicos contendo áreas de regiões pertencentes aos biomas Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. Para fins de análise dos presentes dados foram contempladas áreas integrantes ao Grupo 3 (*Farming*) da Coleção 5 conforme documentação do arquivo (MAPBIOMAS, 2020). Compõem o Grupo 3 áreas classificadas como Pastagens (3.1), Agricultura (3.2) e Mosaico de Agricultura e Pastagens (3.3). Os resultados a serem analisados envolvem assim uma pluralidade de contextos passível de desaglutinações.

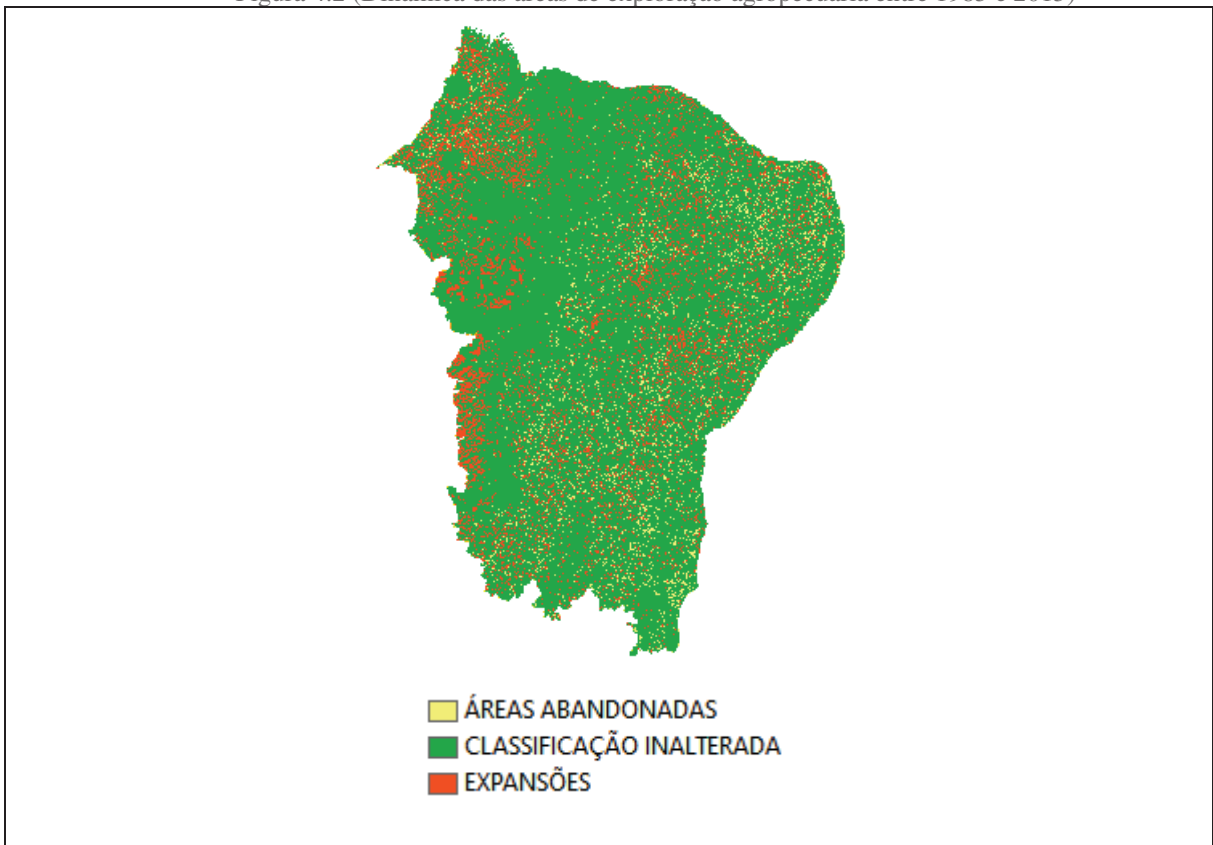
Em relação às diferentes formas de uso do solo reside outra diferença importante em relação aos dados utilizados por Zaveri, Russ e Damania (2018). Uma vez que estamos incorporando dados referentes à ocupação do solo com atividades pecuárias, estamos alterando um aspecto fundamental da pesquisa. Por outro lado, optar por excluir as atividades pecuárias do mosaico representaria uma série de prejuízos. Entre eles a desconsiderar os dados das áreas classificadas como Mosaico de Agricultura e Pastagens (3.3). Uma vez retirada esta classificação, estaríamos desconsiderando uma alternativa ao uso decorrente da supressão vegetal.

Um aspecto muito relevante diz respeito à transição no uso do solo. Parte da literatura pesquisada, tal como Stevenson *et al* (2011) e Zalles *et al* (2018) descreve o processo de transição no uso do solo em que a exploração das culturas de grãos em regiões pertencentes aos biomas Amazônia e Cerrado sucede a exploração de atividades pecuárias. Há relatos ainda de que, previamente à conversão destas áreas de floresta primária, ocorre a exploração da atividade extrativista, mediante o aproveitamento de recursos madeireiros. Assim, a expansão de áreas estritamente voltadas à exploração agrícola não ocorre imediatamente após a supressão vegetal. Por fim, foi incorporada a exploração da atividade pecuária considerando também um uso

alternativo do solo relacionado a uma atividade de subsistência. A exploração de atividades pecuárias teve início na região desde os primeiros séculos de colonização portuguesa e representa uma atividade comum entre miniprodutores rurais nesta instalados. Desta forma é possível identificar efeitos relacionados à Hipótese Borlaug e ao modelo *Safety First*.

Conforme pode ser percebido pela figura 4.2 abaixo, a dinâmica da alteração nos usos do solo segue padrões distintos. Enquanto as regiões do Oeste da Bahia, Sul do Piauí e do Maranhão apresentam um padrão razoavelmente claro de expansão, as áreas que deixaram de ser exploradas com atividades agropecuárias seguem um padrão mais disperso. A identificação espacial dos elementos relacionados à estruturação das atividades agropecuárias citados por Bacchi (2019) permitiria cruzar dados e identificar variáveis explicativas diretamente relacionadas com os dados observados e ausentes do modelo original. Ao longo deste intervalo, no entanto, as áreas identificadas na legenda da figura 4.2 como “Classificação Inalterada”, podem ter sido objeto de mudanças, uma vez que os dados da figura apenas comparam o padrão de uso da terra pontualmente entre 1985 e 2015 sem considerar as alterações neste intervalo.

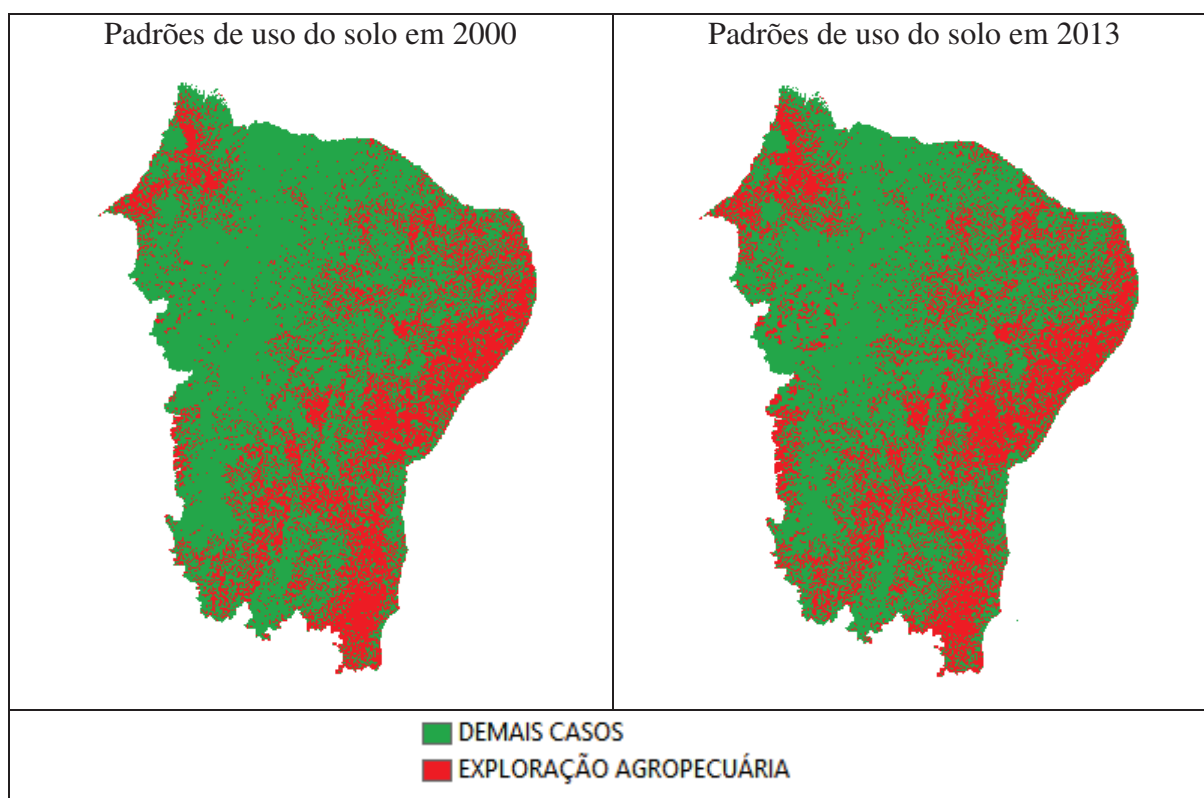
Figura 4.2 (Dinâmica das áreas de exploração agropecuária entre 1985 e 2015)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados obtidos pelo MAPBIOMAS

Os dados desta camada foram utilizados de duas formas. No caso das equações 4.1 e 4.2, as regressões foram realizadas apenas nas áreas identificadas como área de exploração agropecuária. Nos mapas associados à figura 4.3 abaixo estão identificados em vermelho as áreas objeto de estudo para os anos de 2000 e 2013. Por conta de limitações técnicas, porém, estes dados recebem um tratamento adicional. Não foi possível trabalhar com uma base de dados estruturada em um mapa com o padrão de resolução do MAPBIOMAS. Conforme descrito na seção 4.2.1, o nível de resolução toma como base o Grid da variável PREC (Willmott e Matsuura) descrito na sessão 4.1.3 e é alimentado com dados do percentual de cobertura de áreas de exploração agropecuária. Como estas áreas variam de um ano para o outro, optou-se por realizar análises apenas através da metodologia OLS sobre os pontos identificados como sendo de exploração agropecuária.

