**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Mudanças climáticas na agricultura e migrações internas no Brasil

William Barbosa

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2021**

William Barbosa
Bacharel em Ciências Econômicas

Mudanças climáticas na agricultura e migrações internas no Brasil
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **JOAQUIM BENTO DE SOUZA FERREIRA FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Barbosa , William

Mudanças climáticas na agricultura e migrações internas no Brasil /
William Barbosa . -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr
6018 de 2011. -- Piracicaba, 2021 .

111 p.

Tese (Doutorado) -- USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz".

1. Migração 2. Modelo Gravitacional 3. EQGC 4. TERM-BR . I.
Título.

DEDICATÓRIA

À minha Mãe Cida e ao meu Pai Joaquim. Dedico a vocês esta conquista, a vocês que me incentivaram desde pequeno os valores e moldaram meu caráter com bons exemplos de humildade e, sobretudo, bondade no coração. Saibam que em todos os momentos difíceis da minha vida eu pensava em vocês e isso me dava forças para continuar. Dedico também a todos os mecânicos e aqueles que trabalham pesado todo dia em um chão de fábrica, sou muito grato e feliz por ter convivido com pessoas como vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivo e com saúde, principalmente, por poder ingressar, completar os meus estudos e chegar ao Doutorado. Em segundo lugar, agradeço aos meus pais, Joaquim e Cida por toda a educação e ensinamentos, sobretudo, apoio, amor e confiança.

A seguir, agradeço o meu orientador Prof. Dr. Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho por todo apoio, paciência e as conversas que tivemos sobre a tese. Ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da ESALQ e as pessoas que fizeram parte e auxiliaram durante o curso, em especial a Aline Firmino, Dona Mirian e a Lu da biblioteca do LES. Ao pesquisador da Embrapa Dr. Aryeverton Fortes de Oliveira pelas informações disponibilizadas para construção dos cenários de mudanças climáticas.

Agradeço infinitamente a Prof. Rosemari Farias e Prof. Alessandra Bernardinho pela oportunidade de ser seu aluno quando criança e toda a paciência que tiveram comigo durante o ensino básico. Saibam que foram as senhoras que ajudaram a despertar a minha vontade de estudar e a chegar até onde cheguei no meio acadêmico, muito obrigado!

Aos colegas e amigos que fiz durante o curso, João Felema, Gustavo Dantas, Felipe Miranda, Adauto Brasilino, Elder Generozo, Augusto Seabra, Giovani William, Lucas Lima e aos demais colegas de curso. Além disso, agradeço imensamente ao Marco Aurelio Sigismondi (Galo Véio) meu amigo e irmão desde a graduação na UEPG e agora na ESALQ.

Agradeço a Samia Mercado Alvarenga pelo carinho e atenção durante todos esses anos, com certeza devo muito a ela, principalmente por me dar uma força imensa no momento que ingressei neste Curso. Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo de Freitas Vian, Prof. Dra. Mirian Rumenos Piedade Bacchi e Prof. Dra. Silvia Helena Galvão de Miranda pelos valiosos comentários durante o exame de qualificação e pelos ensinamentos durante todo o curso.

Por fim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro concedido desde o Mestrado até o Doutorado.

EPÍGRAFE

Fé em Deus que ele é justo
Ei irmão nunca se esqueça, na guarda, guerreiro
Levanta a cabeça, truta, onde estiver seja lá como
For, tenha fé porque até no lixão nasce flor.

Racionais MC's

SUMÁRIO

Resumo	8
Abstract	9
Lista de Figuras	10
Lista de Tabelas	11
Lista de Quadros	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	19
2 DIFERENCIAIS REGIONAIS E DETERMINANTES DA MIGRAÇÃO INTERESTADUAL NO BRASIL (2001-2015)	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
2.1 INTRODUÇÃO	22
2.2 REVISÃO DA LITERATURA	23
2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	27
2.3.1 Modelo Gravitacional de Migração	28
2.4 ABORDAGEM ECONOMETRICA	30
2.5 DADOS E MODELO EMPÍRICO	33
2.6 MIGRAÇÕES INTERESTADUAIS NO BRASIL (2001-2015)	35
2.7 RESULTADOS	44
2.8 MIGRAÇÕES E CLASSE DE RENDIMENTO	49
2.9 CONCLUSÃO	56
Referências	59
3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGRICULTURA E MIGRAÇÕES INTERESTADUAIS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL	65
RESUMO	65
ABSTRACT	65
3.1 INTRODUÇÃO	66
3.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MIGRAÇÕES	68
3.3 CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	71
3.4 METODOLOGIA	77
3.4.1 Estratégia de simulação	80
3.4.2 Choques e cenários	80
3.5 RESULTADOS	84
3.5.1 Principais agregados macroeconômicos	84
3.6 IMPACTOS SOBRE AS MIGRAÇÕES NO BRASIL	90
3.7 CONCLUSÃO	96
Referências	99

Apêndices	103
---------------------	-----

RESUMO

Mudanças climáticas na agricultura e migrações internas no Brasil

Esta tese busca analisar a relação entre migração e mudanças climáticas no contexto brasileiro. Para tanto, desenvolveu-se o estudo em dois ensaios. No primeiro artigo, por meio da aplicação de um modelo gravitacional com a técnica de dados em painel de contagem, buscou-se identificar os principais determinantes e os seus impactos nos fluxos migratórios com base nos dados da PNAD de 2001 a 2015. Como resultados, este primeiro capítulo revelou uma reversão dos fluxos migratórios que, historicamente, ocorriam dos estados do Nordeste para o Sudeste, ao passo que no período estudado, as migrações acontecem do estado de São Paulo em direção ao Nordeste. Os resultados econométricos apontaram que os diferenciais regionais de rendimento e temperatura média, assim como os fatores geográficos, afetam significativamente os fluxos migratórios. O segundo artigo objetivou analisar os impactos das mudanças climáticas na agricultura sobre a economia regional e nas migrações. Para esta análise, aplicou-se um modelo de equilíbrio geral computável –TERM-BR a dois cenários de mudanças climáticas até 2040, o intermediário RCP 4.5 e pessimista RCP 8.5. Como principais resultados, tem-se que, além de uma queda na produção e PIB real para a maioria das regiões, também há impacto negativo no salário real para a parcela da população mais pobre, especificamente, para indivíduos com rendimentos até dois salários-mínimos. Em decorrência ao resultado positivo que o Paraná teve em termos de salário real, verificou-se uma nova dinâmica migracional, em que ao invés do fluxo observado no primeiro capítulo de 2001 a 2015, agora as migrações se destinariam a este estado. Por outro lado, dentre as principais origens estão os estados da Região Norte e Nordeste.

Palavras-chave: Migração, Mudanças Climáticas, Modelo Gravitacional, Equilíbrio Geral

ABSTRACT

Climate change in agriculture and internal migrations in Brazil

This PhD thesis aims to analyze the relation between migration and climate change in the Brazilian context. For this, the study was developed in two essays. The first article, by application of the gravity model with count panel data, aims to identify the principal determinants and their impacts in migration flow with a basis in PNAD data 2001 to 2015. As a result, this first chapter made it possible to observe revealed a reversal of the migratory flows that, historically, occurred from the states of the Northeast to the Southeast, whereas in the period studied, as migrations happen from the State of São Paulo towards the Northeast. The econometric results showed that regional differentials of income and average temperature, as well as geographical factors, significantly affect migratory flows. The second article aimed to analyze the impacts of climate change on agriculture on the regional economy and on migration. For this analysis, a computable general equilibrium model –TERM-BR was applied to two climate change scenarios until 2040, the intermediate RCP 4.5 and the pessimistic RCP 8.5. As a main result, in addition to a decrease in production and real GDP for most regions, there is also a negative impact on real wages for the poorest portion of the population, specifically for individuals with incomes up to two minimum wages. As a result of the positive result that Paraná had in terms of real wages, a new migratory dynamic was verified, in which the result of the flow observed in the first chapter from 2001 to 2015, now as migrations would be destined to this state. On the other hand, among the main origins are the states of the North and Northeast Region.

Keywords: Migration, Climate Change, Gravity Model, General Equilibrium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Total de migrantes interestaduais para os estados brasileiros de destinos (a) e origens (b) (2001-2015)	38
Figura 2 – Saldo migratório dos estados brasileiros (2001-2015)	39
Figura 3 – Rendimento real médio (a), índice de Gini (b), temperatura média (c) e precipitação média (d) para os estados brasileiros (2001-2015) .	41
Figura 4 – Média da taxa de mortalidade infantil a cada mil nascidos vivos (a) e média da taxa de óbitos por agressão a cada cem mil habitantes (b) para os estados brasileiros (2001-2015)	43
Figura 5 – Saldo migratório por classe de renda no total nas regiões brasileiras (2001-2015)	51
Figura 6 – Elasticidade do diferencial de rendimento real no ponto médio para os estados de destino com maior volume de migrantes (2001-2015) .	56
Figura 7 – Participação das culturas na área plantada total do Brasil (1990-2016)	72
Figura 8 – Participação das culturas de Algodão, Arroz, Cana-de-Açúcar, Feijão, Milho, Soja, Sorgo e Trigo no valor da produção total do Brasil no ano de 2018	73
Figura 9 – Participação do valor da produção das culturas da Soja, Cana-de-Açúcar, Milho, Algodão, Arroz, Feijão, Trigo, Sorgo no total produzido a nível municipal para ano de 2018	74
Figura 10 – Projeção da temperatura do ar na superfície terrestre 1850-2300 . .	75
Figura 11 – Estrutura de produção no modelo TERM-BR	78
Figura 12 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2018 – 2040	92
Figura 13 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 4.5 por faixa salarial no período de 2018 – 2040	94
Figura 14 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 8.5 por faixa salarial no período de 2018 – 2040	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média anual do total de Migrantes na região de Destino, Origem e Saldos (2001-2015)	36
Tabela 2 – Total de migrantes por fluxos inter-regionais (2001-2015)	37
Tabela 3 – Total de migrantes segundo o destino e origem para os 10 principais fluxos interestaduais (2001-2015)	40
Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas estimações econômicas (2001-2015)	43
Tabela 5 – Estimativas da Equação Gravitacional para o fluxo de migração interestadual de 2001-2015	45
Tabela 6 – Elasticidades do diferencial de rendimento entre destino e origem dos fluxos mais expressivos e menos expressivos em termos de volume de migrantes no destino período de 2001 a 2015	48
Tabela 7 – Classes de rendimento, total de migrantes e participação da migração por classe de renda no total (2001-2015)	50
Tabela 8 – Fluxo migratório entre Sudeste e Nordeste por classe de rendimento (2001-2015)	53
Tabela 9 – Estimativas da Equação Gravitacional para os fluxos de migrações interestaduais de acordo com a classe rendimento	54
Tabela 10 – Área total de baixo risco após a mudança climática em 2040 (hectares)	76
Tabela 11 – Dimensão dos conjuntos do modelo TERM-BR após a agregação de setores, produtos, regiões e a diagonalização da matriz de produção	79
Tabela 12 – Choques anuais no total da área apta a nível regional no cenário RCP 4.5	82
Tabela 13 – Choques anuais no total da área apta a nível regional no cenário RCP 8.5	83
Tabela 14 – Resultados macroeconômicos para o Brasil e regiões após o choque de mudanças climáticas (Variação acumulada até 2040)	84
Tabela 15 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária, uso da terra, exportação e emprego a nível nacional no período de 2018 – 2040	85
Tabela 16 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real, PIB real e emprego por região no período de 2018 – 2040	87
Tabela 17 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial no período de 2018 – 2040	88
Tabela 18 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial por região no cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040	89
Tabela 19 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial por região no cenário RCP8.5 no período de 2018 – 2040	90

Tabela 20 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base das migrações para origem e destino nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2018 – 2040	91
Tabela A.1 – Elasticidade do Diferencial de Rendimento Real do destino (linhas) em relação à origem (colunas) no ponto médio (2001-2015)	103
Tabela B.1 – Agregação das 27 Unidades da Federação para 15 regiões e percentual das culturas no valor da produção total dentro de cada UF	104
Tabela C.1 – Variação percentual acumulada da área apta ao plantio nos Cenários RCP 4.5 e 8.5 (2018-2040)	105
Tabela D.1 – Percentual dos setores agrícolas no valor da produção regional na MIP 2010	106
Tabela E.1 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária a nível regional para o cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040	107
Tabela E.2 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária a nível regional para o cenário RCP 8.5 no período de 2018 – 2040	108
Tabela F.1 – Desvio acumulado em relação à linha de base da migração bilateral por região no cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040	109
Tabela F.2 – Desvio acumulado em relação à linha de base da migração bilateral por região no cenário RCP 8.5 no período de 2018 – 2040	110
Tabela G.1 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 4.5 por faixa salarial no período de 2018	111
Tabela G.2 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 8.5 por faixa salarial no período de 2018	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estudos sobre a temática de migração na literatura a nível internacional	27
Quadro 2 – Variáveis e sinais esperados para as estimativas da Equação 26 . .	35

1 INTRODUÇÃO

A migração é notadamente resultado de uma decisão tomada pelo indivíduo que resulta no deslocamento de uma região a outra, que pode se desenvolver espontaneamente ou por algum fator que afete o bem-estar. Em muitos casos essa decisão se dá por meio da busca de melhores condições de vida e oportunidade de emprego que forneça um maior salário. Em muitos casos os fatores locais pertinentes a cada região também podem favorecer e até mesmo acelerar o processo de deslocamento populacional de uma região a outra dentro de um país e até mesmo provocando a migração internacional.

Ainda que na forma de fatos estilizados, a migração e a migração de retorno já foram analisadas desde meados do final do século XIX. Em seu trabalho seminal, [Ravenstein \(1885\)](#) analisou os dados do Censo Demográfico do Reino Unido, e argumentou que cada fluxo de migração induz outro fluxo no sentido inverso. Outro fato argumentado pelo autor é que os fluxos migratórios, não só os de curta, mas essencialmente os de longa distância, geralmente são motivados por razões econômicas, e assim, quanto mais dinâmicas forem as regiões de destinos, maior será o fluxo migratório.

[Lee \(1966\)](#) também postula que para cada fluxo de migração existe um contrafluxo. Um dos motivos para tal, é que os fatores positivos no destino podem desaparecer, como, por exemplo, em momentos de crise, ou até mesmo uma reavaliação do equilíbrio dos fatores positivos e negativos pertinentes ao local de destino e de origem. Portanto, a própria existência do fluxo de migração cria uma relação entre a origem e o destino, fazendo com que a aquisição de novos atributos, sejam eles novas habilidades ou materiais, muitas vezes fazem com que o retorno do migrante à origem seja vantajoso.

A eficácia da migração é definida pela razão do fluxo sobre o contrafluxo, ela será alta se os determinantes do fluxo de migração forem negativos no local de origem. Outro ponto de argumentação do autor é que a eficiência do fluxo e contrafluxo tende a ser baixa quando a origem e o destino forem semelhantes. De acordo com o autor esse fato ocorre porque os indivíduos se deslocam em fluxos opostos e pelos mesmos motivos ([LEE, 1966](#)).

Conforme [Sjaastad \(1962\)](#), a decisão de migração pode ser encarada como uma forma de investimento em capital humano, em que o indivíduo é perfeitamente racional e é capaz de comparar os custos e os benefícios da migração. Posteriormente, [Todaro \(1969\)](#) e [Harris e Todaro \(1970\)](#), incorporam a análise da migração e suas consequências no mercado de trabalho. Conforme tais modelos, os indivíduos analisam a possibilidade de migração com base no cálculo da probabilidade em obter um emprego no setor urbano, bem como a possibilidade de auferir um rendimento superior ao rendimento do setor rural.

Em muitos casos a decisão da migração pode estar atrelada ao ato de minimização de riscos do que com uma ação tomada intencionalmente a fim de maximização de rendimento esperado ([STARK; BLOOM, 1985](#)). Esse é o caso da mudança climática, que pode afetar de diferentes maneiras a sociedade, tanto no meio rural, quanto no urbano. Um desses efeitos pode se dar diretamente na produtividade agrícola. Por conseguinte, o

rendimento da população rural também irá ser afetado, provavelmente sendo reduzido, assim, aumentando o incentivo para que as pessoas não permaneçam nas áreas rurais. Partindo-se dessa argumentação, um fator importante de ajustamento ao declínio da produtividade agrícola nos países pobres é a migração das áreas rurais para as urbanas, que pode ser interna ou para outro país (CATTANEO; PERI, 2016).

Na argumentação da minimização de riscos, se por um lado as mudanças climáticas podem forçar o deslocamento de pessoas de sua terra natal por conta de desastres naturais, por outro, faz com que ocorra uma pressão direta na escassez de alimentos. Essa queda na disponibilidade de alimentos é ocasionada pela redução da produção, o que por sua vez, também pressiona a redução do rendimento nessas regiões. Recentemente, os esforços de trabalhos na literatura internacional estão em interligar os dois temas. Em especial, pode-se citar aqueles que analisam os efeitos associados à temperatura e/ou precipitação, como por exemplo Dillon, Mueller e Salau (2011); Gray e Mueller (2012); Bohra-Mishra, Oppenheimer e Hsiang (2014); Mueller, Gray e Kosec (2014); Beine e Parsons (2015); Cattaneo e Peri (2016); Gräschl e Steinwachs (2017).

Para Beine, Bertoli e Fernández-Huertas Moraga (2016), existem quatro maneiras em que os fatores ambientais podem afetar os processos migratórios. Em primeiro lugar, os eventos climáticos negativos fazem com que ocorra uma diminuição do rendimento na região de origem da migração. Em segundo lugar, se as mudanças climáticas destruírem ativos, os custos da migração podem aumentar. Terceiro, os desastres naturais contribuem para diminuição da atratividade na região de origem independentemente da renda. Quarto, se as condições climáticas se tornarem mais voláteis, isso faz com que, caso optem pela migração, a incerteza das pessoas de obterem algum salário nessa região aumenta.