Figura 4.3 (Identificação das áreas de exploração agropecuária)

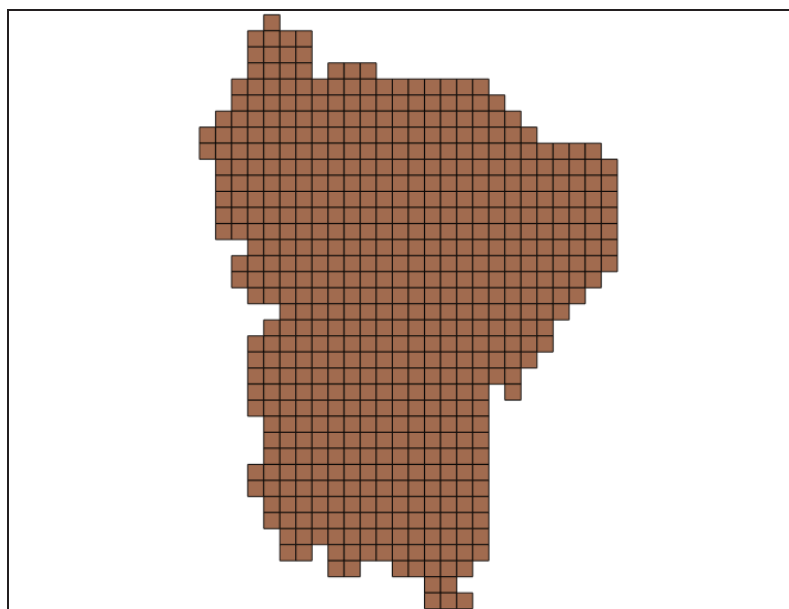


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados obtidos pelo MAPBIOMAS

A estratégia de identificação utilizada para as equações 4.3 e 4.4 consiste em apurar variações nos percentuais de ocupação da área explorada por atividades agropecuárias ao longo de intervalos quinquenais predefinidos. Os intervalos correspondem a 1986 a 1990, 1991 a 1995, 1996 a 2000, 2001 a 2005, 2006 a 2010, e 2011 a 2015. A área objeto de estudo foi dividida em um Grid, baseado na camada de dados de Willmott e Matsuura, e cada uma dessas subdivisões

corresponde a um elemento da amostra dentro do qual foram identificadas variações no percentual de cobertura. Este grid permaneceu o mesmo ao longo dos intervalos e as áreas amostradas foram as mesmas. O resultado pode ser observado na figura 4.4.

Figura 4.4 (Grid utilizado para as equações 4.3 e 4.4)



Fonte: Elaboração própria do autor

4.1.3 Variação Pluviométrica

Foram utilizadas duas bases de dados contendo informações sobre os índices pluviométricos. Diferentemente dos dados utilizados por Zaveri, Russ e Damania (2018), a análise do efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola foi desenvolvida a partir do TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*). Originalmente, os autores fundamentaram sua pesquisa em Matsuura e Willmott (2001). Ambas informações estão disponíveis em domínio público. As informações produzidas por Matsuura e Willmott podem ser acessadas pelo *Global Precipitation Archive*, da Universidade de Delaware. Os dados disponibilizados pelo TRMM foram produzidos por um convênio entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a *Japanese Aerospace Exploration Agency* (JAXA). A validação dos dados do TRMM foi testada e confirmada por Wolff et al (2004).

O trabalho de Matsuura e Willmott possui o mérito de contemplar informações a respeito de precipitação terrestre datados a partir de 1900. Além disso, o trabalho produz informações aplicáveis a todas as latitudes e longitudes. A metodologia utilizada para geração dos dados é

consideravelmente diferente. Enquanto as informações constantes do TRMM foram processadas a partir de imagens obtidas via satélite, Matsuura e Willmott se baseiam em registros realizados em estações climatológicas. Com base nestes registros, os dados foram tratados pelo método de interpolação. Os autores identificam nestes históricos os registros de duplicidades, ausência de valores e valores exorbitantes, o que mereceu por parte destes um tratamento adicional visando manter a confiabilidade das informações. Por outro lado, outros aspectos técnicos levaram à opção pelos dados do TRMM.

A opção pelo uso dos dados do TRMM na pesquisa de Zaveri, Russ e Damania (2018) seria prejudicada pela sua abrangência. Os diferentes produtos que compõem o TRMM contemplam faixas limitadas de latitude. Os autores adotaram estratégias visando analisar regiões localizadas nas altas latitudes. Para o presente trabalho, o produto selecionado (3B43) abrange toda a área de estudo (área de atuação da SUDENE). Assim, o uso dos dados obtidos pelo TRMM não trouxe qualquer prejuízo à análise do efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola para esta pesquisa.

Outro aspecto que favorece a opção pelo TRMM está relacionado à escala em que as informações são geradas. Matsuura e Willmott trabalham com grid de 0,5 graus de latitude por 0,5 graus de longitude. Trata-se de uma medida de escala bastante conveniente, porém o uso dos dados do TRMM consegue superar esta medida de escala. O grid do produto 3B43 é de 0,25 graus de latitude por 0,25 graus de longitude. Com isso, foi adotado um banco de dados de melhor resolução.

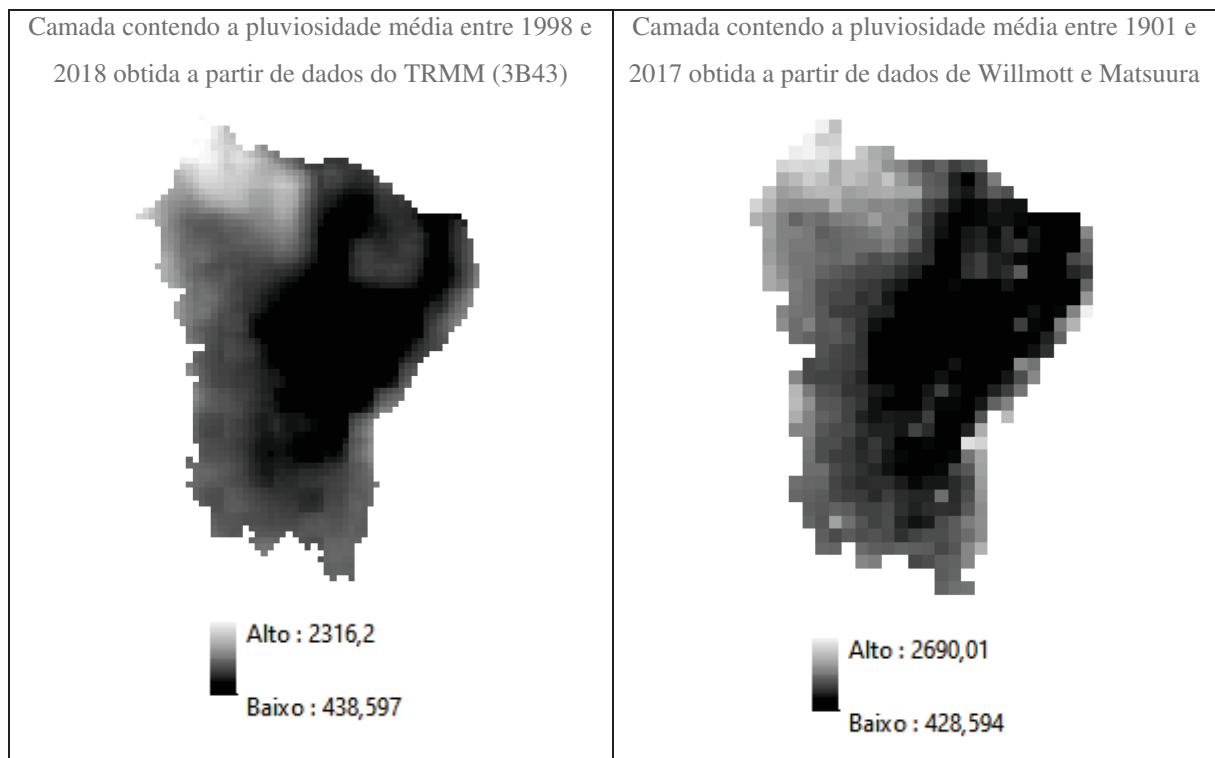
Para fins de análise do efeito da variação pluviométrica sobre a margem extensiva da produção agrícola, optou-se por preservar o uso dos dados publicados por Matsuura e Willmott. Tendo em vista a necessidade de contemplar uma série histórica de memória mais longa (neste trabalho foram contemplados dados iniciando-se em 1901) e mais espaçado, com intervalos decenais. Desta forma, foi possível obter uma estimação mais confiável em termos de pluviosidade média e de desvios padrão.

O efeito da pluviosidade sobre a margem extensiva da exploração agrícola é estimado a partir da ocorrência de estiagens, assim como foi feito por Zaveri, Russ e Damania (2018). A ocorrência de estiagens é identificada a partir da comparação do nível de chuvas observado para cada ano em relação à média de cada célula do grid. Uma vez que o nível de chuvas observado

seja inferior à média ao longo do período descontado o desvio padrão correspondente à célula, fica caracterizada a ocorrência de uma estiagem. Para fins de definição das médias, foram computados os dados obtidos entre os anos de 1901 e 2017. A cada 10 anos foram computados a quantidade de estiagens por grid. Assim, o número de períodos de estiagens sucessivas varia de 0 a 10. Diferentemente da proposta de Zaveri, Russ e Damania (2018), porém, não foram computados os efeitos de chuvas superiores ao desvio padrão no período.

A figura 4.5 abaixo permite comparar ambas camadas. Como pode ser percebido, embora as metodologias utilizadas para obtenção dos dados sejam diferentes, existe uma grande correlação entre ambos.

Figura 4.5 (Camadas referentes a dados pluviométricos)



Fonte: Elaboração própria

4.1.4 Presença de Reservatórios de Água

A pesquisa considera ainda o efeito da presença de reservatórios artificiais com base nos dados publicados pelo *Socioeconomic Data and Applications Center* (SEDAC). Os dados contemplados na pesquisa correspondem ao banco de dados *Global Reservoir and Dam* (GRanD), produzido pelo *Global Water System Project* (GWSP). As informações utilizadas no

projeto foram obtidas mediante o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de coleta e validação de registros prévios efetuados por demais instituições envolvidas com a pesquisa sobre a disponibilidade de recursos hídricos.

O conceito utilizado pela equipe do GWSP para fins de caracterização de reservatórios (*reservoirs*) diverge daquele correspondente às barragens (*dams*). É possível ocorrer a presença de reservatórios naturais, como no caso de recursos hídricos acumulados em depressões naturais, ou de barragens que não acumulam água, como no caso de usinas que apenas utilizam a corrente dos rios para gerar energia sem represar água. O banco de dados *GRanD* é composto, então, por dois produtos distintos, sendo um referente à presença de reservatórios (polígonos), e outro referente à presença de barragens (pontos).

A pesquisa publicada por Zaveri, Russ e Damania (2018) considera ainda a localização das barragens. A camada de dados referente às barragens incorpora um efeito econômico relevante no que diz respeito à disponibilidade de recursos hídricos. O conceito de barragens utilizado para a geração do Banco de Dados perpassa necessariamente a construção de infraestrutura, que pode ser utilizada para diversas finalidades. O banco de dados de barragens permite a classificação dos diversos usos destas estruturas. Uma destas classificações permite filtrar dentre os 6.862 apenas aqueles que foram construídos com função primordial ou secundária a irrigação (2.180). Apesar de agregar um filtro relevante para fins de modelagem econométrica, este detalhe incorpora um prejuízo em termos de avaliação de políticas públicas de segurança hídrica. Apenas 6 barragens localizadas na região objeto do estudo estão contempladas na listagem (Araras, Arrojado Lisboa, Orós, Poço da Cruz, Itaparica, Sobradinho e Pedra). A amostra dos reservatórios estaria sujeita a micronumerosidade, e por este motivo optou-se por utilizar uma fonte alternativa de dados.

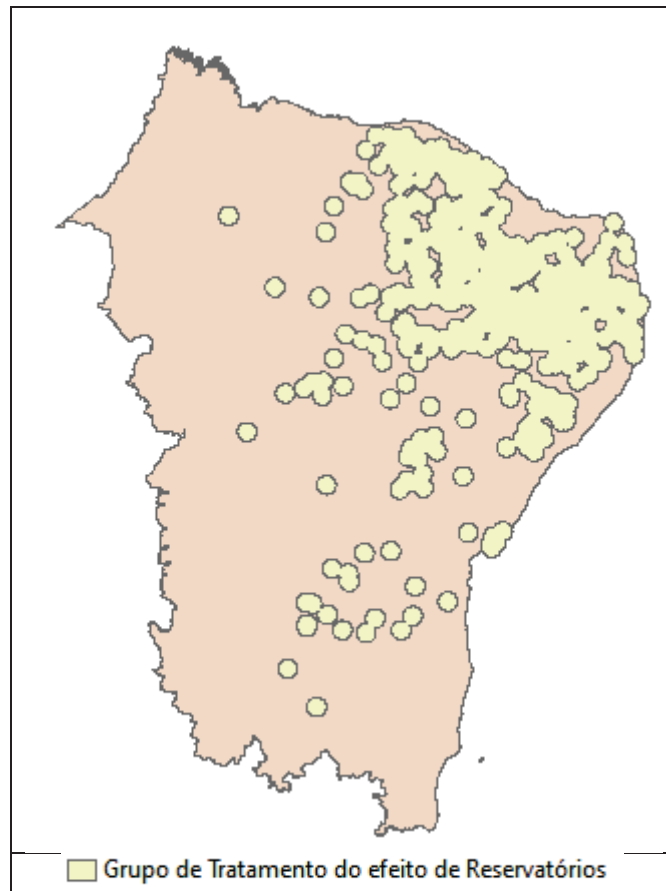
Foram utilizados em substituição à base de dados do *GRanD* dados obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Com base nos dados do *shapefile* “Volume Armazenado dos Reservatórios: Fim de 2015” foram identificadas as coordenadas de barragens e açudes monitorados pela ANA no ano de 2015. Encontram-se neste rol reservatórios naturais e artificiais utilizados com diversas finalidades principais (geração de energia, abastecimento humano, controle de vazão, combate às secas, dessedentação animal, aquicultura e irrigação). Os atributos do *shapefile* não

permitem identificar o ano de construção dos reservatórios. Estão contemplados nesta camada reservatórios integrantes dos sistemas Nordeste e Semiárido e do Sistema Interligado Nacional.

Em Zaveri, Russ e Damania (2018), foi utilizada a função *buffer* para captar os efeitos espaciais da presença de reservatórios. Esta pesquisa aponta uma vacância na literatura acadêmica no que diz respeito à extensão geográfica destes efeitos espaciais. Foi adotada como referência uma distância de 25 quilômetros de raio centralizado no ponto onde se localiza o reservatório. Seria natural estimarmos efeitos espaciais considerando uma área de raio menor, dado que estamos considerando reservatórios cuja capacidade de armazenamento é potencialmente menor. No entanto, para evitar o risco de adotar um critério incompatível com a realidade das áreas objeto de estudo de forma discricionária foi adotada a mesma referência utilizada pelos autores acima citados.

Por fim, os autores consideraram áreas sob efeito dos reservatórios aquelas localizadas a jusante dos cursos dos rios de onde é captada a água. Para tanto, cruzaram as informações da área compreendida pelo *buffer* com dados de altimetria. Parte-se do pressuposto de que o uso da água na exploração de atividades rurais envolve a adoção de técnicas de captação por gravidade dos mananciais. Este tratamento foi possível no uso da base de dados *GRanD*, cuja dispersão geográfica é maior. No entanto, dada a proximidade dos reservatórios identificados através da base do SNIRH, muitos dos quais distribuídos espacialmente a uma distância inferior a 25 km, a identificação da área a jusante de um reservatório se confunde com a área a montante de um ou mais reservatórios em várias situações. Assim, para a presente pesquisa este procedimento não foi realizado. O resultado pode ser identificado a partir da figura 4.6 abaixo.