Conforme Cattaneo e Peri (2016), por conta do aquecimento a longo prazo e dependendo da renda inicial das populações rurais, o declínio da produtividade na agricultura causa redução na renda rural, impactando negativamente a possibilidade de migração em países extremamente pobres. A explicação desse fenômeno é que ocorre uma redução da capacidade de solvência de custos da migração. Por conseguinte, o aquecimento global pode tornar mais grave a situação de pobreza das populações no local de origem, sendo que nos países de renda baixa ou muito pobres, o aumento da temperatura está associada à menores taxas de emigração e urbanização, e nos países de renda média, essa relação é positiva.

Sendo assim, é possível inferir que a migração em resposta à mudança climática expressa uma ligação forte entre migração e piora das oportunidades nas regiões de origens. Isto é, os indivíduos se movem para regiões onde possam encontrar empregos e melhores condições de vida. Em outras palavras, isso quer dizer que os impactos acentuados da mudança climática em determinadas regiões pode favorecer o aparecimento dos fatores de expulsão de indivíduos, mais conhecido como fatores “*push*”. Por conseguinte, as regiões que oferecem maiores chances desses indivíduos conseguirem empregos e auferirem maiores

rendimentos, acabam sendo os principais destinos das migrações, esses fatores de atração são os denominados fatores “*pull*”.

Em países de renda média, como por exemplo, como alguns países da África, Ásia e América Latina, [Cattaneo e Peri \(2016\)](#) argumentam que o aumento das temperaturas estão atreladas à emigração para destinos mais próximos, que possuem características muito mais similares às condições da origem. De acordo com os autores, o principal impacto do aumento da temperatura se dá na produtividade da agricultura. Sendo assim, o aumento da temperatura está associado à altos níveis de emigração de países de renda média, e níveis inferiores nos países mais pobres.

No Brasil, destaca-se que na literatura sobre a migração, os impactos das mudanças climáticas é um tema pouco abordado. Neste contexto, surge a necessidade de estudos que analisem os potenciais impactos regionais na agricultura brasileira, na economia e na dinâmica da redistribuição espacial da população. Entende-se que a identificação dos problemas econômicos e sociais em resposta às mudanças climáticas é de fundamental importância para previsão de possíveis políticas públicas, tanto com fins de mitigação dos efeitos das emissões de gases do efeito estufa, quanto de amparo às regiões afetadas.

Isto posto, quais são os efeitos de variáveis climáticas, tais como temperatura e precipitação nos fluxos migratórios no Brasil? Quais serão os impactos econômicos da mudança climática na agricultura e nos fluxos migratórios? Para responder esses questionamentos, desdobra-se o objetivo deste estudo em duas etapas. A primeira será identificar os principais determinantes e seus impactos nos fluxos migratórios interestaduais de curto prazo, tais como o diferencial de rendimento médio entre destino e origem, população, nível de violência, saúde, desigualdade na distribuição de renda, distância, contiguidade, temperatura média e precipitação média. Adicionalmente, desagrega-se os fluxos de acordo com o nível de qualificação individual, bem como a estimação de uma matriz de elasticidades do diferencial de rendimento médio.

Utilizando-se a matriz de elasticidades do diferencial de rendimento real estimadas, a segunda etapa consistirá na aplicação de um modelo de equilíbrio geral computável do tipo *bottom-up*, objetivando-se analisar os impactos de longo prazo da mudança climática na agricultura e sua repercussão nos fluxos migratórios até o ano de 2040. Destaca-se que além de contribuir para a literatura sobre migração, as elasticidades obtidas no primeiro artigo serão de fundamental importância para o ajustamento do modelo de equilíbrio geral e o módulo de migração.

A tese está organizada em dois artigos sobre os impactos da mudança climática na agricultura e a migração interna no Brasil. O primeiro artigo está focado em estudar os determinantes dos fluxos migratórios, incluindo-se a temperatura média e precipitação pluviométrica média em cada estado aos argumentos levantados pela literatura nacional como determinantes, como por exemplo o diferencial de rendimento, – que é considerado como um dos principais motivadores da tomada de decisão da migração.

O segundo artigo versa sobre os impactos da pressão do clima sobre a agricultura e o seu desdobramento sobre os fluxos migratórios interestaduais. Para isso, baseia-se em cenários para o ano de 2040 proposto por modelos agroclimáticos — HadGEM-2 e Miroc-5, fornecidos pelo relatório [SAE/PR \(2015\)](#) apresenta resultados da simulação de dois modelos agroclimáticos, o primeiro é um modelo britânico, o denominado HadGEM-2 e o segundo é japonês Miroc-5. Os dois cenários adotados são o RCP 4.5, que é um cenário mais otimista, onde há menores níveis de emissões e o RCP 8.5, que é um cenário mais pessimista, em que as emissões são mais elevadas.

REFERÊNCIAS

- BEINE, M.; BERTOLI, S.; FERNÁNDEZ-HUERTAS MORAGA, J. A Practitioners' Guide to Gravity Models of International Migration. **The World Economy**, v. 39, n. 4, p. 496–512, 2016.
- BEINE, M.; PARSONS, C. Climatic Factors as Determinants of International Migration. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 117, n. 2, p. 723–767, 2015.
- BOHRA-MISHRA, P.; OPPENHEIMER, M.; HSIANG, S. M. Nonlinear permanent migration response to climatic variations but minimal response to disasters. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Academy of Sciences, v. 111, n. 27, p. 9780–9785, 2014.
- CATTANEO, C.; PERI, G. The migration response to increasing temperatures. **Journal of Development Economics**, v. 122, p. 127–146, 2016.
- DILLON, A.; MUELLER, V.; SALAU, S. Migratory Responses to Agricultural Risk in Northern Nigeria. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 93, n. 4, p. 1048–1061, 2011.
- GRÄSCHL, J.; STEINWACHS, T. Do Natural Hazards Cause International Migration? **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 445–480, 2017.
- GRAY, C.; MUELLER, V. Drought and Population Mobility in Rural Ethiopia. **World Development**, v. 40, n. 1, p. 134–145, 2012.
- HARRIS, J. R.; TODARO, M. P. Migration, Unemployment & Development: A Two-Sector Analysis. **American Economic Review**, v. 60, n. 1, p. 126–42, 1970.
- LEE, E. S. A Theory of Migration. **Demography**, v. 3, n. 1, p. 47–57, 1966.
- MUELLER, V. A.; GRAY, C. L.; KOSEC, K. Heat stress increases long-term human migration in rural Pakistan. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 182–185, 2014.
- RAVENSTEIN, E. The Laws of Migration. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 48, n. 2, p. 167–235, 1885.
- SAE/PR. **Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima**. Campinas, SP, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/dialogos-projetos-e-parcerias.html#sobre-7>.
- SJAASTAD, L. A. The Costs and Returns of Human Migration. **Journal of Political Economy**, v. 70, n. 5, p. 80–93, 1962.
- STARK, O.; BLOOM, D. E. The New Economics Of Labor Migration. **The American Economic Review**, v. 75, n. 2, p. 173–178, 1985.
- TODARO, M. P. A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries. **The American Economic Review**, v. 59, n. 1, p. 138–148, 1969.

2 DIFERENCIAIS REGIONAIS E DETERMINANTES DA MIGRAÇÃO INTERESTADUAL NO BRASIL (2001-2015)

RESUMO

O objetivo geral deste artigo é analisar a relação dos fluxos migratórios interestaduais e os diferenciais regionais entre destino e origem, tais como o tamanho da população, rendimento, saúde, violência e clima. A metodologia empregada foi a estimação de um modelo econométrico com dados em painel, estimado pelo método de *Poisson Pseudo-Maximum Likelihood* (PPML). Utilizando-se os dados da PNAD para o período de 2001 a 2015, os principais resultados indicaram uma reversão dos fluxos migratórios no final da década de 1970, sendo verificados da Região Sudeste para Nordeste, em especial, o estado de São Paulo se destaca como principal origem de migrantes. As estimativas econométricas apontaram que, além das variáveis básicas do modelo gravitacional, os diferenciais regionais de rendimento e Temperatura média afetam significativamente os fluxos migratórios, bem como os fatores geográficos.

Palavras-chave: Migração, Modelo Gravitacional, Dados em Painel, PPML

ABSTRACT

This article aims to analyze the relationship the interstate migration flows and regional differentials between destination and origin, such as population size, income, health, violence, and violence. The methodology employed was an econometric model with a panel data, was estimated by Poisson Pseudo-Maximum likelihood (PPML). Using the data of PNAD to period 2001 to 2015, the main results indicated a reversion of migration flows at the end of the decade of 1970, is verified from Southeast to Northeast, especially, the São Paulo state stands by as the main origin of migration. The econometric estimates show that, in addition to the basic variables of the gravitational model, the regional differences of income and mean temperature significantly affect migratory flows, as well as geographic factors.

Keywords: Migration, Gravity Model, Panel Data, PPML

2.1 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento, as pessoas afetadas pelos fatores climáticos adversos preferem se mover internamente em vez de internacionalmente. Esse fato se deve principalmente porque nesses países as pessoas sofrem de restrições financeiras, uma vez que se os fatores climáticos tendem a deprimir a renda, a restrição de liquidez também dificulta o deslocamento das pessoas porque o custo da migração internacional é superior a migração interna (BEINE; PARSONS, 2015).

No Brasil, os estudos sobre a migração surgiram a partir do final da década de 1960 com Sahota (1968), posteriormente por Graham (1970) e Yap (1976). Desde esse período, vários outros trabalhos presentes na literatura brasileira destacam que o principal motivo da migração está relacionado a diferenciais regionais, precisamente, os diferenciais de rendimentos do trabalho. Na década de 1980 e 1990, as regiões brasileiras passaram por transformações se comparado com a década 1970, tanto na distribuição espacial, quanto na taxa de crescimento populacional. É possível observar uma redução progressiva de ganhos populacionais nas áreas que antes eram polos de atração, como por exemplo Sudeste, Norte e Centro-Oeste (CUNHA; BAENINGER, 2000).

Conforme Cunha e Baeninger (2000), ocorreu uma redução da migração para os estados da Região Sudeste ao longo da década de 1990. Isso se deve substancialmente pela intensificação dos fluxos de retorno, mais especificamente, no período de 1986 a 1991, o total de migrantes interestaduais foi de 5.012.421 migrantes e no período de 1991 a 1996 esse volume se reduziu para 4.092.029. Outro resultado reportado pelos autores foi que os estados do Amapá, Tocantins, Goiás, São Paulo e Paraná apresentaram aumentos no volume de migrantes, sendo que para os dois primeiros as principais origens se concentram nos estados do Norte, Maranhão e Piauí. Para os outros três estados, pode-se verificar que as principais origens são dos estados da Região Nordeste.

Entre o período de 1970 a 1996 os principais movimentos migratórios eram observados do Nordeste para Sudeste, Sul para Centro-Oeste, Sul para Norte, Centro-Oeste para Norte, Nordeste para Norte, Minas a São Paulo e do Paraná para São Paulo. E nesse mesmo período, a migração de retorno que já existia, se intensificaram ainda mais a partir de 1980. Mais especificamente, nos fluxos de São Paulo para os estados do Nordeste, Minas Gerais e Paraná; por outro lado, dos estados do Centro-Oeste para o Sul (CUNHA; BAENINGER, 2000).

Em vários estudos sobre o fenômeno migratório e seu padrão espacial, é possível perceber que não há consenso sobre os determinantes que efetivamente afetam os fluxos migratórios. A literatura nacional pode ser dividida em dois, sendo que o primeiro analisa de forma microeconômica, com microdados do CENSO e PNAD. O segundo grupo se desenvolve na forma macro, com dados agregados a nível de microrregião, meso e macrorregião. O primeiro grupo está focado nas características individuais do migrante, enquanto

que o segundo grupo se preocupa em analisar os padrões regionais de variáveis que afetam os fluxos migratórios.

De forma direta, busca-se investigar os impactos de curto prazo no processo da migração interestadual brasileira no período de 2001 a 2015, e para isso, toma-se como objetivo geral analisar a relação dos fluxos migratórios interestaduais e os diferenciais regionais entre destino e origem, tais como o tamanho da população, rendimento, saúde, violência e clima. Como objetivo específico, busca-se estimar uma equação gravitacional com controle da resistência multilateral, cuja variável dependente é o total de migrantes interestaduais e como variáveis explanatórias o diferencial de rendimento médio entre origem e destino; população, nível de violência, saúde, distância, contiguidade e temperatura média. Além desta introdução, o artigo está dividido em cinco seções e uma conclusão.

2.2 REVISÃO DA LITERATURA

No início dos anos 2000, os estudos sobre migração começaram analisar suas causas e consequências. Desta forma, [Cançado \(1999\)](#), analisou o papel da migração na convergência de renda per capita entre os estados brasileiros com o modelo de Solow-Swan na técnica de dados em painel. As conclusões desse estudo indicam que, assim como no modelo neoclássico de crescimento, os resultados indicaram que as regiões mais ricas são capazes de atrair mais trabalhadores, porém, os fluxos migratórios não são capazes de afetar a convergência de renda no período analisado de 1960 a 1991.

Por meio da utilização de um modelo gravitacional, [Golgher \(2001\)](#) buscou analisar as características demográficas, socioeconômicas e geográficas importantes na determinação dos fluxos migratórios inter-regional e microrregional em Minas Gerais. De acordo com os resultados apresentados, se por um lado as microrregiões com maior rendimento médio apresentavam maior volume de migrantes, por outro, as regiões mais pobres eram as que enviavam um maior volume de migrantes para outras. Também é possível constatar que as microrregiões mais urbanizadas, apresentavam proporção de trabalhadores no setor de serviços e menos industrializadas, apresentavam maior expressividade nos fluxos de migrações.

[Justo e Silveira Neto \(2006\)](#) apoiados na teoria do capital humano, estimaram um modelo que controla os efeitos espaciais, cuja variável dependente é a taxa líquida¹ de migração dos estados brasileiros, especificamente, para os anos de 1992, 1997 e 2002. Além do efeito espacial, os autores destacam a importância e o efeito positivo do rendimento esperado para explicar a taxa líquida de migração no período analisado. Com relação a criminalidade e a temperatura, encontram uma relação negativa com a taxa líquida de migração. Posteriormente, [Justo e Silveira Neto \(2008\)](#) replicando o modelo com dados

¹ Essa medida é dada pelo total de migrantes com destino a um estado, menos o total de indivíduos que saíram desse estado.

do CENSO Demográfico de 1980, 1991 e 2000, encontraram um resultado divergente ao anterior, sendo que o sinal foi positivo para a variável relacionada a temperatura.

Com a utilização de um modelo gravitacional com dados do tipo *cross section*, provenientes do CENSO de 2000 em 137 Mesorregiões, [Golgher, Rosa e Araújo Junior \(2008\)](#) observaram que quando são comparados diferentes níveis de renda, constata-se que em estratos onde renda é maior que o grau urbanização, o coeficiente atrelado à renda para a região de destino possui efeito positivo, mostrando que para esse grupo, a migração ocorre preferencialmente para áreas altamente urbanizadas, e o contrário é observado para o grupo de baixo nível de renda.

Utilizando os microdados censitários de 1991 e 2000, [Ramalho \(2008\)](#) analisou o perfil dos migrantes rural-urbano com base em modelos do tipo *logit multinomial*. De acordo com o apresentado, esse tipo de migrante é do sexo feminino, se deslocou com idade entre 16 a 30 anos, possui a cor da pele não-branca e por fim, possui de 1 a 10 anos de estudo. Por outro lado, os não migrantes são essencialmente do sexo masculino, com idade elevada e possuem baixo nível de escolaridade. Outro resultado reportado é que, enquanto os migrantes estavam empregados no setor de serviços e na informalidade, os indivíduos que não se deslocaram, estavam ocupados na agricultura.

Seguindo nessa mesma linha, [Justo, Ferreira e Silveira Neto \(2009\)](#) buscaram descrever o perfil do migrante interno brasileiro a partir dos dados censitários de 1980, 1991 e 2000. Com a aplicação de modelo *logit*, concluíram que, no período de 1980 a 2000 e independente do destino, os migrantes são em média mais jovens, do sexo masculino e com nível mais elevado de escolaridade, além de ter maior probabilidade de ser migrado de um estado com condições inferiores ao destino, se comparados aos indivíduos não migrantes. No período de 1991 a 2000 os migrantes se tornaram mais semelhantes, isto é, os diferenciais regionais são semelhantes.

Com fins de analisar os fluxos migratórios intermunicipais no período de 1995-2000, [Justo et al. \(2009\)](#) utilizaram uma matriz de origem e destino de 224 municípios que possuíam pelo menos 100 mil habitantes. Conforme os autores, as cidades da Região Sul apresentaram um fluxo líquido positivo, e por outro lado, os municípios menores apresentam maiores taxas migrações para fora da macrorregião e isso mais que compensaria a atratividade dos maiores. Outro ponto interessante é que, para o período analisado, entre as dez maiores taxas líquidas de migração, nenhum dos municípios era uma capital.

[Siqueira, Magalhães e Silveira Neto \(2011\)](#) com base nos dados do Censo de 2000, estimaram a probabilidade, tanto de migração de retorno, quanto de migração de mais de uma etapa e migrantes progressivos. Como resultado constataram que os migrantes retornados são aqueles trabalhadores com menor nível de qualificação e com idade entre 23 a 39 anos. O retorno se dá em aproximadamente 18% dos migrantes e seguir para outra região é de apenas 13%. Também inferiram que o migrante de etapa única e o progressivo possuem a média de escolaridade superior ao indivíduo retornado.