Figura 4.6 (Áreas sob efeito de reservatórios)

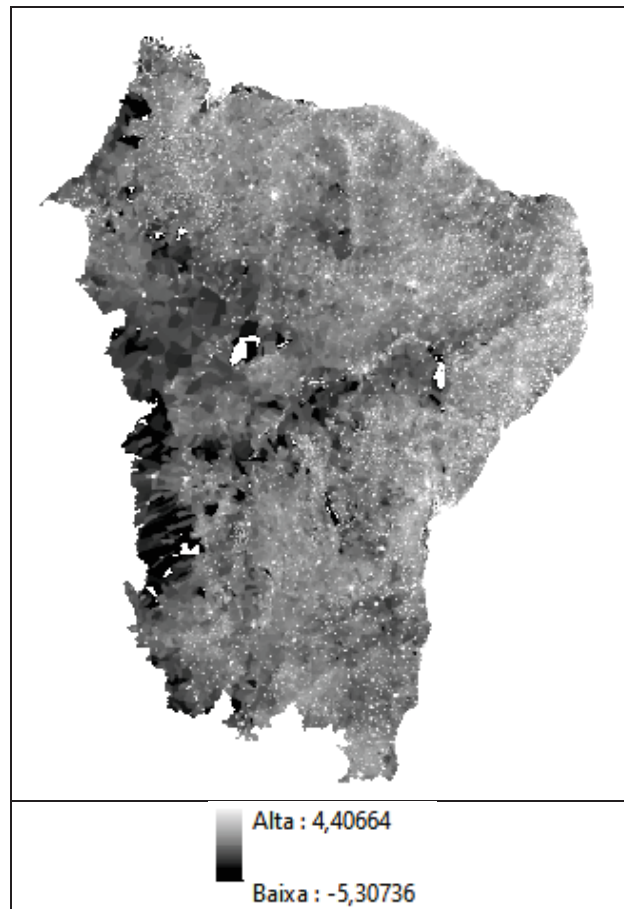


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNIRH

4.1.5 Dados Socioeconômicos

O primeiro banco de dados socioeconômicos diz respeito à densidade demográfica. Os dados referentes à densidade populacional publicados pelo SEDAC CIESIN contemplam séries quinquenais. As estimativas foram geradas através do cruzamento de informações de imagens provenientes de sensoriamento remoto com dados censitários oficiais. Foram utilizados dados das versões 3 (1990 e 1995) e 4 (2000, 2005, 2010 e 2015). As camadas possuem resolução de 2,5 minutos na versão 3 (4,93 quilômetros na linha do equador) e de 30 segundos na versão 4 (0,93 quilômetro na linha do equador). Em todas as equações, a informação corresponde a um ponto predeterminado. No caso das equações 4.1 e 4.2, em que foi gerado um mapa de pontos, esta informação corresponde à coordenada geográfica analisada. No caso das equações 4.3 e 4.4 ao centroide de cada polígono do grid.

Figura 4.7 (Densidade populacional medida em log para o ano de 2015)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SEDAC/CIESIN

Quanto à renda, optou-se pela utilização da classificação estabelecida pela Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), Portaria MI nº 34 de 18/01/2018. Logo, os municípios são caracterizados como sendo de baixa renda, média renda e alta renda.

As tabelas 4.1 e 4.2 abaixo sintetizam os dados utilizados para a realização das regressões.

Tabela 4.1 - Variáveis utilizadas nas Equações 4.1 e 4.2

Variável	Definição	Fonte	Ano
Npp	Proxy para a produtividade agrícola	NASA (dados tratados pelo LAPIG/UFG)	2000 a 2013
Prec ⁻ / Prec ⁺	Dummy para ocorrência de índices pluviométricos abaixo/acima de um desvio padrão da série histórica (TRMM)	NASA / JAXA	1998 a 2019
logGPW	Indicador de densidade demográfica	NASA	2000 a 2010
Renda ⁻ / Renda ⁺	Dummy para classificação da renda no município (PRDN)	MI	2018
Semiárido	Dummy para identificação de municípios do semiárido	SUDENE	2017
SNIRH	Buffer para identificação de áreas de influência de reservatórios	ANA (SNIRH)	2015

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.2 - Variáveis utilizadas nas Equações 4.3 e 4.4

Variável	Definição	Fonte	Ano
Δ LULUC	Variação percentual da área explorada com atividades agropecuárias	MAPBIOMAS	1986 a 2015
Prec ⁻	Número de ocorrências estiagens (índices pluviométricos abaixo/acima de um desvio padrão da série histórica) nos últimos 10 anos (Willmott e Matsuura)	Willmott e Matsuura	1991 a 2017
logGPW	Indicador de densidade demográfica	NASA	1990 a 2015
Renda ⁻ / Renda ⁺	Dummy para classificação da renda no município (PRDN)	MI	2018
Semiárido	Dummy para identificação de municípios do semiárido	SUDENE	2017
SNIRH	Buffer para identificação de áreas de influência de reservatórios	ANA (SNIRH)	2015

Fonte: Elaboração própria

4.2 METODOLOGIA ECONOMÉTRICA

Foram estimadas 4 equações econométricas, apresentadas a seguir, e a saber: (4.1), (4.2), (4.3) e (4.4). As estimações foram feitas utilizando o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários, (MQO) uma vez que as variáveis de precipitação são exógenas e com poucas implicações sobre a endogeneidade dos parâmetros.

4.2.1 Efeito da Variação Pluviométrica sobre a Margem Intensiva

A primeira e a terceira equações propostas por Zaveri, Russ e Damania (2018) medem o efeito das variáveis independentes sobre o nível de produtividade agrícola. A produtividade agrícola foi medida através dos dados de NPP. Para cada ano foram utilizados os indicadores apurados conforme descrição da sessão 4.1.1 apenas sobre as áreas identificadas como exploração agropecuária na forma descrita na sessão 4.1.2. O indicador de produtividade primária líquida (NPP) é a variável dependente de ambas equações. Esta variável varia livremente. Cabe chamar a atenção para o fato de que as variações sobre os indicadores trazem informações que dizem respeito à própria coordenada geográfica e em comparação com a média apurada entre os períodos de 2000 a 2013.

Três variáveis contemplam os aspectos ambientais. O efeito da variação pluviométrica ($PREC^-$ e $PREC^+$) foi captado com base nos dados de TRMM descritos na sessão 4.1.3. Os valores não nulos indicam a ocorrência de chuvas acima ou abaixo do desvio padrão no respectivo ano para cada ponto de exploração agrícola. A identificação das áreas de semiárido (SEMIÁRIDO) foi feita com base na Resolução n° 107/2017 da SUDENE, conforme mencionado na sessão 3.1. Todas estas três são variáveis *dummy*.

As demais variáveis são de natureza socioeconômica. O efeito da densidade populacional ($LOGGPW$) varia livremente com . Foram geradas variáveis *dummy* visando capturar o efeito do enquadramento do município na categoria baixa renda ($RENDA^-$) e alta renda ($RENDA^+$). A forma como foram computados os dados destas variáveis consta da sessão 4.1.5. A última variável diz respeito à presença de reservatórios (SNIRH). Aqui, esta é contemplada apenas para a equação (4.2) na análise sobre a margem intensiva. Por meio destas variáveis, pode-se obter informações primárias sobre a dinâmica socioeconômica, sobre a correlação entre os

padrões de agregação dos níveis de renda vigentes e a produtividade agrícola e sobre a efetividade das políticas de instalação de infraestrutura vigentes.

$$Npp = \alpha_1 + \alpha_2 Prec + \alpha_3 Prec^+ + \alpha_4 \log GPW + \alpha_5 Renda^- + \alpha_6 Renda^+ + \alpha_7 Semiárido \quad (4.1)$$

$$Npp = \alpha_1 + \alpha_2 Prec + \alpha_3 Prec^+ + \alpha_4 \log GPW + \alpha_5 Renda^- + \alpha_6 Renda^+ + \alpha_7 Semiárido + \alpha_8 SNIRH \quad (4.2)$$

O modelo incorpora ainda a análise de efeitos fixos por ano. O erro de multicolinearidade decorrente da incorporação dos efeitos fixos por ano foi tratado excluindo o primeiro período estudado. No caso das equações (4.1) e (4.2) foi suprimido do modelo o ano 2000.

Diferentemente do que foi realizado com as equações (4.3) e (4.4), nas equações (4.1) e (4.2) os mapas captam a informações obtidas de pontos. Como as áreas de exploração agrícola variavam de ano para ano, foram feitas estimações apenas utilizando os métodos MQO. Tendo em vista tratarem-se de mapas com escalas distintas, foi necessário definir qual das camadas seria a base a partir da qual seriam agregados os dados. Foi utilizada a camada TRMM como base a partir da qual foram agregadas as informações. Cada ponto da unidade amostral identificada como área de exploração agrícola foi contemplado nos testes.

4.2.2 Efeito da Variação Pluviométrica sobre a Margem Extensiva

A segunda e a quarta equações propostas por Zaveri, Russ e Damania (2018), por sua vez, medem o efeito das variáveis independentes sobre a dinâmica da ocupação do solo. Os autores buscaram analisar de que forma a variação pluviométrica se refletiu em expansão ou abandono de áreas cultivadas. Para tanto, o indicador da variável dependente aqui denominada LULUC (*Land Use and Land Use Change*) se traduz na variação percentual da área cultivada anualmente. Diferentemente do procedimento realizado para as equações (4.1) e (4.2), baseado em um mapa de pontos cuja presença no modelo dependia do padrão de uso do solo, no caso das equações (4.3) e (4.4) a estimação foi feita a partir de um mapa de polígonos em que todos

os elementos foram analisados em todos os períodos. Conforme tratado na sessão 4.1.2, foram estabelecidos 6 períodos de análise.

Foram mantidas as metodologias para estimação das variáveis densidade populacional (LOGGPW), enquadramento do município conforme a renda (RENDA⁻ ou RENDA⁺), localização dentro ou fora do Semiárido (SEMIÁRIDO) e presença de reservatório de água (SNIRH). A principal diferença entre as variáveis explicativas nas equações (4.1) e (4.2) em relação às equações (4.3) e (4.4) reside na captação do efeito da variação pluviométrica. Foi feita a opção por utilizar dados de Willmott e Matsuura (PREC⁻), conforme descrito na sessão anterior. Diferentemente do procedimento adotado por Zaveri, Russ e Damania (2018), foram incorporadas na presente pesquisa apenas a quantidade de ocorrências de estiagens nos últimos 10 anos. A formalização da equação segue transcrita abaixo.

$$\Delta LULUC = \alpha_1 + \alpha_2 \text{Semiárido} + \alpha_3 \text{Renda}^- + \alpha_4 \text{Renda}^+ + \alpha_5 \log GPW + \alpha_6 \text{Prec} \quad (4.3)$$

$$\Delta LULUC = \alpha_1 + \alpha_2 \text{Semiárido} + \alpha_3 \text{Renda}^- + \alpha_4 \text{Renda}^+ + \alpha_5 \log GPW + \alpha_6 \text{Prec} + \alpha_7 \text{SNIRH} \quad (4.4)$$

5 RESULTADOS

Os resultados da presente pesquisa confirmam os aqueles encontrados na literatura utilizada como base. A existência de resultados divergentes se deve a um conjunto de circunstâncias de ordem geográfica e metodológica.

5.1 EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A PRODUTIVIDADE

As tabelas 5.1 e 5.2 contemplam o resultado da análise do efeito da variação pluviométrica sobre a produtividade agropecuária. Os testes revelam resultados que devem ser interpretados com cautela. Por este motivo, além das equações replicadas originalmente (Tabela 5.1) foi proposta estimativa adicional (Tabela 5.2) buscando compreender melhor os resultados obtidos.

Tabela 5.1 – Resultados das Equações 4.1 e 4.2

VARIÁVEIS	5.1	5.2	5.3	5.4
	Equação 4.1 com efeitos fixos por ano	Equação 4.1 sem efeitos fixos por ano	Equação 4.2 com efeitos fixos por ano	Equação 4.2 sem efeitos fixos por ano
PREC-	-0.0469*** (0.00336)	-0.0971*** (0.00286)	-0.0478*** (0.00336)	-0.0974*** (0.00286)
PREC+	0.0403*** (0.00231)	0.0629*** (0.00225)	0.0402*** (0.00230)	0.0628*** (0.00225)
LOGGPW	0.000965 (0.00104)	-0.000834 (0.00117)	0.00197* (0.00106)	-9.08e-05 (0.00119)
SEMIARIDO	-0.00862*** (0.00174)	-0.00907*** (0.00196)	-0.00500*** (0.00186)	-0.00636*** (0.00209)
RENDA+	0.00260 (0.00824)	-0.00192 (0.00928)	0.00601 (0.00825)	0.000613 (0.00930)
RENDA-	0.00355* (0.00197)	0.000491 (0.00221)	0.00431** (0.00197)	0.00100 (0.00221)
2001	-0.104*** (0.00471)		-0.105*** (0.00471)	
2002	-0.0869*** (0.00460)		-0.0880*** (0.00460)	
2003	-0.142*** (0.00477)		-0.143*** (0.00477)	
2004	-0.0770*** (0.00447)		-0.0779*** (0.00447)	
2005	-0.115*** (0.00450)		-0.116*** (0.00450)	
2006	-0.0956*** (0.00452)		-0.0965*** (0.00452)	
2007	-0.113*** (0.00475)		-0.114*** (0.00475)	
2008	-0.0415*** (0.00463)		-0.0424*** (0.00463)	
2009	-0.0269*** (0.00446)		-0.0279*** (0.00445)	
2010	-0.0172*** (0.00463)		-0.0176*** (0.00462)	
2011	-0.000505 (0.00446)		-0.00101 (0.00445)	
2012	-0.147*** (0.00548)		-0.147*** (0.00547)	
2013	-0.0984*** (0.00457)		-0.0989*** (0.00456)	
SNIRH			-0.0113*** (0.00209)	-0.00852*** (0.00235)
Constante	0.0769*** (0.00378)	0.00458** (0.00207)	0.0772*** (0.00377)	0.00424** (0.00207)
Observações	10,399	10,399	10,399	10,399
R-quadrado	0.358	0.184	0.360	0.185

Erros padrão em parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração do autor

O primeiro ponto a ser considerado diz respeito ao efeito da densidade demográfica (LOGGPW) sobre indicadores de produtividade agropecuária. Assim como pode ser observado em Zaveri, Russ e Damania (2018), foi identificada uma correlação positiva entre a densidade demográfica e os indicadores de produtividade agrícola. No entanto, apenas no caso da Coluna 5.3 (Equação 4.2 com efeitos fixos por ano), que apresenta o resultado da regressão incorporando efeitos fixos por ano, foi identificada significância estatística superior a 90% para este efeito. Chama a atenção o baixo nível de significância desta variável levando-se em consideração o fato de que a Região Nordeste foi uma das primeiras a serem colonizadas no país. Neste sentido, pode-se questionar a ocorrência de mudanças representativas no padrão do uso do solo nas grandes cidades. Deve-se considerar o fato de que o percentual de urbanização da região é inferior à média brasileira. A parcela da população residente na zona rural é ainda bastante expressiva, sendo que muitas destas propriedades caracterizam-se como minifúndios. Conforme o inciso III do artigo 1º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. A região de fato passou por períodos de estiagem bastante severos durante o intervalo analisado. Esta hipótese de indisponibilidade de recursos hídricos para irrigação em momentos de crise hídrica suscita uma investigação específica.

A classificação dos municípios conforme o critério da Renda conforme o PNDR também apresentou resultados pouco significativos estatisticamente. A rigor, os resultados trazem inclusive algumas contradições. No caso da Equação 4.1 o efeito da classificação do município como sendo de Baixa Renda é superior ao efeito da classificação do município como sendo de Alta Renda. Um aspecto que chama a atenção em relação a esta variável diz respeito a sua dispersão geográfica. A maior parte dos municípios classificados como sendo de Alta Renda localizam-se em regiões metropolitanas. Já os municípios identificados como Baixa Renda não seguem um padrão de dispersão tão claro. A grande maioria dos pontos desta amostra não se encaixa em nenhuma destas duas classificações por estar caracterizados na faixa de Média Renda. No artigo replicado foi identificado que nos países classificados como sendo de Alta Renda os efeitos da variação climática foram nulos. Este resultado evidencia a capacidade de mobilizar recursos visando promover a resiliência e mitigação de riscos climáticos. Em uma escala subnacional estes resultados demonstraram-se menos relevantes. Uma causa possível é o nível de agregação, uma vez que a adoção de políticas públicas de gerenciamento do risco climático frequentemente perpassa a construção e gestão de infraestrutura de irrigação e de monitoramento climático cujas externalidades extrapolam os limites municipais, o orçamento

público contemplando estas políticas envolve majoritariamente recursos federais e estaduais. Podemos concluir que o critério de classificação estabelecido pela PNDR não nos permite inferir o efeito da renda sobre a produtividade agrícola.

O efeito do clima de semiárido por sua vez representa a primeira destas variáveis cujo efeito sobre a produtividade agropecuária é inequívoco. Conforme esperado, as regiões de semiárido foram as mais afetadas durante o período em estudo. Esta foi uma das contribuições mais importantes do estudo de Zaveri, Russ e Damania (2017). A ocorrência de estresse hídrico provocada por períodos de estiagem prolongada tende a afetar de forma mais significativa regiões de semiárido.

No caso da região do semiárido brasileiro, a ocupação deste território teve início com o processo de espraiamento ocorrido durante os primeiros séculos de colonização. Neste primeiro momento prevaleceram a exploração de atividades agropecuárias extensivas e extrativas vegetal e mineral. A exploração de atividades intensivas no uso do fator terra é limitada pelas condições climáticas. Estes resultados demandam maior atenção à luz do trabalho de Burke, Hsiang e Miguel (2015). Assim como ocorre em outros países, existe uma parcela expressiva da população vivendo com baixos níveis de renda e residindo em zonas rurais. Esta população é a mais vulnerável diante da ocorrência de estiagens.

As principais variáveis explicativas neste modelo, no entanto, dizem respeito ao efeito da variação pluviométrica. Como esperado, a ocorrência de variação pluviométrica negativa ($Prec^-$ conforme descrito na sessão 4.2), implica em um prejuízo ao indicador de produtividade primária líquida (NPP). O inverso ocorre diante da presença de um choque pluviométrico positivo ($Prec^+$ conforme descrito na sessão 4.2). Estes efeitos são estatisticamente significantes e eficientes em todos os modelos testados. Inicialmente, foram analisados os efeitos da variação pluviométrica sobre a variável dependente na presença de efeitos fixos por ano. Como pode ser observado nas tabelas 5.1 e 5.2, estas são as variáveis explicativas mais relevantes quando levamos em consideração apenas a estrutura das equações 4.1 e 4.2 apresentadas no capítulo anterior. Este resultado reforça o entendimento de que a região está bastante sujeita ao efeito da variação pluviométrica e responde fundamentalmente ao primeiro problema da pesquisa.

Os efeitos fixos por ano envolvem a ocorrência de uma série de elementos distintos. Dentre estes elementos podemos citar os fatores climáticos, a execução do plano safra, a ocorrência de

pragas e doenças bem como uma série de outros eventos não incluídos formalmente no modelo. Os resultados indicam que em vários destes anos os efeitos foram bastante relevantes. Quando realizada a regressão sem a inclusão de efeitos fixos, os efeitos da variação pluviométrica tornam-se substancialmente mais presentes. O que pudemos perceber desta forma é que os aspectos que envolvem fatores climáticos tendem a estar muito presentes nesta variável.