A migração de retorno foi estudada por [Ramalho e Queiroz \(2011\)](#) com dados da PNAD de 2007. Especificamente, a análise se deu sobre o salário recebido pelos trabalhadores que retornaram ao local de nascimento. As estimativas indicaram que os migrantes interestaduais não retornados são positivamente selecionados em relação aos migrantes de retorno e não migrantes. Em outras palavras isso quer dizer que os migrantes não retornados ganham um salário em média superior se comparados com os de retorno e os que nunca migraram.

Em seu estudo, [Taveira e Almeida \(2014\)](#) fizeram uso de um modelo de dados em painel espacial para o ano de 2001 e 2007 a fim de analisar a migração de indivíduos com ensino superior completo para 5.015 municípios brasileiros. Em linhas gerais, a conclusão é que os municípios com maior proporção de migrantes qualificados são aqueles que possuem melhores condições de transporte público, menor nível de violência e com menores congestionamentos de trânsito. Por outro lado, mostram uma relação negativa entre o índice de educação Firjan, saúde e a migração. Outro resultado encontrado é a relação positiva com o rendimento esperado, o PIB *per capita*, tamanho da população e o grau de industrialização.

[Pais \(2015\)](#) buscou verificar qual é a relação entre a migração e o grau de qualificação do migrante, e para isso, utilizou os dados da PNAD de 2001 a 2013. A autora aplicou dois métodos diferentes de investigação. O primeiro é um modelo gravitacional com dados em painel que basicamente trata dos determinantes dos fluxos migratórios em diferentes níveis de qualificação; e o segundo, é um painel dinâmico que estima o impacto da migração sobre a acumulação de capital humano. Em linhas gerais, os resultados reportados indicaram de que os indivíduos de baixa qualificação tomam a decisão de migrar com base nas características da região de destino e nos níveis de educação mais elevadas, a migração é direcionada conforme as condições na origem.

Com a aplicação de um modelo gravitacional, [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#) estudaram os fluxos migratórios com a metodologia de dados em painel, cuja fonte foi a PNAD anual de 2004 a 2009. Conforme reportado, é possível observar que o diferencial de rendimento esperado por níveis de ocupações, tamanho da população e a proximidade geográfica, bem como as redes sociais², possuem papel importante na explicação dos movimentos migratórios interestaduais. Os achados sugerem que, para indivíduos mais instruídos, mais especificamente, com níveis escolaridade acima de 11 anos de estudo, existe uma correlação positiva do tamanho da população, por outro lado, os que possuem baixos níveis de instrução e migrantes com idade de 20 a 65 anos essa correlação é negativa.

² Esse termo é utilizado para indicar um grau de parentesco ou algum tipo de ligação interpessoal entre grupos de indivíduos que migram, e que posteriormente podem facilitar a migração de novos indivíduos por meio desse grau de associação/aproximação. Essa troca de informação pode auxiliar a migração na forma de reduzir custos de deslocamentos e estadia, sendo que para os primeiros migrantes esse custo é mais elevado do que para os migrantes que decidirem migrar para esse mesmo local ([MASSEY et al., 1993](#)).

Para estudar a migração de indivíduos em diferentes níveis de qualificação, [Pais, Mattos e Teixeira \(2018\)](#) estimaram um modelo com dados em painel dinâmico para o período de 20001 a 2013. Como resultados os autores constataram que a migração de pessoal de alto nível de qualificação não afeta a taxa de acesso ao primeiro ano de escolaridade da população na região de destino. A hipótese lançada é que os não-migrantes que possuem ensino médio completo estão mais inclinados permanecerem em regiões em que já possuem maiores rendimentos médios, sendo assim, não haveria incentivo para migração. Outra conclusão é que a baixa taxa de migração de indivíduos altamente qualificados oriundos de regiões menos desenvolvidas não afetaria a expansão do nível educacional da população.

Como é possível observar, ao longo da última década, a literatura brasileira analisou o processo de migração de diferentes óticas e aspectos metodológicos. Basicamente, os estudos indicam que os diferenciais regionais fomentam os fluxos migratórios, em especial, o rendimento médio nas regiões de destino afeta positivamente. Porém, pouco destaque foi dado para variáveis que, de alguma forma, representam a influência do clima nos fluxos migratórios interestaduais.

Em relação a literatura internacional, constata-se que, além da variedade de trabalhos relacionados aos determinantes da migração interna e a imigração internacional, existe uma crescente preocupação com a questão da mudança climática e os desastres naturais atrelados a ela. O [Quadro 1](#) apresenta os estudos sobre migração no período recente em outros países, mostrando o período de análise, os principais métodos utilizados pelos autores, o tipo de migração estudada (interna ou internacional), e por fim, se de alguma maneira foi incorporada a questão da mudança climática na modelagem.

Quadro 1 – Estudos sobre a temática de migração na literatura a nível internacional

Autor	Período	Método	País/Tipo	Clima
Dillon, Mueller e Salau (2011)	1988-2008	Probit/LPM	Nigéria/Interna	Sim
Bunea (2012)	2004-2008	EF/GMM Dados em Painei	Romênia/Interna	Não
Drabo e Mbaye (2015)	1975-2000	EF Dados em Painei	Internacional	Sim
Beine e Parsons (2015)	1960-2000	PPML Dados em Painei	Internacional	Sim
Coniglio e Pesce (2015)	1990-2001	PPML Dados em Painei	Internacional	Sim
Backhaus, Martinez e Muris (2015)	1995-2006	EF e 1ª Diferença	Internacional	Sim
Viswanathan e Kumar (2015)	1981-2001	2 Estágios/LIML/OLS	Índia/Interna	Sim
Mastorillo et al. (2016)	1997-2011	PPML Dados em Painei	África/Interna	Sim
Cattaneo e Peri (2016)	1960-2000	EF Dados em Painei	Internacional	Sim
Docquier et al. (2016)	1985-2010	2 Estágios/Painei Dinâmico	Internacional	Não
Chort e De La Rupelle (2016)	1995-2012	PPML Dados em Painei	México-EUA	Sim
Hirvonen (2016)	1994-2009	LPM/Logit	Tanzânia/Interna	Sim
Cai et al. (2016)	1980-2010	EF Dados em Painei	Internacional	Sim
Beine e Parsons (2017)	1960-2000	PPML Dados em Painei	Internacional	Sim
Cattaneo e Bosetti (2017)	1960-2000	OLS/2 Estágios/PPML	Internacional	Sim
Czaika e Parsons (2017)	2000-2012	PPML Dados em Painei	Internacional	Não
Dallmann e Millock (2017)	1991-2001	EF/PPML Dados em Painei	Índia/Interna	Sim
Gröschl e Steinwachs (2017)	1980-2010	PPML Dados em Painei	Internacional	Sim
Wajdi, Adioetomo e Mulder (2017)	2000-2010	PPML Cross Section	Indonésia/Interna	Não
Bryan e Morten (2018)	1995-2012	PPML Dados em Painei	Indonésia/Interna	Não

Fonte – Elaboração própria.

Outro ponto que é importante destacar, é a convergência na utilização de métodos mais apropriados de estimação de modelos gravitacionais, sobretudo aqueles que tratam de problemas econométricos que envolvem a estimação com grandes fluxos iguais a zero, bem como, com grande robustez na presença de heterocedasticia. Com base no Quadro 1 e se comparados com os trabalhos aplicados ao Brasil, é possível conceber que os trabalhos da literatura nacional, parecem negligenciar fatores atrelados à mudança climática.

2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O objetivo desta seção é apresentar a metodologia empregada a fim de atingir os objetivos propostos para o primeiro artigo. Inicialmente será introduzido os pressupostos do modelo gravitacional empregado e adaptado para o presente estudo, posteriormente, explana-se como serão realizados os procedimentos econométricos, bem como a obtenção das elasticidades do diferencial de rendimento entre origem e destino.

Na literatura econômica, os modelos gravitacionais são amplamente empregados nos estudos do Comércio Internacional, porém, a sua utilização não se aplica somente nesses casos. Os modelos gravitacionais aplicados a análises econômicas surgiram com o próprio estudo da migração com Ravenstein (1889) e que posteriormente fora utilizado por Tinbergen (1962) para análise dos fluxos de comércio (ANDERSON, 2011).

2.3.1 Modelo Gravitacional de Migração

O modelo gravitacional utilizado no presente estudo parte da equação básica apresentada por [Anderson \(2011\)](#) aplicada à migração. A ideia básica por trás do modelo gravitacional é que a migração é negativamente correlacionada com a distância entre origem e o destino, e positivamente correlacionada com o tamanho das populações. Tomando-se j origens com i destinos e os rendimentos esperados do trabalho são w^i e w^j . O indivíduo que migra de j para i está sujeito ao custo de migração $\delta^{ji} > 1$ do tipo *iceberg*³. Assumindo que ε^{jih} é a utilidade idiossincrática da migração, o indivíduo h migra se o salário líquido for $(w^i/\delta^{ji})\varepsilon^{jih} \geq w^j$, isto é, migra se o diferencial de rendimento entre destino e origem for positivo.

Partindo-se de uma função de utilidade do tipo logarítmica representada por $u^{ji} = \ln w^i - \ln \delta^{ji} - \ln w^j$, no agregado, a probabilidade de migração é a proporção de indivíduos que decidiram migrar da região j para i . A população da região j é representada por N^j e a previsão do fluxo de migração entre as duas regiões pode ser dada por

$$M^{ji} = G(u^{ji})N^j \quad (1)$$

onde,

$$G(u^{ji}) = \frac{\exp(u^{ji})}{\sum_k \exp(u^{jk})}$$

após a substituição da função de utilidade logarítmica e reorganizando a Equação 1, chega-se em

$$M^{ji} = \frac{w^i/\delta^{ji}}{\sum_k w^k/\delta^{jk}} N^j \quad (2)$$

Conforme [Anderson \(2011\)](#), a ligação entre a Equação 2 e a equação de gravidade estrutural se completa quando se utilizam as equações do mercado de trabalho e substitui-se o equilíbrio de W 's. Definindo que $W^j \equiv \sum_k W^k/\delta^{jk}$ e admitindo que a oferta da força de trabalho em i de todas as origens será dada por:

$$L^i \equiv \sum_j M^{ji} \quad (3)$$

assumindo que $N \equiv \sum_j N^j = \sum_i L^i$ e a oferta mundial de trabalho será N e para garantir o equilíbrio geral em todos os mercados, a equação de “*market clearance*” será

$$L^i = w^i \sum_j ((1/\delta^{ji})/W^j) N^j$$

$$w^i = \frac{L^i}{\Omega^i N} \quad (4)$$

³ De acordo com [Anderson \(2011\)](#), o conceito desse tipo de custo foi desenvolvido por [Samuelson \(1952\)](#), sendo que o qual argumenta que os custos comerciais são proporcionais ao volume de produto embarcado.

onde,

$$\Omega^i = \sum_j \frac{1/\delta^{ji}}{W^j} \frac{N^j}{N} \quad (5)$$

utilizando a Equação 4 para substituir no salário W^j e reorganizando obtém-se a equação

$$W^j = \sum_k \frac{1/\delta^{jk}}{\Omega^k} \frac{L^k}{N} \quad (6)$$

posteriormente, utilizando-se a Equação 4 para substituir e reorganizar em 2, chega-se na equação estrutural de gravidade para a migração:

$$M^{ji} = \frac{L^i N^j}{N} \frac{1/\delta^{ji}}{\Omega^i W^j} \quad (7)$$

Conforme [Anderson \(2011\)](#), o primeiro termo do lado direito da equação representa, em uma situação que não há custos para migração, a parcela da população advinda de j origens para qualquer destino i . Por fim, o segundo termo é a fricção multilateral da migração entre j e i . Supondo um coeficiente constante de aversão ao risco (θ) em uma função utilidade linearizada, a equação estrutural de gravidade pode ser escrita da seguinte maneira:

$$M^{ji} = \frac{L^i N^j}{N} \left(\frac{\delta^{ji}}{\bar{\Omega}^i \bar{W}^j} \right)^{1-\theta} \quad (8)$$

onde,

$$\bar{\Omega}^i \equiv \left[\sum_j \frac{\delta^{ji^{1-\theta}}}{\bar{W}^j} \frac{N^j}{N} \right]^{1/(1-\theta)} \quad (9)$$

$$\bar{W}^j \equiv \left[\sum_i \frac{\delta^{ji^{1-\theta}}}{\bar{\Omega}^i} \frac{L^i}{N} \right]^{1/(1-\theta)} \quad (10)$$

Essas equações são análogas aquelas de resistência multilateral aplicadas ao modelo de comércio apresentado por [Anderson e Wincoop \(2003\)](#). Assim como no modelo de gravitacional de comércio, a resistência multilateral externa imputa o custo médio de migração para as regiões de origem, e é representado por $\bar{W}^j$, por outro lado, nas regiões de destinos, resistência multilateral interna é o custo médio de migração representado por $\bar{\Omega}^i$ ([ANDERSON, 2011](#)).

Ressalta-se que Ω e W são parâmetros definidos na configuração de equilíbrio geral, em que a solução se dá de forma simultânea e envolve a incidência de custo a todas as regiões. [Anderson \(2011\)](#) explica que são conceitos de equilíbrio geral condicional porque os L 's são endógenos e em um ambiente de produção Ricardiana, é possível combinar o sistema de migração com o modelo de gravidade. Por conseguinte, isso permite encontrar a oferta de trabalho de equilíbrio sujeita a fricção de migração e comércio. Sendo assim, o modelo é capaz de incorporar o papel das variáveis geográficas, como é o caso da distância que afeta negativamente os fluxos de migrações.

2.4 ABORDAGEM ECONOMÉTRICA

O Modelo de Regressão de Poisson, além de ser o estimador mais utilizado para dados de contagem, está cada vez mais ganhando popularidade entre modelos multiplicativos com outros tipos de dados (SANTOS-SILVA; TENREYRO, 2010). Conforme pode ser visto no Quadro 1, essa metodologia está sendo amplamente utilizada para estudos sobre os fluxos migratórios, em especial, na estimação de modelos gravitacionais. O motivo para essa utilização intensa desse estimador é que, mesmo que o conjunto de dados não possua distribuição de Poisson, ainda assim o estimador será muito mais robusto se comparados com os demais métodos empregados em equações gravitacionais.

Na literatura de comércio internacional também é comum a aplicação de modelos gravitacionais, e mais comum ainda é a sua linearização por meio de logaritmo. Porém, como a estimação desse modelo envolve fluxos bilaterais, a existência de valores iguais a zero fará com que a transformação se torne não identificada ou que seja feita alguma normalização, como por exemplo o logaritmo da soma da unidade para todas as observações. Tomando-se como exemplo uma versão estocástica do modelo gravitacional:

$$T_{ij} = \alpha_0 Y_i^{\alpha_1} Y_j^{\alpha_2} D_{ij}^{\alpha_3} \eta_{ij} \quad (11)$$

em que η_{ij} é um termo de erro que independe dos regressores com $E(\eta_{ij}|Y_i, Y_j, D_{ij} = 1)$. Para a estimação pelo método de MQO, é necessário a linearização a seguir

$$\ln T_{ij} = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_i + \alpha_2 \ln Y_j + \alpha_3 \ln D_{ij} + \ln \eta_{ij} \quad (12)$$

De acordo com Santos-Silva e Tenreyro (2006) o procedimento de log-linearização depende da pressuposição sobre o termo de erro do modelo econométrico η_{ij} , o que por sua vez, $\ln \eta_{ij}$ é estatisticamente independente dos regressores. Se η_{ij} depender dos regressores Y_i, Y_j ou D_{ij} , isso violará as pressuposições de consistência do estimador clássico de MQO. Os autores argumentam que um problema da analogia da equação de comércio com a proposta por Newton, é que a força gravitacional pode ser pequena, porém, nunca zero, e em muitos casos, o comércio entre países é nulo. Por conseguinte, o zero na variável torna-se um problema, adicionalmente, o viés é aumentado pela log-linearização na presença de heterocedasticia.