Cabe aqui analisar os resultados obtidos nesta pesquisa em comparação com os resultados da Tabela 5A de Zaveri, Russ e Damania (2018). Naquela tabela, o efeito da variação pluviométrica é estatisticamente significativo independentemente do nível de renda do país. Além disso, ocorre preponderância dos efeitos da variação pluviométrica sobre a variação na temperatura. A consistência dos efeitos da temperatura foi afetada quando desagregada a amostra conforme classificação de renda dos países. Desta forma, apesar de não considerar os efeitos das mudanças de temperatura na presente pesquisa, pode-se concluir pela confirmação dos resultados encontrados por Zaveri, Russ e Damania (2018) no que diz respeito aos efeitos da variação pluviométrica sobre a produtividade agrícola.

O efeito da presença de reservatórios precisa ser destacado. Os resultados convergem parcialmente com os resultados da Tabela 7 do trabalho de Zaveri, Russ e Damania (2018). Naquela tabela, o tratamento decorrente da presença de reservatórios a montante mostrou-se condicionado à renda do país onde se localiza a amostra. Foi identificado efeito positivo no caso de países de média renda. Os resultados obtidos na presente pesquisa sinalizam por outro lado uma realidade característica de países de baixa renda. A rigor, existem diferenças entre a maneira em que foram obtidos os dados nestas regressões. Conforme tratado no capítulo 4, não foram controladas as características do relevo e do tipo de solo, bem como efeitos fixos por países e outras variáveis presumivelmente ortogonais. Por outro lado, o trabalho de Zaveri, Russ e Damania (2018) reforça o entendimento de que esta variável pode influenciar nos resultados a depender das características da amostra.

Diante destes resultados, foi executada uma adicional regressão não prevista no artigo original (Tabela 5.2). Foi feito teste utilizando o modelo da Equação 4.1 apenas sobre a área de influência dos reservatórios. No caso da Tabela 5.2 não constam as variáveis $Renda^-$ e $Renda^+$. Não foram identificadas mudanças relevantes nos efeitos da variação pluviométrica, o que tende a confirmar a robustez dos dados obtidos na Equação 4.2. Por outro lado, é pertinente questionar a hipótese de viés de seleção sobre estas áreas considerando que a construção de reservatórios

pode ter sido decidida levando-se em consideração as necessidades de consumo humano e dessedentação animal em regiões mais vulneráveis a estiagens.

Tabela 5.2 – Resultados da Equação 4.1 sobre áreas próximas a Reservatórios

5.5	
VARIÁVEIS	Equação 4.1 com efeitos fixos por ano na área de influência de reservatórios
PREC-	-0.0440*** (0.00761)
PREC+	0.0479*** (0.00544)
LOGGPW	0.00300 (0.00259)
SEMIARIDO	-0.0116*** (0.00379)
ALTA_RENDA	-0.138*** (0.0115)
BAIXA_RENDA	-0.107*** (0.0113)
2001	-0.168*** (0.0115)
2002	-0.125*** (0.0111)
2003	-0.175*** (0.0111)
2004	-0.135*** (0.0112)
2005	-0.161*** (0.0114)
2006	-0.0542*** (0.0113)
2007	-0.0607*** (0.0109)
2008	-0.0379*** (0.0121)
2009	-0.0130 (0.0116)
2010	-0.184*** (0.0140)
2011	-0.0749*** (0.0119)
2012	0.106*** (0.00981)
2013	-0.0749*** (0.0119)
Constante	0.106*** (0.00981)
Observações	2,480
R-quadrado	0.361

Erros padrão em parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração do autor

5.2 EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE OS PADRÕES DE USO DO SOLO

A tabela 5.3 foi obtida mediante o uso do método MQO, aplicado às equações 4.3 e 4.4. Assim como foi observado com as equações 4.1 e 4.2, as variáveis relacionadas à densidade populacional e à renda possuem pouco poder explicativo. As demais variáveis explicativas também apresentam resultados consistentes em todas as tabelas e demandam uma análise mais detida.

Tabela 5.3 – Resultados das Equações 4.3 e 4.4

VARIÁVEIS	5.6	5.7
	Equação 4.3	Equação 4.4
SEMIARIDO	-0.00729*** (0.00130)	-0.00710*** (0.00131)
ALTA_RENDA	-0.00444 (0.00506)	-0.00412 (0.00507)
BAIXA_RENDA	0.00197 (0.00137)	0.00199 (0.00137)
PREC-	0.00162*** (0.000500)	0.00158*** (0.000502)
LOGGPW	-4.05e-07 (8.67e-07)	-3.88e-07 (8.67e-07)
Constante	0.0151*** (0.00147)	0.0152*** (0.00147)
SNIRH		-0.00359 (0.00323)
Observações	3,528	3,528
R-quadrado	0.014	0.014

Erros padrão em parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração do autor

A tendência de expansão agrícola em todas as tabelas pode ser identificada a partir do indicador do parâmetro de intercepto. Este último indicador apresenta tendência positiva em todas as estimações e representa a variável explicativa de maior significância estatística. O resultado desta variável decorre de um processo natural de crescimento na quantidade demandada por produtos agropecuários. Esta tendência é apontada inclusive por Borlaug (2000) e torna relevante o debate sobre os limites e impactos da expansão das atividades agropecuárias.

Nas áreas de semiárido, por outro lado, esta expansão ocorre de forma mais contida. Em todas as regressões testadas esta variável apresenta um indicador estatisticamente significativo e

negativo. A magnitude deste indicador, por outro lado, é inferior à do parâmetro de intercepto. Esta informação permite inferir que o processo de expansão agrícola pode ser percebido também nestas regiões. É razoável presumir que estas áreas sejam preteridas em função de suas condições climáticas, não obstante o efeito de condicionantes socioeconômicas. Esta variável se sobrepõe ao efeito da ocorrência de estiagens em todas as regressões testadas.

A variável *PREC* apresenta significância estatística em todos os cenários testados. Em todos os casos esta variável está diretamente correlacionada com a expansão das atividades agropecuárias. A interpretação proposta pelos autores é a de que este efeito confirma a Hipótese Borlaug. Os resultados obtidos nesta pesquisa são condizentes com aqueles obtidos por Zaveri, Russ e Damania (2017). O que deve ser ponderado nesta interpretação é se este efeito de expansão agrícola diante da ocorrência de estiagens não estaria mais próximo de confirmar a Hipótese *Safety First* de Roy. Deve-se ponderar se os produtores menos capitalizados podem estar optando por cultivar em solos menos explorados ao invés de investir na intensificação de suas atividades. Estes resultados constituem o elemento mais relevante no que diz respeito ao segundo problema da pesquisa, traduzido no efeito da variação pluviométrica sobre os padrões de uso do solo.

Dentre as variáveis integrantes do modelo, é possível propor que o efeito do aumento de produtividade tenderia em tese a estar mais correlacionado com a proximidade de reservatórios. Borlaug (2000) cita o efeito da irrigação como um dos elementos mais relevantes no aumento da produtividade agrícola em países asiáticos. Logo, formas de incremento da produtividade agrícola citados por Borlaug, como a mecanização agrícola e o melhoramento genético não estão diretamente presentes nos modelos testados. Assim, o efeito da presença de reservatórios tende a ser aquele que mais se aproxima de um diferencial relacionado à produtividade agrícola.

A proximidade a reservatórios não foi identificada como uma variável estatisticamente significativa nesta pesquisa. Este resultado converge com o resultado registrado por Zaveri, Russ e Damania (2018) na Tabela 2. É possível que no momento da construção destes reservatórios estes efeitos tivessem sido mais presentes. Como não estão disponíveis na base de dados as datas em que entraram em operação referidos reservatórios, não podemos associar a esta variável um choque sobre a variável dependente. A região analisada apresenta um número expressivo de reservatórios integrantes da base de dados que foram construídos muito antes do período em estudo. É pertinente ressaltar que os próprios autores apontam a necessidade de

estudos mais aprofundados sobre a estimação correta da área de influência dos reservatórios, o que não faz parte do escopo da presente pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região geográfica selecionada (área/SUDENE) está sujeita a uma série condicionantes climáticas e a uma dinâmica econômica diretamente relacionadas com os elementos chave abordados em *Drenched Fields and Parched Farms*. Adicionalmente, esta mesma região foi severamente afetada por períodos de estiagens prolongadas que prejudicaram em especial as populações mais vulneráveis e dependentes de atividades rurais. A emergência e pertinência desta discussão devem nos acompanhar durante as próximas décadas. Apesar da necessidade de adaptação na base de dados e na modelagem, a convergência dos resultados permite entender que a pesquisa foi conduzida em alinhamento com o trabalho de Zaveri, Russ e Damania (2018) e com a literatura de suporte nesta agenda de pesquisa.

A percepção sobre os resultados alcançados levanta novas questões a serem investigadas. A proposição de um modelo mais completo e refinado dependeria de um conjunto de outras pesquisas correlacionadas, mas que extrapolam o objetivo deste trabalho. Uma destas questões diz respeito à identificação da área de influência dos reservatórios, que pode seguir uma modelagem específica. Conforme identificado pelos autores, a efetividade dos reservatórios é afetada pelo nível de renda do país. É possível associar o nível de renda a outros fatores diretamente mais ligados ao nível de efetividade dos reservatórios, como a tecnologia e a disponibilidade de recursos capazes de otimizar a infraestrutura construída. No entanto, além da localização geográfica, o próprio tamanho do reservatório também pode vir a alterar a sua área de influência. Existe hoje um conjunto de informações geográficas que permite proceder com uma análise mais detida neste assunto.