Conforme Wooldridge (2010) em um modelo básico de Poisson a variável dependente y_i assume valores positivos, inclusive valores iguais a zero e as variáveis explanatórias são representadas por $\mathbf{x} \equiv (x_1, \dots, x_K)$. A distribuição de Poisson é inteiramente determinada pela sua média, de modo que, simplesmente só é necessário especificar a média condicional a $\mathbf{x}$, que é dada por $\mu(\mathbf{x}) \equiv E(y | \mathbf{x})$:

$$f(y | \mathbf{x}) = \frac{\exp[-\mu(\mathbf{x})][\mu(\mathbf{x})]^y}{y!}, \quad y = 0, 1, 2, \dots, \quad (13)$$

Um modelo paramétrico para $\mu(\mathbf{x})$ pode ser dado por $\mu(\mathbf{x}) = \exp(\mathbf{x}\beta)$ e pode ser estimado pelo método de *máxima verossimilhança*. A mais importante pressuposição

da distribuição de Poisson é que a média seja igual a variância, isso é muito restritivo e dificilmente se verifica na prática. Deste modo, pressupõe-se que a variância é proporcional a média:

$$Var(y | \mathbf{x}) = \sigma^2 E(y | \mathbf{x}) \quad (14)$$

O caso mais comum é a ocorrência de *overdispersion* em que $\sigma^2 > 1$, indicando que a variância será maior que a média. Por outro lado, menos comum é a situação de *underdispersion* será quando $\sigma^2 < 1$. De acordo com [Cameron e Trivedi \(2003\)](#), o Modelo de Regressão de Poisson é derivado da distribuição de Poisson pela parametrização da relação entre a média do parâmetro μ e o vetor de covariáveis $\mathbf{x}$, adaptando-se para a notação adotada nesse estudo, o modelo pode ser representado por:

$$E(y | \mathbf{x}) = \mu(\mathbf{x}) = \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta}) \quad (15)$$

em que, $\mathbf{x}$ é um vetor $1 \times K$ de variáveis, inclusive a constante; $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor $K \times 1$ de parâmetros. O termo $\log(y!)$ é omitido porque não depende do parâmetro $\boldsymbol{\beta}$, portanto, o log-verossimilhança será:

$$\ell_i(\boldsymbol{\beta}) = y_i \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta} - \exp(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}) \quad (16)$$

De acordo com [Santos-Silva e Tenreiro \(2010\)](#) partir da condição de primeira ordem abaixo, fica claro que a única condição necessária para a consistência do parâmetro estimado de $\boldsymbol{\beta}$ será $E(y | \mathbf{x}) = \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$, sendo que esse é o resultado de *Pseudo-Maximum Likelihood* de [Gourieroux, Monfort e Trognon \(1984\)](#). Outra vantagem destacada por [Santos-Silva e Tenreiro \(2010\)](#) é como o *Hessiano* é definido negativo para x e $\boldsymbol{\beta}$, garante que, se existir, o ponto de máximo será único, fazendo com que ocorra uma convergência relativamente com poucas iterações.

$$\begin{aligned} s(\boldsymbol{\beta}) &= \sum_{i=1}^n [y_i - \exp(x'_i \boldsymbol{\beta})] x_i \\ H(\boldsymbol{\beta}) &= - \sum_{i=1}^n \exp(x'_i \boldsymbol{\beta}) x_i x'_i \end{aligned} \quad (17)$$

A interpretação do modelo é simples, e se inicia a partir da primeira derivada em relação à variável de interesse. Assumindo que x_j é uma variável contínua, o seu efeito parcial (ME) ⁴ pode ser obtido diretamente tomando-se a derivada da equação com relação à variável de interesse:

$$ME = \frac{\partial E(y | \mathbf{x})}{\partial x_j} = \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta}) \boldsymbol{\beta}_j \quad (18)$$

seguindo [Wooldridge \(2010\)](#) e de utilizando a esperança da Equação 15 para substituir e reorganizar 18, observa-se que, se a variável está em nível, o parâmetro estimado se trata de uma semi-elasticidade, isto é, $\boldsymbol{\beta}_j \times 100$:

$$\boldsymbol{\beta}_j = \frac{\partial E(y | \mathbf{x})}{\partial x_j} \cdot \frac{1}{E(y | \mathbf{x})} = \frac{\partial \log E(y | \mathbf{x})}{\partial x_j} \quad (19)$$

⁴ Sigla do inglês “Marginal Effects”, que também se refere ao efeito parcial.

caso a variável seja do tipo binária, isto é, 0 ou 1, a interpretação em valores percentuais da mudança de 0 para 1 será simplesmente o cálculo: $[\exp(\beta) - 1] \times 100$ (SANTOS-SILVA; TENREYRO, 2006; WOOLDRIDGE, 2010).

Para pequenas mudanças em Δx_j , a elasticidade de $E(y | \mathbf{x})$ com relação x_j pode ser obtida simplesmente com $100\beta_j\Delta x_j$. Caso a variável de interesse esteja na forma $\log(x_j)$, o parâmetro β_j será diretamente uma elasticidade do tipo CES. Utilizando a Equação 15 para $E(y | \mathbf{x})$, trará estimativas similares a uma regressão cuja variável dependente é $\log(y)$ em um modelo de regressão linear (WOOLDRIDGE, 2010). Comumente o modelo é chamado de log-linear, isso porque, o logaritmo da média condicional é linear nos parâmetros $\ln E[y | \mathbf{x}] = \mathbf{x}\beta$ (CAMERON; TRIVEDI, 2015). Cameron e Trivedi (2010) exemplifica uma forma equivalente do cálculo da elasticidade de $E(y | \mathbf{x})$ com relação à x , em outras palavras, isso quer dizer a mudança percentual no valor esperado de y com respeito a mudanças percentual em x . Inicialmente, toma-se o método de *finite-difference* para obter o ME, e no modelo de regressão de Poisson, será exatamente como demonstrado na Equação 18.

$$\text{ME} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (20)$$

por conseguinte, a elasticidade será dada por:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \times \frac{x}{y} = \text{ME} \times \frac{x}{y} \quad (21)$$

sabendo-se que o valor predito será $\hat{y}_i = \exp(\mathbf{x}_i\hat{\beta})$ e $E(y | \mathbf{x}) = \bar{y} = \hat{\bar{y}}$, posteriormente substitui-se a Equação 18 em 21, a elasticidade de $E(y | \mathbf{x})$ em relação a uma variável em específico, x_j , será aproximadamente:

$$\varepsilon = \beta_j \times \bar{x}_j \quad (22)$$

Para a modelagem com dados em painel, é comum o controle de efeitos específicos inerentes aos indivíduos que compõem o painel, em especial, pode ser empregada a metodologia com Efeitos Fixos (EF). Para os modelos com dados de contagem, a média condicional é restrita a ser positiva, sendo que o seu efeito é do tipo multiplicativo na sua média condicional (CAMERON; TRIVEDI, 2015). Inicialmente, partir de um modelo exponencial como demonstrado na Equação 15, é possível adicionar os subscritos de indivíduo i e de tempo t para chegar em um modelo de dados de contagem em painel. Um exemplo pode ser representado com base em Cameron e Trivedi (2015):

$$\mu_{it} \equiv E[y_{it} | \mathbf{x}_{it}, \alpha_i] = \alpha_i \lambda_{it} = \alpha_i \exp(\mathbf{x}'_{it}\beta), \quad i = 1, \dots, n, \quad t = 1, \dots, T, \quad (23)$$

Com base nessa equação, percebe-se que o intercepto agora está incluso em α_i , e fazendo com que $\delta_i = \ln \alpha_i$. A interpretação do efeito específico individual será de um efeito multiplicativo ou de uma mudança no intercepto, sendo assim, é possível reescrever para:

$$\mu_{it} \equiv \exp(\delta_i + \mathbf{x}'_{it}\beta) \quad (24)$$

seguindo [Cameron e Trivedi \(2015\)](#), pode-se demonstrar que o efeito marginal dependerá de α_i , e será dado assim como na Equação 18:

$$ME_{itj} \equiv \frac{\partial E[y_{it} | \mathbf{x}_{it}, \alpha_i]}{\partial \mathbf{x}_{itj}} = \alpha_i \exp(\mathbf{x}'_{it} \beta) \beta_j = \beta_j E[y_{it} | \mathbf{x}_{it}, \alpha_i] \quad (25)$$

Cabe destacar que, as estimativas da Regressão de Poisson ainda são robustas mesmo quando a variável de interesse não seja de contagem ou também não possua distribuição de Poisson, sendo necessário o relaxamento do pressuposto da equidispersão, assumindo que a variância é proporcional a média condicional ([WOOLDRIDGE, 2010](#)). Por sua vez, [Santos-Silva e Tenreiro \(2006\)](#) demonstram que as estimativas de *Poisson Pseudo-Maximum Likelihood* (PPML) são consistentes e robustas mesmo em diferentes padrões de heterocedasticia. Outro argumento levantado é a robustez na presença de fluxos iguais a zero e também nos casos de erros de medida, como, por exemplo, erros de arredondamento.

Posteriormente, [Santos-Silva e Tenreiro \(2011\)](#) providenciaram várias simulação de Monte Carlo com diferentes estimadores, como por exemplo o estimador de *Gamma Pseudo-Maximum Likelihood* (GPML), PPML e também aqueles que se baseiam na log-linearização, tais como o Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com a variável dependente truncada em zero ($y_i = 0$), e ($y_i + 1$); o estimador proposto por [Eaton e Tamura \(1994\)](#) (ET-Tobit), e de Mínimos Quadrados Generalizados (MQGF), com ($y_i > 0$). Conforme os autores, o estimador PPML ainda mantém suas propriedades conforme destacado em [Santos-Silva e Tenreiro \(2006\)](#), mesmo em grande proporção de zeros na variável dependente.

2.5 DADOS E MODELO EMPÍRICO

Os dados sobre os fluxos migratórios foram obtidos junto aos microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) para os anos de 2001 a 2015 para as 27 Unidades da Federação (UF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A escolha desse período se deu por três motivos: 1) é justamente nesse recorte temporal em que se observa uma maior estabilidade em relação às regiões que a pesquisa cobria, bem como a reponderação dessas áreas nesse período ⁵. 2) é o período que possui informação para todas as variáveis que serão utilizadas na análise. 3) conforme destacado em seções anteriores, é nesse recorte temporal em que se observa uma reversão dos fluxos migratórios Sudeste-Nordeste.

O conceito de migração adotado foi o indivíduo que residia anteriormente em outra UF que não a atual, ou seja, desconsiderado-se os que mudaram de residência dentro da própria UF. Considerou-se como migrante somente aqueles indivíduos aptos à migração, mais especificamente, com idade entre 18 a 70 anos e que não frequentavam nenhum curso, bem como, possuíam no máximo um ano de residência na UF. [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#) realizam um procedimento semelhante, e isso tem a finalidade de

⁵ Até o ano de 2003, a pesquisa não cobria áreas rurais de alguns estados da Região Norte

garantir que os indivíduos migrantes serão somente aqueles os que são capazes da tomada de decisão de migração e que efetivamente se deslocam pelas oportunidades de trabalho e outros atrativos, e assim, excluindo-se os agregados e estudantes.

O rendimento médio leva em consideração somente indivíduos com idade de 18 a 70 anos, que estavam ocupados e com rendimento de todos os trabalhos não nulo e o total de pessoas com idade entre 18 a 70 anos não naturais na UF, que é a variável dependente, foram os microdados da PNAD. Com relação ao nível de saúde, tomou-se como *proxy*, a taxa de mortalidade infantil por mil nascidos vivos com as informações disponíveis no DATASUS ⁶. Essa variável busca expressar o nível de saúde nos estados, ademais, existem muitos órgãos internacionais que usam esse indicador para analisar condições de vida em vários países (LEAL; SZWARCOWALD, 1996; BARUFI, 2009). Para a taxa de violência por cem mil habitantes, utilizou-se como *proxy*, o total de óbitos relacionadas a agressão, cuja fonte também foi o sistema do DATASUS.

Para as variáveis básicas do modelo gravitacional, população no destino i e na origem j , consideraram-se as estimativas da população a nível estadual fornecidas pelo IBGE. A distância entre os estados foi calculada com base no centroide de capital de cada estado. Para a variável referente a temperatura média anual e precipitação média anual em cada estado, utilizou-se os dados das estações da base do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificamente, no sistema Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).⁷ Justo e Silveira Neto (2006) e Mata et al. (2008), além de variáveis climáticas nos modelos de migrações, com fins de controle a desigualdade na distribuição de renda, também incluíram o Índice de Gini como variáveis explanatórias. Para a variável que capta a desigualdade na distribuição de renda em cada estado, considerou-se os dados disponibilizados pela base de dados do IPEADATA.

O modelo a ser estimado é um modelo gravitacional com dados em painel, cuja variável dependente é o total de migrantes da origem j com destino i , com o fluxo migratório $ij = 1, 2, \dots, 702$, observados no tempo $t = 2001, \dots, 2015$ ⁸. A equação gravitacional será especificada da seguinte maneira:

$$M_{ij,t} = \exp[\alpha_0 + \pi_{i,t} + \pi_{j,t} + \beta_1 \ln(POP_{i,t-1}) + \beta_2 \ln(POP_{j,t-1}) + \beta_3 \ln(DIST_{ij}) + \beta_4 VIZ_{ij} + \beta_5 (REND_{ij,t}) + \beta_6 (SAUD_{ij,t}) + \beta_7 (VIOL_{ij,t}) + \beta_8 (TEMP_{ij,t}) + \beta_9 (PREC_{ij,t}) + \beta_{10} (GINI_{ij,t}) + \mu_{h,k} + \gamma_t] \times \varepsilon_{ijt} \quad (26)$$

Em seu estudo, Ramalho, Figueiredo e Silva Netto (2016) chamam atenção para a falta de variabilidade e que de certa maneira refletiriam em multicolinearidade de algumas variáveis de controle, e então optaram pela não inclusão de tais variáveis, permanecendo somente com as variáveis básicas da equação gravitacional. Para contornar

⁶ Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde.

⁷ Como para o estado de Rondônia não havia dados disponíveis a partir de 2008 a 2015 pelo INMET, utilizou-se as informações do sistema do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

⁸ Destaca-se que como 2010 foi um ano censitário, não houve coleta de dados da PNAD, e portanto, o painel de dados não contempla esse ano.

esse problema, o presente estudo busca captar o diferencial das variáveis no destino e na origem, então, procedeu-se o cálculo da razão variável entre a região i e j , como, por exemplo, para o rendimento médio, será: $REND_{ij,t} = REND_{i,t-1}/REND_{j,t-1}$. Por conseguinte, os parâmetros que controlam a resistência multilateral serão $\pi_{i,t}$ (no destino) e $\pi_{j,t}$ (na origem), basicamente, representam os efeitos fixos de origem e destino que variantes no tempo, e para controlar o efeitos fixos de tempo, inclui-se γ_t que são variáveis binárias para cada ponto no tempo.

Especificamente, as variáveis binárias visam controlar os fatores internos e externos, observáveis ou não que possam influenciar a migração bilateral. A fim de controlar os pares de fluxos inter-regionais, isto é, se o destino i pertence a região h ⁹, que é advinda da origem j e que pertence a região k , sendo representada por $\mu_{h,k}$. O Quadro 2 apresenta a representação e um breve resumo das variáveis utilizadas no presente estudo.

Quadro 2 – Variáveis e sinais esperados para as estimativas da Equação 26

Variável	Descrição	Sinal Esperado
M_{ij}	Migração da origem j com destino a i	Var. Dependente
POP_i/POP_j	População de destino e origem	+
$DIST_{ij}$	Distância entre as capitais de i e j mensuradas em km	–
VIZ_{ij}	Binária igual a 1 se i e j compartilham fronteira, 0 caso contrário	+
$REND_{ij}$	Rendimento real relativo de i em relação a j	+
$SAUD_{ij}$	<i>Proxy</i> para o diferencial do nível de saúde de i em relação a j	–
$VIOL_{ij}$	<i>Proxy</i> para o diferencial do nível de violência de i em relação a j	–
$TEMP_{ij}$	<i>Proxy</i> para o diferencial de temperatura de i em relação a j	–
$PREC_{ij}$	<i>Proxy</i> para o diferencial de precipitação de i em relação a j	+
$GINI_{ij}$	<i>Proxy</i> para o diferencial de desigualdade de renda de i em relação a j	–

Fonte – Elaboração própria.

Nas próximas seções, estimar-se-á um modelo gravitacional a fim de investigar os determinantes, bem como os impactos dos seus diferenciais nos fluxos migratórios interestaduais. Conforme os benefícios advogados anteriormente e os apresentados por Santos-Silva e Tenreiro (2006), tanto em relação ao problema de heterocedasticidade, quanto na quantidade de fluxos iguais a zero, será utilizado o estimador de PPML.

2.6 MIGRAÇÕES INTERESTADUAIS NO BRASIL (2001-2015)

Conforme os dados da PNAD, como já era de se esperar, por serem as regiões mais populosas, pode-se observar que a Região Sudeste e Nordeste são, tanto os principais destinos, quanto as principais origens das migrações no período de 2001 a 2015. A Região

⁹ Com h e k , representado: Sul, Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. A combinação de origem e destino destes fluxos configuram o total de 25.

Norte e Sul apresentam a menor quantidade de migrantes no destino e a menor quantidade na origem estão as Regiões Norte e Centro-Oeste. De acordo com a Tabela 1, apesar do Sudeste e Nordeste serem os principais destinos das migrações, também são as principais origens, apresentando, em média, um saldo migratório negativo, respectivamente, com aproximadamente 30,2 e 5,1 mil indivíduos. O Norte, apesar de não possuir uma quantidade expressiva de migrantes, se comparado com os demais, também apresentou saldo negativo ao longo desse período.

Tabela 1 – Média anual do total de Migrantes na região de Destino, Origem e Saldos (2001-2015)

Região	Destinos		Origens		Saldo
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	
Centro-Oeste	158.909	31.266	131.736	31.301	27.173
Nordeste	284.741	65.214	289.796	56.303	−5.055
Norte	89.269	15.428	95.512	20.447	−6.243
Sudeste	359.575	73.374	389.739	76.865	−30.165
Sul	151.727	23.739	137.437	25.833	14.290

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

A partir da Tabela 1, é possível aprofundar a relação inter-regional, especificamente, a fim de identificar quais são os fluxos mais expressivos e sua dinâmica ao longo do período analisado. A composição dos fluxos migratórios inter-regionais está disposta na Tabela 2, constata-se que os fluxos mais intensos têm origem na Região Sudeste com destino ao Nordeste, com aproximadamente 1,95 milhão de indivíduos, considerando-se esse fluxo no sentido contrário, esse valor é próximo a 1,83 milhão. Outro ponto interessante é a representatividade do total de migrantes oriundos do Sudeste em relação ao total recebido pelo Nordeste, sendo aproximadamente 48,92%.

A migração interna a cada região também é outro fator importante a ser destacado. Existem regiões em que a dinâmica da migração é mais intensa internamente, como por exemplo no Sul, Sudeste e Norte. Considerando-se a Região Sudeste, apresenta maior valor absoluto de 2,08 milhões de migrantes e com a participação no total recebido de 41,4%. A maior participação de intercâmbios internos é verificado na Região Sul, com aproximadamente 45,96%. As regiões com migrações internamente menos expressivas são Centro-Oeste e Nordeste, com participação de 25,15% e 28,65%. No caso da Região Centro-Oeste, evidencia-se que o maior percentual (26,97%) de migrantes são oriundos do Nordeste.

Tabela 2 – Total de migrantes por fluxos inter-regionais (2001-2015)

Destino	Origem	Total	Participação
Centro-Oeste	Centro-Oeste	559.480	25,15%
Centro-Oeste	Nordeste	599.974	26,97%
Centro-Oeste	Norte	279.851	12,58%
Centro-Oeste	Sudeste	523.069	23,51%
Centro-Oeste	Sul	262.354	11,79%
Nordeste	Centro-Oeste	414.973	10,41%
Nordeste	Nordeste	1.141.998	28,65%
Nordeste	Norte	372.959	9,36%
Nordeste	Sudeste	1.950.009	48,92%
Nordeste	Sul	106.435	2,67%
Norte	Centro-Oeste	216.691	17,34%
Norte	Nordeste	363.775	29,11%
Norte	Norte	434.160	34,74%
Norte	Sudeste	167.839	13,43%
Norte	Sul	67.305	5,39%
Sudeste	Centro-Oeste	438.963	8,72%
Sudeste	Nordeste	1.831.208	36,38%
Sudeste	Norte	170.304	3,38%
Sudeste	Sudeste	2.081.865	41,36%
Sudeste	Sul	511.706	10,16%
Sul	Centro-Oeste	214.200	10,08%
Sul	Nordeste	120.190	5,66%
Sul	Norte	79.899	3,76%
Sul	Sudeste	733.570	34,53%
Sul	Sul	976.315	45,96%

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

A Figura 1a evidencia o total de migrantes nos estados de destino no período de 2001 a 2015, percebe-se que boa parte da migração recebida pela Região Sudeste, especialmente, se destina ao estado de São Paulo, que notadamente, possui um total de 2,55 milhão, destacando-se como um estado que recebe migrações acima da média nacional ao longo do período ¹⁰. Especificamente, São Paulo é o destino de cerca de 50,60% das migrações advindas de outros estados para a Região Sudeste, sendo que 30,49% se destina a Minas Gerais. Tomando-se o estado da Bahia como destino, constata-se que as migrações para esse estado foram acima da média nacional, com 1,07 milhão de indivíduos, detendo 26,86% das migrações destinadas a Região Nordeste.

Com base na Figura 1a também é possível inferir que o estado do Paraná se destaca entre os estados da Região Sul, aproximando-se da média nacional ao longo do período, com o total de 1,02 milhão de migrantes. Os estados com fluxos menos expressivos são os da Região Norte e Nordeste; dentro da Região Norte, o Pará apresentou maior relevância, com aproximadamente meio milhão de migrantes e no Nordeste, apenas 119 mil pessoas migraram para Sergipe, enquanto que para Alagoas esse número é relativamente superior, aproximadamente 171,60 mil indivíduos.

¹⁰ A média nacional anual de migrantes foi 1,04 milhão pessoas de 2001 a 2015.

A Figura 1b ilustra o total de migrantes nas origens ao longo de 2001 a 2015. Dentre os principais destaques estão o estado de São Paulo, com um total de 3,13 milhões de pessoas, o que se comparado com a Figura 1a, gerou o saldo mais negativo perante os demais estados, de aproximadamente 584 mil migrantes. Por outro lado, aproximadamente 1,2 milhão de indivíduos deixaram Minas Gerais e Bahia com destino aos demais estados, sendo que para o primeiro, o saldo é um pouco mais de 371 mil migrantes, e para o segundo, esse saldo é negativo em aproximadamente 84 mil indivíduos ao longo do período.

Figura 1 – Total de migrantes interestaduais para os estados brasileiros de destinos (a) e origens (b) (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

A Figura 2 apresenta o saldo migratório dos estados brasileiros no período de 2001 a 2015. Com relação aos estados da Região Centro-Oeste, percebe-se que somente o Distrito Federal apresentou saldo negativo de aproximadamente 104 mil indivíduos. Dentre os estados da Região Nordeste, apenas quatro apresentaram saldo negativo, mais especificamente: Maranhão, Alagoas, Bahia e Sergipe, com respectivamente, 144, 136, 84 e 54 mil pessoas. Na mesma região, o maior saldo encontra-se no Piauí com 156 mil e Ceará com 86 mil migrantes. Destaca-se que as migrações de São Paulo e Rio de Janeiro representaram cerca de 49,13% do total recebido pelo Ceará, e para o estado do Piauí, cerca de 40,49% dos migrantes são oriundos de São Paulo.

Como pode ser visto na Figura 2, Minas Gerais, Goiás, Piauí, Espírito Santo e Paraná foram os cinco dos treze estados que apresentaram maior saldo positivo. Com relação aos estados da Região Sudeste, se por um lado Minas Gerais apresentou o maior saldo, com aproximadamente 372 mil migrantes, por outro, se comparado com os demais estados do Brasil, São Paulo teve o saldo mais negativo, isto é, saíram 584 mil indivíduos

a mais do que os que migraram para esse estado no período. Para os estados da Região Norte, constata-se que apenas Roraima apresentou saldo positivo, aproximadamente 9,6 mil migrantes.

Figura 2 – Saldo migratório dos estados brasileiros (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

A Tabela 3 apresenta um resumo com os 10 fluxos com maior volume no período de 2001-2010. Evidencia-se que Minas Gerais recebe a maior quantidade de migrantes oriundos do estado de São Paulo, com 645.765 migrantes, o que representa aproximadamente 42,07% do seu total recebido. Em segundo lugar encontra-se a Bahia, com 504.225 e representando 47,09% do seu total que também é proveniente de São Paulo. Por conseguinte, observando-se o fluxo contrário, isto é, as migrações de Minas Gerais e Bahia representam aproximadamente 38,48% do total que se destinou ao estado de São Paulo. Verifica-se ainda que há um saldo positivo entre Bahia e São Paulo de 11,58 mil migrantes, e para o fluxo entre Minas Gerais e São Paulo o saldo se aproxima de 158 mil migrantes.

Tabela 3 – Total de migrantes segundo o destino e origem para os 10 principais fluxos interestaduais (2001-2015)

Destino	Origem	Total	Participação
MG	SP	645.765	42,07%
BA	SP	504.225	47,09%
SP	BA	492.648	19,34%
SP	MG	487.603	19,14%
PR	SP	417.928	41,12%
SP	PR	285.419	11,20%
SC	PR	252.347	36,97%
PR	SC	237.599	23,38%
GO	DF	216.949	23,23%
SC	RS	196.048	28,72%

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

Se por um lado o Paraná foi destino de aproximadamente 418 mil migrantes oriundos de São Paulo, o que representa a maior parcela do seu total, em torno de 41,12%, por outro, também foi origem de 285 mil indivíduos com destino a São Paulo, o que por sua vez representou apenas 11,2% para este último. Cerca de 252 mil pessoas saíram do Paraná com destino a Santa Catarina, representando, aproximadamente, 38% de todas as migrações que se destinam a Santa Catarina.

Conforme destacado na revisão de literatura apresentada anteriormente, dentre os vários fatores que afetam a mobilidade populacional no espaço, verifica-se que o diferencial regional de rendimento é um dos principais motivadores da tomada de decisão de migração. A Figura 3a apresenta o rendimento real médio por estado de 2001-2015, sendo que o mesmo pode ser correlacionado com a Figura 1, isto é, se por um lado os estados que apresentam maiores rendimentos médios, são aqueles que recebem mais migrantes, também enviaram para outras regiões. A ideia por trás dessa suposição é que o rendimento elevado faz com que os custos da migração possam ser superados, possibilitando a saída de indivíduos para outras regiões, e ao mesmo tempo, torna-se um atrativo de migrantes para as regiões com maiores rendimentos médios.

Pode-se argumentar que existem padrões na distribuição espacial, tanto em rendimento médio, quanto nos fluxos migratórios de origem e destino, que principalmente se concentram nos estados da Região Sudeste. O maior rendimento real médio pode ser constatado no Distrito Federal, com aproximadamente, R\$ 3.170,00 e São Paulo com R\$ 2.125,43. A Figura 3b ilustra a desigualdade na distribuição de renda, e se comparado com a Figura 3a, percebe-se que os estados da Região Nordeste são os que possuem um menor rendimento médio e uma maior desigualdade na distribuição de renda, sendo que o índice para os estados dessa região estão acima da média nacional, mais especificamente, se encontram no intervalo de 0,54 a 0,56. Ao mesmo tempo que o Distrito Federal apresenta o

maior rendimento médio, também apresenta o maior índice de desigualdade na distribuição de renda, com aproximadamente, 0,61.

Figura 3 – Rendimento real médio (a), índice de Gini (b), temperatura média (c) e precipitação média (d) para os estados brasileiros (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD e INMET.

Na sequência, é possível observar outra variável que se relaciona com a migração na Figura 3c, verifica-se que as temperaturas médias mais elevadas estão localizados nos estados da Região Norte, com 27,7°C e Nordeste com 27,2°C. E as maiores temperaturas podem verificadas nos estados do Piauí, com 29,26°C e 28,59°C no Maranhão. Os estados da Região Sudeste e Sul possuem temperaturas mais amenas, respectivamente 24,0°C e 20,0°C.

Sendo que as menores temperaturas são, aproximadamente, 19,38°C em Santa Catarina e 19,56°C no Rio Grande do Sul. Por fim, a Figura 3d apresenta a precipitação média ao longo do período para os estados brasileiros, em que os maiores níveis de precipitações podem ser observados nos estados da Região Norte, como o Amazonas, Minas Gerais na Região Sudeste, e Rio Grande do Sul na Região Sul.

A Figura 4 apresenta a média das variáveis *proxies* para saúde e violência ao longo de 2001-2015 para os estados brasileiros. Conforme a Figura 4a, verifica-se que as maiores taxas de mortalidade infantil por mil nascidos vivos estão localizadas na Região Nordeste e Norte. Em especial, destacam-se os estados de Sergipe, Alagoas, Amapá e Piauí, que possuem taxas que variam de 19,94 a 21,44. As menores taxas médias podem ser observadas nos estados da Região Sul e Sudeste, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo, com taxas que vão de 11,91 a 13,24.

A variável que representa o nível de violência em cada estado está disposta na Figura 4b. A Região Sudeste apresentou, no período de 2001-2015, uma taxa média de mortes relacionadas à agressão de 32,5 para cada cem mil habitantes. O Centro-Oeste com 32,4, Nordeste 31, Norte e Sul com respectivamente, 28,6 e 20,1. Com base na Figura 4b ainda é possível perceber que as menores taxas pertencem ao estado de Santa Catarina e Piauí, com respectivamente 11,65 e 14,50. Por outro lado, as maiores taxas se apresentam no Alagoas, Espírito Santo, Pernambuco e Rio de Janeiro, que vão de 39,65 a 51,79. De uma forma geral, as menores taxas foram verificadas na Região Sul e Sudeste, enquanto que as maiores taxas de mortalidades estão localizadas nos estados da Região Nordeste.

Figura 4 – Média da taxa de mortalidade infantil a cada mil nascidos vivos (a) e média da taxa de óbitos por agressão a cada cem mil habitantes (b) para os estados brasileiros (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados disponíveis na plataforma TABNET/DATASUS.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis dos modelos utilizados no presente estudo. Um ponto importante a destacar é a quantidade de fluxos iguais a zero, isto é, dos 702 fluxos de origem e destino observados no tempo, que totalizam 9828 observações, apenas 48,07% são fluxos iguais a zero; o que não é muito elevado se comparado com os demais estudos presentes na literatura. Santos-Silva e Tenreiro (2006) argumentam que em muitos casos os valores não são reportados ou porque são muito pequenos, porém, mesmo em uma escala elevada de fluxos iguais a zero, o estimador PPML ainda permanece robusto.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas estimações econométricas (2001-2015)

Variável	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo	Obs.
Migração	1.487,49	4.113,01	0,00	80.183,00	9.828
População	6.974.234,70	8.233.496,04	337.237,00	44.396.484,00	9.828
Rendimento Real	1.521,91	504,43	692,71	3.676,60	9.828
Saúde	16,78	3,91	9,56	33,29	9.828
Índice de Gini	0,54	0,04	0,42	0,63	9.828
Temperatura (°C)	25,71	2,67	18,73	30,04	9.828
Precipitação (mm)	1.126,66	1.071,75	97,25	6.404,39	9.828
Violência	1.921,14	2.151,49	83,00	15.745,00	9.828
Distância	1.813,44	874,06	97,53	3.834,69	9.828

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Conforme a Tabela 4, é possível perceber que o desvio padrão é maior que a média para a migração interestadual no período de 2001 a 2015, gerando um coeficiente de variação de aproximadamente 276,50%. Esse coeficiente representa uma dispersão em torno da média altamente elevada, apoiando a hipótese levantada anteriormente da concentração do padrão de migração para estados em determinadas regiões, tais como São Paulo, Bahia e Minas Gerais. O volume máximo de migrantes observado (80.183) teve como destino o estado de Minas Gerais, cuja origem foi o estado de São Paulo no ano de 2001.

2.7 RESULTADOS

A fim de analisar os fluxos migratórios interestaduais e os impactos das variáveis de controle associadas, estimou-se a Equação 26, cuja variável dependente é o total dos migrantes recebidos pelos estados i oriundos de j no período t que varia do ano de 2001 a 2015. A primeira coluna da Tabela 5 apresenta as estimativas com o método *Pooled*, que fora apresentado apenas com fins de comparação, tendo em vista que o mesmo é enviesado por dois motivos, o primeiro é porque não leva em consideração os efeitos individuais inerentes a cada fluxo, e em segundo lugar, porque é um modelo censurado, isto é, remove os fluxos iguais a zero. No caso deste último, optou-se a não realizar nenhum procedimento, apenas removendo-se os fluxos iguais a zero e assim linearizando a variável dependente e os seus regressores.

A segunda coluna apresenta o modelo de EF, que é basicamente uma extensão do método *Pooled*, em que os efeitos fixos são computados da maneira usual em modelos de gravidade de comércio, isto é, incluindo-se apenas dummies de origem e destino, bem como procedendo-se a remoção dos fluxos iguais a zero e a linearização via aplicação de logaritmo. Santos-Silva e Tenreyro (2006) advertem que o procedimento de transformação da variável dependente como $\log(Y_{ij,t}+1)$ geralmente acarreta em estimativas inconsistentes dos parâmetros, e que a gravidade dessa inconsistência depende das particularidades da amostra e da especificação utilizada, porém, não há motivos para descartar a significância desse problema; sendo assim, optou-se pela remoção dos fluxos iguais a zero.

Comparando-se as colunas 1 e 2 da Tabela 5, percebe-se que o procedimento *Pooled* e a linearização eliminou uma quantidade elevada de observações, especificamente, 48,07% da amostra. Outro ponto importante a destacar é a inclusão dos efeitos fixos, tornou alguns parâmetros estatisticamente significativos e outros passaram a não ser, e a elevação do R^2 de 0,47 para 0,59. Para verificar a adequação da especificação dos modelos estimados, foi realizado o teste RESET robusto em heterocedasticidade proposto por Ramsey (1969), cuja hipótese nula é de que o modelo está corretamente especificado.

As estatísticas reportadas pelo teste RESET estão dispostas ao final da Tabela 5, e com base no p-valor reportado, constata-se que no modelo da primeira coluna, ao nível de significância de 1%, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo está corretamente

especificado, isso pode ser pela omissão de variáveis relevantes, tais como os efeitos fixos, ou forma funcional incorreta, como por exemplo a linearização de um modelo não linear, bem como a exclusão de fluxos iguais a zero. Na sequência, pela segunda coluna o teste reportou novamente um p-valor baixo, o que por sua vez, levou a rejeição da hipótese nula ao nível de significância de 5%, isto é, mesmo com a inclusão de controles de efeitos fixos, o teste ainda indicou que existe falha na especificação.

Tabela 5 – Estimativas da Equação Gravitacional para o fluxo de migração interestadual de 2001-2015

	Pooled	OLS-EF	PPML	
			(A)	(B)
<i>Vizinho_{ij}</i>	0,8620*** (0,0956)	0,9115*** (0,0888)	1,0017*** (0,1723)	0,7494*** (0,1107)
<i>Dist_{ij}</i>	-0,3117*** (0,0549)	-0,3560*** (0,0495)	-0,3861*** (0,0982)	-0,9711*** (0,1088)
<i>Pop_{it}</i>	0,4623*** (0,0344)	0,1364 (0,2744)	0,7488*** (0,1200)	0,7875*** (0,1528)
<i>Pop_{jt}</i>	0,4135*** (0,0410)	-0,0340 (0,2786)	0,8145*** (0,0785)	0,8492*** (0,2612)
<i>Renda_{ijt}</i>	0,1184 (0,1020)	1,2283*** (0,1628)		3,2403*** (0,5452)
<i>Gini_{ijt}</i>	-0,1327 (0,3422)	-0,6371** (0,2483)		11,5738 (6,8318)
<i>Prec_{ijt}</i>	0,0055 (0,0060)	-0,0098 (0,0059)		-0,0069 (0,0087)
<i>Temp_{ijt}</i>	0,1391 (0,3174)	-1,5706** (0,6324)		-9,6027** (4,5688)
<i>Saude_{ijt}</i>	-0,1224 (0,1333)	0,2091** (0,0952)		1,4702 (1,0465)
<i>Viol_{ijt}</i>	-0,0054 (0,0256)	-0,0363 (0,0188)		-0,0275 (0,0485)
Constant	1,6192** (0,7899)	7,9797*** (1,1608)	-3,5865** (1,7503)	-5,7982 (5,8749)
<i>Obs.</i>	5104,0000	5104,0000	9828,0000	9828,0000
<i>R²</i>	0,4715	0,5914	0,6454	0,8269
RESET p-valor	0,0018	0,0236	0,0001	0,5549
Efeitos Fixos				
Tempo	Não	Não	Sim	Sim
Destino	Não	Sim	-	-
Origem	Não	Sim	-	-
Destino-Tempo	Não	-	Sim	Sim
Origem-Tempo	Não	-	Sim	Sim
Fluxo Inter-Regional	Não	Não	Não	Sim

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Nota – Erros padrão robustos clusterizados entre parênteses. Significância ** ($p < 0, 05$); *** ($p < 0, 01$)

As colunas A e B da Tabela 5 apresentam as estimativas de dados em painel via PPML. Na coluna A são apresentados as estimativas da equação gravitacional básica,

que inclui somente variáveis referentes a população de origem, destino, distância e uma variável binária que assume valor igual a 1 se o estado de destino compartilha fronteira com a origem e zero caso contrário, e também inclui variáveis que controlam a resistência multilateral, isto é, com efeitos fixos de origem e destino que variam no tempo. Com base nessa coluna, verifica-se que, com exceção do intercepto da regressão, todos os parâmetros estimados foram estatisticamente significativos a 1%, porém, novamente o teste RESET apresentou o um baixo p-valor, rejeitando-se a hipótese nula.