Outro ponto que deve ser analisado é a ausência de variáveis explicativas que mereceriam estar contempladas no modelo. É razoável pressupor que a ocorrência de estiagens não afeta todos os produtores rurais da mesma maneira. A disponibilidade de infraestrutura destinada à adaptação e mitigação a efeitos climáticos adversos, que não se limitam à proximidade de reservatórios, tende a segregar os produtores rurais em categorias distintas.

Também deve ser observado que a expansão das fronteiras agrícolas decorre não apenas de efeitos associados à variação pluviométrica e do aumento na demanda por produtos agropecuários. Este processo é fruto também de uma dinâmica natural do processo de acumulação capitalista. A ampliação no uso do fator terra e dos recursos naturais a ela

associados podem ser explicados pela busca de um emprego mais eficiente do capital acumulado pelos produtores rurais visando rendimentos constantes de escala. O trabalho de Gasques et al (2012) aponta as alterações nas características dos fatores de produção e a disponibilidade de crédito como responsáveis diretos pela evolução dos indicadores de produtividade agrícola no Brasil, fechando este ciclo.

Da pesquisa de Helfand, Magalhães e Rada (2015), a identificação de restrição orçamentária às políticas de assistência técnica e extensão rural e sua relação com a produtividade deve ser estudada como um efeito em sentido contrário. É pertinente questionar em que medida produtores rurais que não dispõem de corpo técnico em sua propriedade são prejudicados pela ausência desta política pública. Neste sentido, é oportuno analisar o efeito do decaimento desta sobre o abandono de áreas exploradas por meio de atividades agropecuárias.

É razoável presumir que a variação na produtividade agrícola possa ajudar a explicar a expansão agrícola. Embora esta ideia estivesse latente em ambas hipóteses, a produtividade agrícola não fez parte das equações 2 e 4 do artigo de Zaveri, Russ e Damania (2018). Como o objetivo deste trabalho não avançou no sentido de agregar novas variáveis explicativas, o que demandaria estipular de que forma a variável deve ser incorporada ao modelo, esta representa outra vertente aberta nesta pesquisa.

A literatura pesquisada sinaliza ainda outros pontos que demandam um estudo mais aprofundado. Os trabalhos de Angelsen e Delacote apontam ainda para a necessidade de investigar o efeito da oscilação de preços de produtos provenientes de atividades extrativistas sobre a viabilidade econômica desta forma de uso do solo. A inexistência de um mecanismo de seguro efetivamente acessível a todos os produtores na área objeto de pesquisa também ajuda a explicar os resultados encontrados. As pesquisas realizadas por Hertel visando identificar o efeito de choques de demanda sobre regiões produtoras também levanta um efeito que deve ser levado em consideração. A diversidade de metodologias de análise, por outro lado, torna a formulação de uma modelagem considerando todos estes aspectos bastante complexa.

Em relação ao indicador de produtividade agrícola (NPP), é necessário analisar em que medida a sua aferição no formato proposto corresponde à realidade observada. Regiões de Cerrado e de Floresta Amazônica foram objeto de massiva transição ao longo do período estudado. Não se pode dizer, com base na variável adotada, que estas regiões são mais produtivas que aquelas

onde são praticadas atividades agroflorestais na região da Mata Atlântica. Trata-se de um indicador que pode mostrar-se controverso. Se comparamos a produção de grãos do cerrado com a produção de cacau sombreado por mata nativa, por exemplo, estamos adotando um denominador comum baseado no nível de absorção de carbono que pode não se traduzir em aumento de produtividade, efetivamente. É possível alcançar níveis de produtividade bem referenciados com ambas tecnologias, mas é arriscado estabelecer um parâmetro comum. Por outro lado, existe um conjunto de externalidades que devem ser mensurados com a transição do uso do solo.

É necessário, por fim, registrar uma observação feita pelos autores e que se aplica bem ao caso da área objeto do estudo. Em muitas das áreas de semiárido onde a proximidade de reservatórios é aproveitada para fins de exploração de atividades agrícolas em regime de irrigação desenvolvem-se culturas intensivas no uso de água. Dito de outra forma, extraem-se recursos hídricos escassos para produzir mercadorias que não necessariamente serão consumidas localmente. O risco de abastecimento de água nestas regiões em um momento futuro pode vir a inviabilizar não apenas a exploração de atividades agrícolas mas também o próprio consumo humano e o funcionamento das demais atividades produtivas. Foram identificadas nesta pesquisa iniciativas voltadas ao abastecimento de água através de fontes alternativas, como a dessalinização de água do mar para uso industrial e urbano e novos modelos de gestão dos recursos hídricos na agricultura irrigada. Estas podem ser soluções necessárias visando conciliar as necessidades de produtores rurais e demais consumidores.

A implementação de novas tecnologias de sensoriamento remoto poderá subsidiar uma análise mais acurada no futuro no que diz respeito à eficiência e minimização dos riscos relacionados ao desabastecimento de água. A emergência deste debate deverá demandar, porém, um instrumental complementar de tratamento de dados. Os dados produzidos nesta pesquisa, no entanto já sinalizam um processo em andamento e a necessidade novos encaminhamentos tendo esta pesquisa como ponto de partida.

REFERÊNCIAS

- ALDERMAN, H.; PAXSON, C. Do Poor Insure? Synthesis of the Literature on Risk and Consumption in Developing Countries. *In*: ATLINSON, Anthony (Ed.). **Economics in a Changing World**. Ed. St. Martin Press, 1994. Cap 3, p. 48 a 78. Disponível em: < https://rpd.princeton.edu/sites/rpd/files/media/do_the_poor_insure.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2020.
- ANGELSEN et al. **Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis**. Elsevier. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.006>>. Acesso em 15 de maio de 2019.
- AUFFHAMMER, M. et al. Using Weather Data and Climate Model Output in Economic Analyses of Climate Change. **National Bureau of Economic Research**. Cambridge, Massachusetts. Maio de 2013. Disponível em: < <https://www.nber.org/papers/w19087>>. Acesso em 01 de maio de 2020.
- BACCHI, M. **Reflexões Sobre Medidas De Produtividade E Alguns Resultados Para A Agropecuária Brasileira**. Disponível em <<https://www.cepea.org.br/br/opiniao-cepea/reflexoes-sobre-medidas-de-produtividade-e-alguns-resultados-para-a-agropecuaria-brasileira.aspx>> Acesso em 26/04/2020.
- BORLAUG, N. Feeding a Hungry World. **Science**. 19 de Outubro de 2007. Disponível em < <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1151062>> Acesso em 08 de junho de 2018.
- BORLAUG, N. The Green Revolution Revisited and The Road Ahead. *In*: Special 30th Anniversary Lecture. 8 de Setembro de 2000. The Norwegian Nobel Institute. **Atas[...]** Disponível em < <https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/borlaug/lecture/>> Acesso em 03 de Agosto de 2018.
- BRASIL. **Lei 7.827 de 27 de setembro de 1989**. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17827.htm>. Acesso em 26 de abril de 2020.
- BRASIL. **Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 07 de novembro de 2021.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório Final Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-Árido Nordestino e do Polígono das Secas**. Brasília, janeiro de 2005.
- BRASIL. Portaria MI nº 34 de 18 de janeiro de 2018. Atualiza a classificação das microrregiões segundo a tipologia do Política Nacional de Desenvolvimento Regional - PNDR, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 14, p. 1-74, 19 jan. 2018.

BURKE, M.; HSIANG, S. e MIGUEL, E. Global non-linear effect of temperature on economic production. **Nature**. Outubro de 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283293885_Global_non-linear_effect_of_temperature_on_economic_production/link/5695813f08aeab58a9a4f05e/download>. Acesso em 28 de outubro de 2021.

CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH (CGIAR). **Agricultural Technology, Global Land Use and Deforestation: A Review**. Disponível em <<https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/images/SPIAlandJune2011.pdf>> Acesso em 17 de junho de 2018.

DELACOTE, P. **Agricultural Expansion, Forest Products as Safety Nets, and Deforestation**. Research Gate. (2007) Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/4851257_Agricultural_expansion_forest_products_as_safety_nets_and_deforestation>. Acesso em 20 de maio de 2019.

GASQUES, J. et al. Productivity and structural transformation in Brazilian agriculture: analysis of Agricultural Census data. *In*: MARTHA JUNIOR, G.; FERREIRA FILHO, J. (Ed). **Brazilian agriculture development and changes**. Brasília: Embrapa, 2012

GHOLKAR, M. et. al. **Influence of Agricultural Developments on Net Primary Productivity (NPP) in the Semi-Arid Region of India: A Study Using Glopem Model**. Hyderabad, India: ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 2014. 8p.

GOMEZ-LIMON, J.; RIESGO, L. e ARRIAZA, M. Agricultural Risk Aversion Revisited: A Multicriteria Decision-Making Approach. *In*: CONGRESSO EAAE, 10. **Paper [...]** Zaragoza, Espanha 2002

HELFAND, S.; MAGALHÃES, M.; RADA, N. Brazil's Agricultural Total Factor Productivity Growth by Farm Size. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 2015, Milano, Italia. **Paper [...]**. Milano: ICAE, 2015.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS (IIASA) / FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Agro-ecological Zones (GAEZ v3.0)**. IIASA, Laxenburg, Austria e FAO, Roma, Itália, 2012.

JEHLE, A.; RENY, P. **Advanced Microeconomic Theory**. Essex: Pearson, 2011.

KARLAN, D. et al. Agricultural Decisions after Relaxing Credit and Risk Constraints. **National Bureau of Economic Research**. Cambridge, Massachusetts. Dezembro de 2013. Disponível em: <<https://www.nber.org/papers/w18463>>. Acesso em 05 de março de 2019.

LUDEÑA, C. **Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean**. Washington, D.C. (IDB working paper series; 186), 2010.

MAPBIOMAS. **MAPBIOMAS General "Handbook": Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 5. Version 1.0**. Agosto de 2020. Disponível em <

https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_5_v1.pdf> Acesso em 16 de fevereiro de 2021.

ROSENZWEIG, Cynthia; TUBIELLO, Francesco. **Adaptation and Mitigation Strategies in Agriculture: an Analysis of Potential Synergies**. Disponível em <https://digitalcommons.unl.edu/nasapub/25/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fnasapub%2F25&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages> Acesso em 02/08/2018.

ROY, D. Safety First and the Holding of Assets. **Econometrica**, v. 20, n. 3, p. 431– 449, 1952. Disponível em: <www.jstor.org/stable/1907413>. Acesso em 25 de Maio de 2020.

RUNNING, S. et al. A Continuous Satellite-Derived Measure of Global Terrestrial Primary Production. **BioScience**. Junho de 2004. Disponível em <<https://academic.oup.com/bioscience/article/54/6/547/294347?login=true>> Acesso em 01 de maio de 2020.

SAMUELSON, P.; NORDHAUS, W. **Economics**. New York: McGrall-Hill Irwin, 2010.

SCHMIDHUBER, J.; TUBIELLO, F. **Global food security under climate change**. Disponível em <<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0701976104>> Acesso em 03/09/2022.

SMITH, M. et al. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: CLIMATE Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2014

STEVENSON, J. et al. **Agricultural technology, global land use and deforestation: A review**. Disponível em <<https://cas.cgiar.org/sites/default/files/images/SPIALandJune2011.pdf>> Acesso em 08 de junho de 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste (PRDNE): Anexos I, II e III**. Recife, 2019, 176p.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Resolução N ° 107/2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19287874/do1-2017-09-13-resolucao-n-107-de-27-de-julho-de-2017-19287788>. Acesso em 18 de outubro de 2019.

TUBIELLO, F. et. al. The FAOSTAT Database of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture. **Environmental Research Letters**. Disponível em <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/1/015009/meta>> Acesso em 02/08/2018.

VILLORIA, N.; BYERLEE, D.; STEVENSON, J. The Effects of Agricultural Technological Progress on Deforestation: What Do We Really Know? **Applied Economic Perspectives and Policy** v.36, n.2 p.211-37, 2014. Disponível em < doi:10.1093/aapp/ppu005> Acesso em 11/09/2018.

WOLFF, D. et al. Ground Validation for the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 22. Disponível em < https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/22/4/jtech1700_1.xml?tab_body=pdf> Acesso em 14/10/2019.

ZALLES, V. et al. **Near Doubling of Brazil's Intensive Row Crop Area Since 2000**. Disponível em < <https://www.pnas.org/content/116/2/428>> Acesso em 28 de fevereiro de 2021.

ZAVERI, E.; RUSS, J.; DAMANIA, R. **Drenched Fields and Parched Farms: Evidence along the Extensive and Intensive Margins**. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/324666786_Drenched_Fields_and_Parched_Farms_Evidence_Along_the_Extensive_and_Intensive_Margins> Acesso em 08 de junho de 2018.

ZAVERI, E.; RUSS, J.; DAMANIA, R. Drenched Fields and Parched Farms: Evidence along the Extensive and Intensive Margins. *In*: DAMANIA, R. et al. **Uncharted Waters - The New Economics of Water Scarcity and Variability**. Washington: International Bank for Reconstruction and Development, 2017. v.1 e 2.

ANEXO A – RESOLUÇÃO N° 107/2017 DO CONDEL/SUDENE**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE
CONSELHO DELIBERATIVO****RESOLUÇÃO N° 107/2017****Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência**

O PRESIDENTE DO CONSELHO DELIBERATIVO DA SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE usando da atribuição que lhe confere o § 1º do art. 8º da Lei Complementar nº 125, de 03 de janeiro de 2007, o inciso XVI do art. 11 e art. 60 do Regimento Interno do Conselho Deliberativo da SUDENE, bem como, o estabelecido pelo inciso VII, art. 4º, anexo I do Decreto nº 8.276, de 27 de junho de 2014, que atribui a este colegiado a regulamentação do presente assunto, ademais das manifestações favoráveis ao presente encaminhamento, tanto de parte da SUDENE, como do Ministério da Integração Nacional (MI), por meio do Relatório Final do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria MI nº 196, de 27 de maio de 2014, respaldado ainda, pelas Notas Técnicas nº 05/2017/AESP/GM, de 25 de junho de 2017, nº 36/SDR/DPDR/CGPR, de 28 de junho de 2017, nº 26/2017/CGPN/DPNA/SFRI, de 6 de julho de 2017, e nº 0016/2017-DPLAN/CGEP/SUDENE, de 14 de julho de 2017,

RESOLVE:

Art. 1º. Aprovar a Proposição nº 105, sancionada pela Diretoria Colegiada da SUDENE na 270ª reunião, realizada em 20 de julho de 2017, em Brasília, que tratou dos novos critérios técnicos e científicos destinados à delimitação do Semiárido na área de atuação da SUDENE, bem como, dos procedimentos para a sua revisão.

Art.2º - Estabelecer os seguintes critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido:

I – Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;

II – Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50;

III – Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

§ 1º - São considerados aptos para inclusão no Semiárido os municípios da área de atuação da Sudene que alcancem pelo menos um dos critérios elencados nos incisos I, II e III em qualquer porção de seu território.

§ 2º Estão considerados aptos a compor o Semiárido todos os municípios que fazem parte do Anexo I da Portaria Interministerial n. 89, de 16 de março de 2005 (DOU de 17.03.2005, Seção 1, fls.21).

§ 3º Para aferição dos indicadores dos incisos I, II e III do *caput* são utilizados resultados de interpolações dos dados gerados por estações meteorológicas reconhecidas por órgãos meteorológicos federais.

§ 4º Somente são utilizadas séries de dados diárias disponíveis por período de 30 anos, consideradas décadas fechadas.

§ 5º A metodologia de cálculo dos indicadores dos incisos I, II e III do *caput* e os procedimentos para interpolação de dados são os registrados no Relatório Técnico do Grupo de Trabalho, disponível no sítio eletrônico www.sudene.gov.br.

§ 6º As listas de estações meteorológicas utilizadas nos cálculos dos indicadores estarão disponibilizadas nos sítios eletrônicos da Sudene e do Ministério da Integração Nacional.

§ 7º - A lista de municípios que compõem o Semiárido encontra-se no Anexo A.

§ 8º - Será preservada a restrição de contiguidade na delimitação da região Semiárida, de forma que em nenhuma hipótese serão admitidas disjunções espaciais de municípios contemplados, ou áreas de exceção no interior dessa região.

Art. 3º Os Estados poderão apresentar à Sudene recursos à delimitação proposta no Relatório, no prazo de 60 dias, a partir da publicação da resolução aprovada pelo Conselho Deliberativo da Autarquia (CONDEL).

§ 1º Os recursos de que trata o *caput* deverão ser embasados por Relatório Técnico dos órgãos de Clima e Tempo oficiais dos estados.

§ 2º A Sudene terá 120 dias, a partir da publicação da Resolução do CONDEL, para responder às solicitações, inclusive requerendo manifestação do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria nº 196, de 27 de maio de 2014.

§ 3º Concluída a manifestação de que trata o § 2º, o Grupo de Trabalho instituído pela Portaria nº 196, de 27 de maio de 2014, estará extinto.

Art. 4º Integram esta Resolução as notas técnicas elaboradas pelo Ministério da Integração Nacional e pela SUDENE.”

Art. 5º. A Proposição de que trata o artigo primeiro e a documentação técnica que lhe dá suporte, passam a integrar a presente Resolução.

Art. 6º. Esta Resolução entra em vigor nesta data, devendo ser publicizada no sítio da SUDENE na internet, no endereço eletrônico www.sudene.gov.br.

Recife, 27 de julho de 2017.

HELDER ZAHLUTH BARBALHO
Presidente do Conselho Deliberativo

ORIGINAL ASSINADO

Nota: Por decisão do Conselho Deliberativo, na reunião de 27/07/2017, foram aprovados os seguintes ajustes com base na Proposição nº 105/2017, já incorporados a esta Resolução: a) supressão do trecho do parágrafo 2º, art. 1º - “Excepcionalmente, até a próxima revisão dos limites do Semiárido, prevista para 2021,...”; b) o compromisso tratado no § 2º do art. 2º, teve o prazo reduzido de 180 para 120 dias; e, c) o art. 3º da redação na forma de normativo, entre aspas na proposição em referência, foi retirado, e os artigos subsequentes desta resolução foram renumerados.