Ao analisar o p-valor reportado pelo teste RESET na coluna B, verifica-se que não há evidência estatística para rejeição da hipótese nula, isto é, o modelo não apresenta erros de especificação. No geral, as estimativas apresentaram os sinais esperados conforme a Tabela 2, bem como com os demais trabalhos presentes na literatura brasileira. A estimativa referente a variável binária de vizinhança foi estatisticamente significativa ao nível de significância de 1% e positiva, e indicou que a migração é, aproximadamente, 111,57% maior ¹¹ para estados contíguos do que os que não compartilham fronteira.

Destaca-se que em todas as especificações as estimativas para o efeito da contiguidade e o coeficiente estimado da variável distância foram estatisticamente significativos a 1%, sendo efeito positivo para o primeiro e para o segundo possui efeito negativo. Utilizando-se a estimativa da coluna B, verifica-se que o aumento da distância em 10% está associado a uma redução de aproximadamente 9,71% no fluxo de migrantes entre o estado i e o estado j . Esses resultados estão em conformidade com a literatura presente, como [Justo e Silveira Neto \(2006\)](#), [Pais \(2015\)](#) e [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#), que argumentam que essas variáveis refletem os custos da migração, como por exemplo o custo de transporte.

As estimativas reportadas referentes a população de origem e destino foram positivas e estatisticamente significativas em pelo ao nível de significância de 5%. Especificamente, verifica-se que o incremento de 10% na população de origem está associado ao aumento da migração em aproximadamente 8,49% no período posterior; se considerados o estado de destino, o aumento da população seria, ligeiramente inferior, aproximadamente 7,88%. Esses resultados estão de acordo com [Golgher, Rosa e Araújo Junior \(2008\)](#), e parcialmente com [Pais \(2015\)](#) e [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#), que também observaram essa relação positiva, sendo que a primeira autora não verifica significância estatística para a população de origem, e os últimos autores, não verificaram significância para o estado de destino.

Os parâmetros estimados das variáveis que representavam o diferencial de violência, saúde e distribuição de renda no destino em relação a origem não foram estatisticamente significativos. Para as variáveis climáticas, a temperatura média e precipitação pluviométrica média, os resultados evidenciaram que o diferencial de temperatura média foi

¹¹ Conforme [Santos-Silva e Tenreyro \(2006, p.651\)](#), a maneira de obter diretamente esse valor percentual é simplesmente: $(e^b - 1) \times 100$.

estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% e com sinal negativo, contudo, o diferencial de precipitação não foi estatisticamente significativo.

Isto posto, é possível inferir uma relação negativa entre a temperatura média relativa do destino/origem e o fluxo migratório. Especificamente, o incremento de 1% na temperatura média relativa entre destino e origem está associado a uma redução de aproximadamente 9,73% nos fluxos migratórios no período subsequente ¹². [Justo e Silveira Neto \(2006\)](#) também levantaram a hipótese de que quanto maior a variação na temperatura média, menor seriam os fluxos migratórios, e com aplicação de um modelo com dados em painel, acabaram encontrando uma relação negativa entre temperatura e a taxa líquida de migração. No estudo em específico de migrantes qualificados, de acordo com [Mata et al. \(2008\)](#) tais migrantes preferem regiões onde a variabilidade térmica é menor, isto é, em que os verões e invernos são menos rigorosos.

Sobre a migração e fatores climáticos, nos países desenvolvidos, [Beine e Parsons \(2015\)](#) argumentam que enquanto o deslocamento ocorre de forma internacional, já nos países em desenvolvimento, essa migração se dá internamente. Conforme as estimativas apresentadas pelos autores para a amostra de países em desenvolvimento e desenvolvidos, os desastres naturais aumentam a migração de áreas rurais para urbanas; se por um lado a escassez de chuva não fora estatisticamente significativa, por outro, as temperaturas excessivas afetam negativamente as migrações e possuíam significância estatística; para a amostra dos países em desenvolvimento, somente as estimativas dos desastres naturais apresentaram relação estatisticamente significativas.

[Cai et al. \(2016\)](#) também apresentam resultados semelhantes no sentido de que somente a temperatura afeta a migração. Especificamente, no estudo dos autores, há um efeito positivo da temperatura na origem das migrações, isto é, ocorre um incremento na saída de migrantes das suas respectivas origens, ao passo que as precipitações não possuem efeito estatisticamente significativos no destino e na origem. De acordo com os autores, o aumento em 1°C na temperatura está associado ao aumento de 5% da migração dos principais países agrícolas para os demais países, sobretudo, países pertencentes à OCDE, os quais são a maioria dos destinos considerados pelos autores na sua modelagem.

Ao se analisar o parâmetro estimado referente ao diferencial de rendimento médio entre destino e origem, percebe-se que foi estatisticamente significativo a 1% e com impacto positivo sobre o fluxo de migração. Esse resultado indica que o incremento de 1% no diferencial de rendimento real entre destino em relação a origem está associado ao aumento de aproximadamente 3,52% nos fluxos migratórios no período posterior. Essa relação expressa a importância das diferenças regionais de rendimento na explicação da dinâmica migratória interestadual brasileira. Autores como [Justo e Silveira Neto \(2006\)](#), [Golgher, Rosa e Araújo Junior \(2008\)](#) e [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#), também

¹² A elasticidade pode ser obtida de forma direta tomando-se a média da variável $Temp_{ijt} = 1,012922$ e utilizando-se da Equação 22, tem-se o seguinte resultado: $1,012922 \times (-9,6026973) = -9,7267834\%$

encontraram tais evidências. Como por exemplo, [Justo e Silveira Neto \(2006\)](#) argumentam que a variável relacionada ao rendimento explica cerca de 33% da taxa líquida de migração.

A Tabela A.1 que se encontra no Apêndice A deste trabalho, apresenta as elasticidades do diferencial de rendimento real no ponto médio do destino em relação à origem, que foram calculadas conforme apresentado na seção de metodologia. Nesta seção, de forma resumida, expõe-se somente os 5 fluxos com maior volume de migrantes, tais como São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Goiás, bem como os 5 menos expressivos, com destaque para o Amazonas, Sergipe, Roraima, Amapá e Acre.

Na Tabela 6 estão dispostas as elasticidades do diferencial de rendimento entre destino e origem, sendo que as linhas representam os estados de destinos e as colunas as origens das migrações. De uma maneira geral, pode-se observar que os estados de destino que pertencem a Região Sudeste e Sul apresentaram maiores elasticidades quando comparadas com os estados das demais Regiões, em específico, o estado de São Paulo e Paraná.

Tabela 6 – Elasticidades do diferencial de rendimento entre destino e origem dos fluxos mais expressivos e menos expressivos em termos de volume de migrantes no destino período de 2001 a 2015

	AC	AM	AP	BA	GO	MG	PR	RR	SE	SP
AC	0,00	3,61	3,20	4,79	3,25	3,51	2,83	3,43	4,48	2,40
AM	2,95	0,00	2,89	4,27	2,90	3,14	2,54	3,09	4,01	2,16
AP	3,33	3,66	0,00	4,84	3,29	3,55	2,88	3,49	4,54	2,44
BA	2,27	2,47	2,21	0,00	2,20	2,38	1,93	2,35	3,04	1,65
GO	3,33	3,63	3,24	4,77	0,00	3,51	2,84	3,46	4,47	2,43
MG	3,07	3,36	2,99	4,41	3,00	0,00	2,63	3,19	4,13	2,24
PR	3,78	4,14	3,69	5,45	3,70	4,00	0,00	3,94	5,11	2,76
RR	3,13	3,44	3,06	4,52	3,08	3,32	2,69	0,00	4,24	2,29
SE	2,42	2,64	2,36	3,46	2,35	2,55	2,06	2,51	0,00	1,76
SP	4,42	4,87	4,33	6,43	4,37	4,72	3,82	4,63	6,03	0,00

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Nota – O estado de Destino nas linhas e Origem nas colunas

Dentre os fluxos apresentados, constata-se que a maior elasticidade do diferencial de rendimento é 6,43 e pertence ao fluxo da Bahia com destino a São Paulo. Portanto, o aumento de 1% no diferencial de rendimento entre o destino São Paulo e Bahia está associado ao aumento de 6,43% nas migrações para São Paulo. Quando se observa que os estados de destinos pertencem a regiões economicamente mais desenvolvidas, em que o rendimento médio nesse estado está acima da média nacional, assim como o caso da Região Sudeste e Sul, as elasticidades são maiores, indicando que aumentos do nível de rendimento atua como um fator de atração para a migração. Isso pode ser diretamente constatado com o estado de São Paulo, em que se comparado com os demais estados, só possui elasticidade inferior ao Distrito Federal.

As estimativas das elasticidades do diferencial de rendimento entre destino e origem se mantêm os sinais esperados e em níveis similares aos estimados por outros autores para a literatura brasileira sobre migração. [Justo e Silveira Neto \(2008\)](#) encontraram elasticidades-renda no ponto médio de aproximadamente 4,255 para o rendimento real, 5,309 para a renda esperada e 6,867 para a renda esperada com correção espacial, destaca-se que o método utilizado pelos autores foi um modelo de dados em painel, em que a variável dependente era a taxa líquida de migração, proveniente dos dados censitários de 1980, 1991 e 2000.

2.8 MIGRAÇÕES E CLASSE DE RENDIMENTO

Conforme demonstrado nas seções anteriores, os fluxos mais intensos se concentram em determinados estados dentro de cada região. Na Região Sudeste, pode-se destacar São Paulo e Minas Gerais; na Região Nordeste, como a Bahia; o Paraná na Região Sul e Goiás no Centro-Oeste. Dessa maneira, o objetivo deste seção é analisar a composição das migrações, e para isso, desagregou-se as migrações em dez níveis de acordo com a classe de rendimento que representam o número de salários-mínimos que os migrantes possuem. Inicialmente será apresentada a distribuição de migrantes segundo a classe de renda em cada região brasileira e posteriormente, as estimativas da equação gravitacional, bem como as elasticidades do diferencial de rendimento real entre destino e origem para os estados com maiores volumes de migrações no destino.

Essa classificação por nível de rendimento busca uma aproximação da qualificação do migrante, tendo em vista que pressupõe-se que o maior rendimento é consequência da maior especialização de produtividade do trabalho. Entende-se que em regiões com predominância de setores básicos, existe uma concentração de indivíduos nas menores classes de rendimento, isto é, ocorre uma maior demanda por mão de obra menos qualificada, e por outro lado, em regiões onde há setores mais desenvolvidos os salários são maiores ([MORAES, 2010](#); [FERREIRA FILHO; MORAES, 2015](#)).

A Tabela 7 apresenta uma descrição das classes de rendimento por número de salários-mínimo, o total de migrantes para cada classe e a participação no total. Como pode-se verificar, a maior parte dos migrantes possuem rendimento na faixa acima de 1 a dois salários-mínimos, com aproximadamente 33,0%, sendo que, em conjunto, a primeira e a segunda classe representam 35,3% do total de migrantes ao longo de 2001 a 2015. O total de migrantes diminui significativamente a partir da quarta classe, isto é, a maior parte dos indivíduos estão na classe de 2 a 3 salários-mínimos.

Tabela 7 – Classes de rendimento, total de migrantes e participação da migração por classe de renda no total (2001-2015)

Classe	Faixa de rendimento	Total de migrantes	Participação
Classe 1	Até 1/2 Salário-mínimo	2.561.355	17,52%
Classe 2	> 1/2 Salário-mínimo a 1	2.599.732	17,78%
Classe 3	> 1 Salário-mínimo a 2	4.828.257	33,03%
Classe 4	> 2 Salários-mínimos a 3	1.632.096	11,16%
Classe 5	> 3 Salários-mínimos a 4	745.048	5,10%
Classe 6	> 4 Salários-mínimos a 5	489.770	3,35%
Classe 7	> 5 Salários-mínimos a 6	301.133	2,06%
Classe 8	> 6 Salários-mínimos a 8	394.438	2,70%
Classe 9	> 8 Salários-mínimos a 10	317.380	2,17%
Classe 10	> 10 salários-mínimos	749.883	5,13%

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

Por sua vez, a Figura 5 apresenta o saldo migratório de acordo com o nível de rendimento para as regiões brasileiras no período de 2001 a 2015. No que diz respeito ao tipo de migrante que se destina a cada região, é possível verificar que há padrões em determinados locais, como por exemplo, há uma concentração de migrantes de meio e até um salário-mínimo na Região Nordeste. Essa concentração se reflete no maior saldo positivo para migrantes na primeira e na segunda classe de rendimento, apresentando saldo negativo para as demais classes. Outro ponto importante a se destacar sobre as classes de rendimento na Região Nordeste é o saldo negativo, aproximadamente, 862 mil indivíduos que possuem rendimento maior do que um a dois salários-mínimos.

Figura 5 – Saldo migratório por classe de renda no total nas regiões brasileiras (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

Na Região Sudeste, constata-se que ocorre o processo inverso ao Nordeste, nas duas primeiras classes há um saldo negativo de aproximadamente 628 mil migrantes, que possuem rendimento até meio salário-mínimo, e 333 mil migrantes com rendimento de meio a um salário-mínimo. Por outro lado, o saldo positivo se encontra na terceira e quarta classe, com respectivamente, 489 e 105 mil indivíduos. Destaca-se que as migrações por classe de renda destinadas à Região Sudeste são essencialmente de indivíduos com rendimento de um a dois salários-mínimos, especificamente, 40,03% do total das migrações para essa região.

Ao se analisar os saldos na Região Centro-Oeste, percebe-se são positivos para todas as classes, exceto para os migrantes com rendimento até meio salário-mínimo, com saldo negativo de aproximadamente 117 mil pessoas. Tomando-se a Região Centro-Oeste como destino, verifica-se que o maior saldo positivo está na classe de um a três salários-mínimos, e as principais origens para essa classe são os estados do Maranhão e São Paulo, respectivamente, com a participação de 4,76% e 3,95% no total das migrações que destinadas a essa região ao longo do período. As migrações de indivíduos com rendimentos superiores a 10 salários-mínimos destinadas ao Centro-Oeste têm em sua maioria como origem os estados da Região Sudeste, especificamente, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

De uma maneira geral a Figura 5 evidencia as disparidades regionais e concentração de migrantes com diferentes níveis de qualificações. Em especial, assim como demonstrado na Tabela 1, as regiões que apresentaram saldo positivo foram o Centro-Oeste e Sul,

sendo que no caso de ambas regiões é possível constatar o maior saldo para a classe de indivíduos que possuem rendimento entre um a dois e dois a três salários-mínimos, e no caso da Região Centro-Oeste, houve um saldo negativo na classe de migrantes com até meio salário-mínimo. Ao contrário da Região Centro-Oeste e Sul, de forma agregada, a Região Sudeste apresentou saldo negativo, porém, houve um saldo positivo para migrantes com rendimento entre um a dois e dois a três salários-mínimos.

A Região Norte apresentou saldo negativo nas três primeiras classes de rendimento, e a Nordeste o maior saldo negativo pode ser verificado na classe de indivíduos com rendimento entre um a dois e dois a três salários mínimos. Por outro lado, o maior saldo é ocorreu nas classes de menores níveis de rendimento, isto é, em migrantes com até meio e entre meio até um salário-mínimo. De certa maneira, os resultados apresentados anteriormente corroboram com a argumentação de [Fiess e Verner \(2003\)](#) que os migrantes do Sudeste para o Nordeste são menos homogêneos em relação ao salário e renda, em média, são mais pobres e menos instruídos do que em média na Região Sudeste; por outro lado, analisando-se o fluxo contrário, os migrantes estão em melhores condições financeiras do que em média no Nordeste.

Conforme visto na Tabela 2, de todas as migrações destinadas à Região Nordeste, 48,92% são oriundas da Região Sudeste e de acordo com 8, a maior parcela dessa migração corresponde aos indivíduos com rendimento até meio e entre meio a um salário-mínimo, em conjunto, essas duas classes representam 32,48% do total da migração destinada ao Nordeste. Analisando-se as migrações da Região Nordeste destinadas ao Sudeste, concebe-se que, em conjunto, os indivíduos com rendimento entre um a dois e dois a três somam a parcela de 24,34% do total destinado à Região Sudeste.

Tabela 8 – Fluxo migratório entre Sudeste e Nordeste por classe de rendimento (2001-2015)

Estado	Região Atual	Região Anterior	Total de Migrantes	Participação
Classe 1	Nordeste	Sudeste	730.072	18,31%
Classe 2	Nordeste	Sudeste	564.812	14,17%
Classe 3	Nordeste	Sudeste	392.159	9,84%
Classe 4	Nordeste	Sudeste	92.900	2,33%
Classe 5	Nordeste	Sudeste	42.233	1,06%
Classe 6	Nordeste	Sudeste	28.568	0,72%
Classe 7	Nordeste	Sudeste	15.169	0,38%
Classe 8	Nordeste	Sudeste	19.453	0,49%
Classe 9	Nordeste	Sudeste	16.524	0,41%
Classe 10	Nordeste	Sudeste	48.119	1,21%
Classe 1	Sudeste	Nordeste	155.981	3,10%
Classe 2	Sudeste	Nordeste	244.483	4,86%
Classe 3	Sudeste	Nordeste	974.912	19,37%
Classe 4	Sudeste	Nordeste	250.110	4,97%
Classe 5	Sudeste	Nordeste	62.381	1,24%
Classe 6	Sudeste	Nordeste	41.471	0,82%
Classe 7	Sudeste	Nordeste	22.447	0,45%
Classe 8	Sudeste	Nordeste	28.703	0,57%
Classe 9	Sudeste	Nordeste	15.458	0,31%
Classe 10	Sudeste	Nordeste	35.262	0,70%

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da PNAD.

A Tabela 9 apresenta as estimativas da equação gravitacional de acordo com a classe de rendimento dos migrantes para os fluxos de migrações interestaduais no período de 20001 a 2015. O coeficiente estimado da variável binária de compartilhamento de fronteira apresentou sinal positivo e estatisticamente significativo a 1% para todas as classes de rendimento. Porém, esse efeito se reduz ao longo das classes de rendimento, isto é, o efeito nos fluxos migratórios é muito mais intenso para estratos de rendimento mais baixos do que para os estratos mais altos. Se por um lado, a migração é maior em aproximadamente 122% para a primeira e 145% para a segunda classe entre estados que compartilham fronteira; por outro lado, nas duas últimas classes, esse efeito é menor, respectivamente, 44,6% e 66,3%.

Constata-se que as estimativas para a variável distância entre destino e origem foi estatisticamente significativa ao nível de 1% e com sinal negativo para todas as classes de rendimento. Destaca-se que o efeito negativo da distância nos fluxos migratórios entre destino e origem se reduz de acordo com o aumento do estrato de rendimento, ou seja, esse efeito é maior para níveis de rendimento mais baixos. Em outras palavras, o aumento na distância entre destino e origem em 10% está associado a uma redução de aproximadamente 11% nos fluxos migratórios de indivíduos que possuem rendimento até meio salário-mínimo e de meio até um salário-mínimo. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que indivíduos com maiores níveis de qualificações conseguem arcar com mais facilidade os custos da migração do que indivíduos que possuem menores níveis de rendimento.

Tabela 9 – Estimativas da Equação Gravitacional para os fluxos de migrações interestaduais de acordo com a classe rendimento

	Classes de rendimento (número de salário mínimo)									
	$\leq 1/2$	$1/2 \leq 1$	$1 \leq 2$	$2 \leq 3$	$3 \leq 4$	$4 \leq 5$	$5 \leq 6$	$6 \leq 8$	$8 \leq 10$	> 10
<i>Vizinho_{ij}</i>	0,80*** (0,15)	0,89*** (0,15)	0,79*** (0,13)	0,70*** (0,12)	0,71*** (0,12)	0,70*** (0,13)	0,64*** (0,16)	0,67*** (0,15)	0,37*** (0,14)	0,51*** (0,09)
<i>Dist_{ij}</i>	-1,11*** (0,14)	-1,11*** (0,14)	-1,04*** (0,12)	-1,03*** (0,11)	-0,96*** (0,11)	-0,95*** (0,13)	-0,90*** (0,16)	-1,05*** (0,15)	-1,13*** (0,17)	-0,64*** (0,10)
<i>Pop_{it}</i>	0,15 (0,69)	0,78** (0,39)	0,46** (0,23)	0,55** (0,24)	1,21** (0,50)	-0,82 (0,63)	-0,65 (0,58)	0,30 (0,91)	-0,12 (0,35)	0,84*** (0,27)
<i>Pop_{jt}</i>	1,22*** (0,34)	1,22*** (0,44)	1,27*** (0,21)	0,84** (0,35)	0,33 (0,39)	0,81 (0,59)	1,00** (0,43)	0,10 (0,91)	0,84 (0,64)	0,99*** (0,34)
<i>Renda_{ijt}</i>	3,66*** (0,67)	4,13*** (0,73)	4,38*** (0,61)	3,94*** (0,57)	1,78*** (0,60)	1,68*** (0,64)	0,97 (0,93)	1,85** (0,90)	1,86** (0,91)	0,10 (0,44)
<i>Temp_{ijt}</i>	-10,06 (6,96)	-11,63 (7,49)	-15,64*** (5,15)	-9,03 (5,08)	-1,50 (5,01)	-5,67 (5,25)	-10,44 (6,93)	4,03 (5,89)	-5,24 (6,24)	-5,52 (5,30)
<i>Gini_{ijt}</i>	19,51 (11,44)	-4,51 (10,38)	22,09*** (7,72)	11,12 (8,92)	-2,16 (12,03)	-4,46 (13,88)	-12,81 (18,44)	-2,98 (16,09)	-31,31 (18,13)	-15,91 (9,82)
<i>Prec_{ijt}</i>	-0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,03 (0,02)	-0,00 (0,02)	0,00 (0,02)	-0,02 (0,02)	0,00 (0,01)
<i>Saude_{ijt}</i>	3,00** (1,29)	0,37 (1,50)	0,52 (1,34)	1,25 (1,22)	1,07 (1,55)	2,72 (2,27)	-1,35 (2,60)	1,54 (1,99)	-1,69 (2,16)	-0,21 (1,31)
<i>Viol_{ijt}</i>	-0,02 (0,06)	-0,14** (0,07)	-0,06 (0,06)	-0,09 (0,06)	0,27*** (0,10)	0,02 (0,13)	0,37** (0,18)	0,05 (0,17)	-0,15 (0,18)	0,01 (0,09)
Constant	-27,12** (11,57)	12,77 (10,88)	-12,49 (8,49)	-1,42 (6,32)	-2,65 (12,48)	16,73 (17,94)	24,69 (20,25)	3,95 (7,98)	44,20*** (14,53)	3,77 (8,59)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Nota – Erros padrão robustos clusterizados entre parênteses. Significância ** ($p < 0, 05$); *** ($p < 0, 01$)

As estimativas da variável referente a população no destino não foram estatisticamente significativas para alguns estratos de rendimento, tais como a primeira, sexta, sétima, oitava e nona classe, e para as demais classes, foram significativas a 5% e com sinal positivo. Para a população na origem, as estimativas não foram estatisticamente significativas para a quinta, sexta, sétima e oitava classe de rendimento. No geral, os parâmetros estimados que foram estatisticamente significativos, tanto da população de destino, quanto de origem, e indicaram que há uma relação positiva entre a migração e o aumento do tamanho da população.

Esse resultado é análogo ao encontrado por Pais (2015), em que o coeficiente estimado para a população foi estatisticamente significativo e com relação positiva para migrantes de alta qualificação. Ramalho, Figueiredo e Silva Netto (2016) fazem a distinção por anos de estudo e idade do migrante, e encontraram que para indivíduos com de 0 a 4 anos de estudo e 5 a 10 anos, o aumento da população no estado de destino está associado à uma redução na absorção de migrantes advindos de outros estados; por outro lado, para indivíduos altamente qualificados, com 11 anos ou mais de estudo essa relação é positiva.

Por fim, constata-se que as estimativas reportadas para a variável que controla o diferencial de rendimento entre destino e origem indicaram que o efeito do aumento nesse *gap* se reduz ao longo das classes de rendimento. Observa-se significância estatística ao nível de 1% para da primeira a sexta classe de rendimento e a 5% para a oitava e nona classe, porém, para a sétima e décima classe não houve significância estatística. Especificamente, o coeficiente estimado aumenta da primeira classe até a terceira, e para a décima classe, se reduz a 0,10 e se torna estatisticamente não significativa. Ramalho, Figueiredo e Silva Netto (2016) com base em suas estimativas também constata essa redução no efeito do diferencial de rendimento para indivíduos com maiores níveis de instrução.

Assim como exposto na Tabela 6, a Figura 6 apresenta as elasticidades do diferencial de rendimento real no ponto médio para os estados de destino com maior volume de migrantes, tais como São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Goiás, tomando-se as origens os estados que apresentaram menor volume de migrantes, como Acre, Amazonas, Amapá, Roraima e Sergipe. Com base nessa figura, constata-se que a elasticidade aumenta até a quarta classe de rendimento, se reduzindo a partir da quinta. Para os estados apresentados, a maior elasticidade pode observada na terceira classe, no fluxo onde São Paulo é o destino e Sergipe a origem, tal valor indica que para o aumento no diferencial de rendimento real entre destino e origem em 1%, o valor esperado da migração aumenta em 8,15% para o estrato de indivíduos com rendimento entre um a dois salários-mínimos.

Figura 6 – Elasticidade do diferencial de rendimento real no ponto médio para os estados de destino com maior volume de migrantes (2001-2015)

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Como o estado de São Paulo é um dos principais destinos e possui melhores condições de vida, bem como, melhores níveis de rendimento, de uma forma geral, como já era de se esperar, os resultados apresentados na figura anterior indicam que esse estado possui maior elasticidades se comparados com os demais estados. Apesar de todos os estados de destinos apresentados possuírem um padrão semelhante, também é possível notar que quanto mais próximo o estado de origem estiver do destino, maior será o impacto do diferencial de rendimento real nos fluxos migratórios. Em outras palavras, esse resultado pode ser justificado pelo fator de que mesmo que o diferencial de rendimento seja elevado, a distância pode fazer com que o deslocamento migratório ainda seja economicamente inviável para todos os níveis de rendimentos.

2.9 CONCLUSÃO

Este artigo buscou analisar a relação dos diferenciais regionais entre origem e destino dos fluxos migratórios interestaduais, tais como o rendimento médio, nível de saúde, violência e desigualdade na distribuição de renda, bem como, o impacto das variáveis referente à temperatura média e precipitação pluviométrica média no período de 2001 a 2015. Para atingir o objetivo proposto, estimou-se um modelo econométrico da equação gravitacional com dados em painel através do método de *Poisson Pseudo-Maximum Likelihood*.

Como já era de se esperar, se comparado o tamanho da população, os estados mais populosos são os mesmos que possuem um fluxo migratório mais intenso, tais como São

Paulo, Minas Gerais e Bahia. Com base na literatura sobre a temática de migração, isso quer dizer que quanto maior é a população de destino, maior serão as chances dos migrantes encontrarem melhores oportunidades, como por exemplo, acesso às boas condições de vida e melhores empregos com maiores rendimentos, por outro lado, há uma maior propensão de indivíduos se tornarem novos migrantes no futuro, como por exemplo os migrantes de retorno. Também foi possível identificar diferentes padrões na distribuição de migrantes nas regiões brasileiras ao longo do período analisado, substancialmente entre os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Goiás.

As estimativas econométricas corroboraram a argumentação de que a distância e contiguidade impactam significativamente os fluxos migratórios, sendo que o primeiro afeta negativamente e a segunda variável positivamente. Os diferenciais regionais de rendimento afetam de forma positiva os fluxos de migrações interestaduais, enquanto que o diferencial de temperatura média impacta negativamente, a precipitação pluviométrica não fora estatisticamente significativa. Também foram identificados diferentes padrões de pares de fluxos migratórios, observou-se, com destaque para São Paulo–Bahia, São Paulo–Minas Gerais, Bahia–São Paulo, Minas Gerais–São Paulo e São Paulo–Paraná.

No que diz respeito a desagregação a nível de qualificação dos migrantes, constatase que 33,03% dos migrantes são indivíduos que possuem rendimento acima 1 a dois salários-mínimos, e que em conjunto, os estratos de indivíduos com rendimento até meio e de meio até um salário-mínimo representam 35,3% do total de migrantes. Outro resultado importante a destacar é que os estados da Região Nordeste e Sul apresentam um saldo migratório positivo para migrantes com nos menores níveis de rendimento, enquanto que para os estados da Região Sudeste e Centro-Oeste o saldo positivo foi para migrantes com rendimento acima de um salário-mínimo a dois salários-mínimos.

Assim como no trabalho de [Ramalho, Figueiredo e Silva Netto \(2016\)](#), os resultados obtidos no presente estudo também corroboram a argumentação de que o diferencial de rendimento real médio afeta de diferentes maneiras os grupos de indivíduos mais qualificados. Se por um lado os indivíduos com menores níveis de qualificação são mais sensíveis a mudanças nos níveis de rendimento, por outro, os indivíduos com maiores níveis de qualificações são menos sensíveis, isto é, essa classe de migrante deve estar mais propensa a migrar por outros fatores que não somente os econômicos.

De acordo com os resultados, inicialmente pode-se tecer duas preocupações com a concentração migração de mão de obra qualificada e não-qualificada em determinadas regiões. A primeira é que a concentração de migrantes com baixa qualificação em determinadas regiões, como é o caso da Região Nordeste, que além de possuir saldo positivo nos menores níveis de qualificações, apresenta saldo negativo nos demais estratos, de médio para alto nível de qualificação. A segunda concerne na concentração de migrantes de média/alta qualificação, como o Sudeste e Centro-Oeste.

De uma maneira geral o presente estudo além de atualizar as evidências encontradas por outros trabalhos, avançou em relação aos demais ao incorporar variáveis climáticas no

modelos gravitacional de migração, bem como, ao trazer às estimativas das elasticidades do diferencial de rendimento entre os destinos e origens dos fluxos migratórios de forma desagregada. Com base nessas estimativas é possível conceber que, de fato, as migrações são elevadas quando há diferenciais de renda de um estado economicamente menos favorecido para outros maiores condições. Por conseguinte, a migração é facilitada quando o diferencial de rendimento entre dois estados é positivo, e o contrário também pode ser constatado — o fluxo inverso tende a ser inferior quando esse diferencial é reduzido.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. E.; WINCOOP, van. Gravity With Gravititas: a Solution to the Border Puzzle. **American Economic Review**, v. 93, n. 1, p. 170–192, 2003.
- ANDERSON, J. E. The Gravity Model. **Annual Review of Economics**, v. 3, n. 1, p. 133–160, 2011.
- BACKHAUS, A.; MARTINEZ, I. Z.; MURIS, C. Do climate variations explain bilateral migration? A gravity model analysis. **IZA Journal of Migration**, v. 4, n. 1, p. 2–15, 2015.
- BARUFI, A. M. B. **Dimensões Regionais da Mortalidade Infantil no Brasil**. 2009. f. 2009, 86. Mestrado em Economia – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BEINE, M.; PARSONS, C. Climatic Factors as Determinants of International Migration. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 117, n. 2, p. 723–767, 2015.
- BEINE, M.; PARSONS, C. R. Climatic Factors as Determinants of International Migration: Redux. **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 386–402, 2017.
- BRYAN, G.; MORTEN, M. The aggregate productivity effects of internal migration: evidence from Indonesia. **Journal of Political Economy**, University of Chicago Press, 2018.
- BUNEA, D. Modern gravity models of internal migration. The case of Romania. **Theoretical and Applied Economics**, v. 19, n. 4, p. 127–144, 2012.
- CAI, R.; FENG, S.; OPPENHEIMER, M.; PYTLIKOVA, M. Climate variability and international migration: The importance of the agricultural linkage. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 79, n. 9, p. 135–151, 2016.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. Count Panel Data. In: BALTAGI, B. H. (Ed.). **The Oxford Handbook of Panel Data**. Oxford: Oxford University Press, 2015. cap. 8, p. 233–256.
- _____. Essentials of count data regression. In: BALTAGI, B. H. (Ed.). **A Companion Guide to Theoretical Econometrics**, Blackwell. Malden: Blackwell Publishing, 2003. cap. 15, p. 331–348.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using stata**. 2. ed. Texas: Stata press College Station, TX, 2010.
- CANÇADO, R. P. Migrações e convergência no Brasil: 1960-91. **Revista Brasileira de Economia**, v. 53, n. 2, p. 211–236, 1999.
- CATTANEO, C.; BOSETTI, V. Climate-induced International Migration and Conflicts. **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 500–528, 2017.
- CATTANEO, C.; PERI, G. The migration response to increasing temperatures. **Journal of Development Economics**, v. 122, p. 127–146, 2016.

CHORT, I.; DE LA RUPELLE, M. Determinants of Mexico-US outward and return migration flows: A state-level panel data analysis. **Demography**, v. 53, n. 5, p. 1453–1476, 2016.

CONIGLIO, N. D.; PESCE, G. Climate variability and international migration: an empirical analysis. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 4, p. 434–468, 2015.

CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R. A Migração nos Estados Brasileiros no período recente: principais tendências e mudanças. In: HOGAN, D. J. (Ed.). **Migração e ambiente em São Paulo: aspectos relevantes da dinâmica recente**. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2000. cap. 1, p. 17–57.

CZAIKA, M.; PARSONS, C. R. The gravity of high-skilled migration policies. **Demography**, v. 54, n. 2, p. 603–630, 2017.

DALLMANN, I.; MILLOCK, K. Climate variability and inter-state migration in india. **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 560–594, 2017.

DILLON, A.; MUELLER, V.; SALAU, S. Migratory Responses to Agricultural Risk in Northern Nigeria. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 93, n. 4, p. 1048–1061, 2011.

DOCQUIER, F.; LODIGIANI, E.; RAPOPORT, H.; SCHIFF, M. Emigration and democracy. **Journal of Development Economics**, v. 120, p. 209–223, 2016.

DRABO, A.; MBAYE, L. M. Natural disasters, migration and education: an empirical analysis in developing countries. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 6, p. 767–796, 2015.

EATON, J.; TAMURA, A. Bilateralism and Regionalism in Japanese and U.S. Trade and Direct Foreign Investment Patterns. **Journal of the Japanese and International Economies**, v. 8, n. 4, p. 478–510, 1994.

FERREIRA FILHO, J. B. D. S.; MORAES, G. I. D. Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 1, p. 37–56, 2015.

FIESS, M. N.; VERNER, D. **Migration and Human Capital in Brazil during the 1990s**. [S.l.]: The World Bank, 2003. DOI: [10.1596/1813-9450-3093](https://doi.org/10.1596/1813-9450-3093). eprint: <https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-3093>. Disponível em: <<https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-3093>>.

GOLGHER, A. B. **Os determinantes da migração e diferenciais entre migrantes e não-migrantes em Minas Gerais**. 2001. f. 2001, 187. Doutorado em Demografia – UFMG, Belo Horizonte.

GOLGHER, A. B.; ROSA, C. H.; ARAÚJO JUNIOR, A. F. de. Determinants of migration in Brazil: regional polarization and poverty traps. **Papeles de Población**, v. 14, n. 56, p. 135–171, 2008.

GOURIEROUX, C.; MONFORT, A.; TROGNON, A. Pseudo Maximum Likelihood Methods: Applications to Poisson Models. **Econometrica**, v. 52, n. 3, p. 701–720, 1984.

GRAHAM, D. H. Divergent and Convergent Regional Economic Growth and Internal Migration in Brazil: 1940-1960. **Economic Development and Cultural Change**, v. 18, n. 3, p. 362–382, 1970.

GRÖSCHL, J.; STEINWACHS, T. Do Natural Hazards Cause International Migration? **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 445–480, 2017.

HIRVONEN, K. Temperature changes, household consumption, and internal migration: Evidence from tanzania. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 98, n. 4, p. 1230–1249, 2016.

JUSTO, W. R.; FERREIRA, R. A.; LIMA, F.; MARTINS, G. N. I. Migração Intermunicipal no Brasil: A dinâmica dos fluxos migratórios municipais. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 21, p. 108–129, 2009.

JUSTO, W. R.; FERREIRA, R. A.; SILVEIRA NETO, R. d. M. Quem são e para onde vão os migrantes no Brasil? O perfil do migrante interno brasileiro. **Revista ABET**, v. 3, n. 1, p. 125–144, 2009.

JUSTO, W. R.; SILVEIRA NETO, R. D. M. Migração Inter-Regional no Brasil: Evidências a partir de um Modelo Espacial. **EconomiA**, v. 7, n. 1, p. 163–187, 2006.

_____. O que determina a Migração Interestadual no Brasil?: Um Modelo Espacial para o Período 1980-2000. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 39, n. 4, p. 428–447, 2008.

LEAL, M. d. C.; SZWARCOWALD, C. L. Evolução da mortalidade neonatal no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, de 1979 a 1993. 1-Análise por grupo etário segundo região de residência. **Revista de Saúde Pública**, SciELO Public Health, v. 30, p. 403–412, 1996.

MASSEY, D. S.; ARANGO, J.; HUGO, G.; KOUAOUCCI, A.; PELLEGRINO, A.; TAYLOR, J. E. Theories of international migration: A review and appraisal. **Population and development review**, v. 19, n. 3, p. 431–466, 1993.

MASTRORILLO, M.; LICKER, R.; BOHRA-MISHRA, P.; FAGIOLO, G.; ESTES, L. D.; OPPENHEIMER, M. The influence of climate variability on internal migration flows in South Africa. **Global Environmental Change**, v. 39, p. 155–169, 2016.

MATA, D. D.; OLIVEIRA, C. W. D. A.; PIN, C.; RESENDE, G. Migração, Qualificação e Desempenho Das cidades Brasileiras. In: IPEA (Ed.). **Dinâmica dos Municípios**. Brasília: IPEA, 2008. cap. 8, p. 289–322.

MORARES, I. G. D. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável**. 2010. f. 267. Doutorado em Ciências (Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAIS, P. S. M. **Migração interestadual e formação de capital humano no Brasil**. 2015. f. 2015, 103. Doutorado em Economia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PAIS, P. S. M.; MATTOS, L. B. de; TEIXEIRA, E. C. Interstate migration and human capital formation in Brazil. **International Journal of Social Economics**, v. 45, n. 8, p. 1159–1173, 2018.

RAMALHO, H. M. **Migração Rural-Urbana no Brasil: Determinantes, Retorno Econômico e Inserção Produtiva**. 2008. f. 198. Doutorado em Economia – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

RAMALHO, H. M. B.; QUEIROZ, V. d. S. Migração interestadual de retorno e autosseleção: evidências para o Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 41, n. 3, 2011.

RAMALHO, H. M. d. B.; FIGUEIREDO, E.; SILVA NETTO, J. J. L. d. Determinantes das migrações interestaduais no Brasil: evidências a partir de um modelo gravitacional. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 46, n. 1, p. 119–137, 2016.

RAMSEY, J. B. Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 31, n. 2, p. 350–371, 1969.

RAVENSTEIN, E. G. The Laws of Migration. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 52, n. 2, p. 241–305, 1889.

SAHOTA, G. S. An Economic Analysis of Internal Migration in Brazil. **Journal of Political Economy**, v. 76, n. 2, p. 218–245, 1968.

SAMUELSON, P. A. The transfer problem and transport costs: the terms of trade when impediments are absent. **The Economic Journal**, v. 62, n. 246, p. 278–304, 1952.

SANTOS-SILVA, J.; TENREYRO, S. Further simulation evidence on the performance of the Poisson pseudo-maximum likelihood estimator. **Economics Letters**, v. 112, n. 2, p. 220–222, 2011.

_____. The log of gravity. **The Review of Economics and statistics**, v. 88, n. 4, p. 641–658, 2006.

SANTOS-SILVA, J.; TENREYRO, S. On the existence of the maximum likelihood estimates in Poisson regression. **Economics Letters**, v. 107, n. 2, p. 310–312, 2010.

SIQUEIRA, L. B. O. de; MAGALHÃES, A. M.; SILVEIRA NETO, R. D. M. Migração de retorno e migração progressiva no Brasil: evidências a partir do critério de data fixa do CENSO de 2000. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 5, n. 1, p. 44–60, 2011.

TAVEIRA, J. G.; ALMEIDA, E. Os Determinantes Regionais da Atração do Migrante Qualificado. **Revista Análise Econômica**, v. 32, n. 62, p. 199–224, 2014.

TINBERGEN, J. **Shaping the World Economy; Suggestions for an International Economic Policy**. New York: The Twentieth Century Fund, 1962.

VISWANATHAN, B.; KUMAR, K. K. Weather, agriculture and rural migration: evidence from state and district level migration in India. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 4, p. 469–492, 2015.

WAJDI, N.; ADIOETOMO, S. M.; MULDER, C. H. Gravity models of interregional migration in Indonesia. **Bulletin of Indonesian Economic Studies**, v. 53, n. 3, p. 309–332, 2017.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. 2. ed. Massachusetts: MIT press, 2010.

YAP, L. Internal Migration and Economic Development in Brazil. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 90, n. 1, p. 119–137, 1976.

3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGRICULTURA E MIGRAÇÕES INTERESTADUAIS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar os impactos das mudanças climáticas na agricultura sobre a economia regional e nas migrações. A metodologia empregada foi a simulação da versão dinâmica do modelo TERM-BR, que é um modelo de equilíbrio geral computável aplicado a dois cenários de mudanças climáticas: o intermediário RCP 4.5 e pessimista RCP 8.5. Os cenários projetam o total de ganho ou perda de área apta ao plantio até 2040 e essa variação de área é utilizada como choque no modelo. Os principais resultados em ambos os cenários indicaram, além de um impacto negativo sobre a economia em termos de produção e PIB real, há uma redução no salário real para a população que possui rendimentos de meio até dois salários-mínimos. Outro resultado indica que, em decorrência de mudanças positivas para o salário real no estado do Paraná, há uma mudança da dinâmica migracional, em que este estado se tornará o principal destino das migrações até 2040, sobretudo, dos migrantes com até dois salários-mínimos, e por outro lado, as principais origens serão estados da Região Norte e Nordeste.

Palavras-chave: Migração, Mudanças climáticas, Modelo de EGC, TERM-BR

ABSTRACT

This article aims to analyze the impacts of climate change on agriculture on the regional economy and on migration. The methodology used was the simulation of the dynamic version of the TERM-BR model, which is a computable general equilibrium model application in two sceneries of climate change: the intermediate RCP 4.5 and pessimist RCP 8.5. Both scenarios project the total gain or loss of a suitable area for crops to 2040 and this area variation is used as a shock in the model. The main results in both scenarios show, in addition to a negative impact on the economy in terms of production and real GDP, there will be a decrease in the real wage of the population with an income of between half and two minimum wages. Other results show that in consequence of the positive changes for real wages for Paraná, there is a new dynamic migration, in this state will be the new destination to 2040, principally, the migrants with two wage minimum, and the other hand, the principal origins will be North Region and Northeast states.

Keywords: Migration, Climate Change, CGE modeling, TERM-BR

3.1 INTRODUÇÃO

Os impactos negativos sobre a economia e a população decorrentes da mudança climática serão refletidos na maioria dos países, e para o caso de um aquecimento global de 2,5°C em relação ao período pré-industrial, espera-se uma redução de -1,4% no produto interno bruto mundial. De uma forma geral, os impactos negativos da mudança climática são decrescentes a medida que a renda *per capita* aumenta (TOL, 2018). Caso a adaptação dos efeitos da mudança climática continue na trajetória passada, o aquecimento global remodelará a economia mundial, a renda média reduzirá em aproximadamente 23%, o que incrementará ainda mais a desigualdade na distribuição de renda global até o ano de 2100 (BURKE; HSIANG; MIGUEL, 2015).

Tol (2018) argumenta que nos países em desenvolvimento a vulnerabilidade em relação à mudança climática é mais acentuada e pode ser justificada por pelo menos três razões. Primeiro, devido a importância da agricultura e dos recursos hídricos na economia, os países mais pobres estão sujeitos ao clima. Em segundo lugar, os países pobres, geralmente, se localizam em lugares com temperaturas mais elevadas, por sua vez, a elevação das temperaturas decorrentes da mudança climática agravaria ainda mais essa situação. Em terceiro lugar, além da limitada capacidade adaptativa, possuem dificuldades para acesso e disponibilidade de novas tecnologias, bem como a restrição de pagamento para obtenção de tais tecnologias e a mobilização de recursos a fim de proteção do clima e recursos naturais.

Devido a dependência da agricultura para a economia local e a incapacidade de adaptação de consumo das famílias mais pobres, a população dos países em desenvolvimento são mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. Sendo assim, a migração se torna um instrumento de adaptação que as famílias e indivíduos podem utilizar para amenizar os efeitos das condições climáticas (BEINE; PARSONS, 2017). Um exemplo disso é a qualidade da terra, que em determinadas regiões mais secas, até certo ponto, pode ser amenizada com o uso da irrigação, e isso faz com que as famílias que tenham acesso a irrigação possuam uma menor probabilidade de migração (SHAH, 2010).

Se por um lado a mudança climática pode afetar negativamente a agricultura de um país, por outro, pode fomentar a urbanização. No primeiro caso, os efeitos na produção agrícola levarão a salários mais baixos no meio rural. Em segundo lugar, os salários mais baixos induzirão os trabalhadores a se deslocarem do campo para a cidade em busca de novas oportunidades. Estimativas apontam que as anomalias climáticas aumentaram a migração interna e internacional na África Subsaariana, sendo que as anomalias de temperatura e precipitação impulsionaram, aproximadamente, 128 mil pessoas anualmente de 1960 a 2000, totalizando 5 milhões de indivíduos ao longo desse período (MARCHIORI; MAYSTADT; SCHUMACHER, 2012).

Dentre as principais causas do aquecimento global está a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), e ao mesmo tempo em que certos tipos de manejo na agricultura

causam a emissão desses gases, também em determinados casos atuam como sequestradores de carbono (SAE/PR, 2015). Se considerado um cenário mais pessimista, o Brasil possuirá 10,6 milhões de hectares a menos destinados a agricultura em 2030, sendo a Região Sul a mais afetada pelas mudanças climáticas, podendo perder até 5 milhões de hectares. Notadamente, poderá haver substituição de pastagens pela produção de grãos e cana-de-açúcar, o que compensaria parcialmente essas perdas de áreas aptas ao cultivo. Isto é, mesmo nesse cenário poderia ocorrer uma nova configuração espacial, sendo que culturas de grãos poderiam se deslocar da Região Sul para a região central do país (ASSAD et al., 2013).

Cenários recentes sobre a mudança climática já projetam para a Região Nordeste do Brasil que de 2071 a 2100 a temperatura aumentará $2 - 4^{\circ}\text{C}$ e $15 - 20\%$ mais seco, podendo afetar drasticamente a agricultura de subsistência e a saúde da população. Para a Região Norte essas projeções são ainda mais severas, onde a temperatura aumentaria de $4 - 8^{\circ}\text{C}$ e $15 - 20\%$ mais seco, esse fato pode afetar a biodiversidade da Amazônia, os níveis dos rios ficarão mais baixos, causando uma redução da transferência de umidade para Sudeste e Sul, o que por sua vez alteraria a dinâmica das chuvas nessas regiões. Para a Região Sudeste e Centro-Oeste a temperatura aumentaria entre $3 - 6^{\circ}\text{C}$ e o Sul entre $2 - 4^{\circ}\text{C}$ (CEDEPLAR; FIOCRUZ, 2008; MARENGO et al., 2009; MARENGO, 2010).

A mudança climática afeta de diferentes maneiras e dificulta o desenvolvimento sustentável da economia, seja ela local ou global. Esse é um ponto que deve ser levado em consideração no caso brasileiro, visto que é um país que possui muitas regiões que dependem substancialmente da agricultura, tanto no que tange a produção, exportação e consumo interno, quanto para geração de renda e subsistência das famílias. Sendo assim, o presente estudo busca contribuir com a escassa e recente literatura, principalmente no que diz respeito ao caso brasileiro, ao trazer para o debate os impactos da mudança climática na agricultura, economia e na redistribuição espacial da população, que aqui é entendida como uma forma de adaptação ao novo cenário.

Do contexto exposto anteriormente e com base nos cenários de mudança climática referentes ao relatório elaborado pela SAE/PR (2015), intitulado “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima”, cujas estimativas fornecidas foram elaboradas pela Embrapa Informática, questiona-se quais serão os impactos econômicos da mudança climática na agricultura brasileira até o ano de 2040? Especificamente, quais serão as repercussões e de que maneira esses efeitos desdobrarão regionalmente sobre os fluxos migratórios até o ano de 2040?

O objetivo geral deste estudo é analisar os impactos regionais da mudança climática sobre a agricultura e os seus desdobramentos na economia e nos fluxos migratórios interestaduais. Para atingir esse objetivo, propõe-se a utilização de um modelo dinâmico de Equilíbrio Geral Computável (EGC) tipo *bottom-up* –, o modelo TERM-BR. Especificamente, busca-se investigar os efeitos de dois cenários de mudança climática, intermediário

(RCP 4.5) e pessimista (RCP 8.5), na agricultura, economia e nos fluxos migratórios interestaduais até o ano de 2040.

Além da introdução, este capítulo estará dividido em mais quatro seções. A segunda apresentará trabalhos recentes e a revisão de literatura, dando enfoque na mudança climática. A terceira discorre-se sobre a importância das culturas e os cenários de mudança climática utilizados neste trabalho. Na quarta seção consta a metodologia e procedimentos para a modelagem de equilíbrio geral. Na quinta seção apresentam-se os resultados da simulação, e na sexta seção, a conclusão do trabalho.

3.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MIGRAÇÕES

Dentre vários efeitos da mudança climática sobre a economia e a sociedade como um todo, pode-se citar o impacto que pode ser gerado sobre a produtividade agrícola. [Cattaneo e Peri \(2016\)](#) argumentam que um fator de ajustamento em resposta ao declínio da produtividade agrícola nos países em desenvolvimento é a migração de áreas rurais para as áreas urbanas. Choques negativos sobre o clima podem implicar um decrescimento do rendimento ou um aumento na taxa de desemprego na região de origem ([BEINE; BERTOLI; FERNÁNDEZ-HUERTAS MORAGA, 2016](#)).

[Assad et al. \(2013\)](#) argumentam que as mudanças climáticas irão exercer impactos significativamente negativos sobre os principais sistemas de pastagens e cultivo de grãos no Brasil nas próximas décadas. Com base nesse estudo, é possível observar que a agricultura será extremamente afetada pelas temperaturas mais elevadas. Em uma situação sem mudanças climáticas, em comparação com o ano de 2009, a área ocupada pela agropecuária deverá aumentar cerca de 17 milhões de hectares até 2030 e, por outro lado, em todos os cenários com alterações climáticas simulado pelos autores levará uma redução dessas áreas.

Ressalta-se que ainda existem poucos trabalhos que analisam os efeitos da mudança climática na agricultura brasileira, bem como os seus impactos sobre os fluxos migratórios. Dentre os primeiros trabalhos que apontam resultados de longo prazo da mudança climática é possível destacar [Margulis e Dubeux \(2010\)](#), que por meio de resultados reportados por um modelo EGC baseado em dois cenários de mudanças climáticas projetados para o Brasil, mais especificamente, o cenário A2 e B2, observaram que a economia brasileira poderá perder, a preços de 2008, de 0,7 a um PIB e meio no período de 2008 a 2050.

No que diz respeito aos impactos da mudança do clima e migrações, pode-se citar o estudo de [Barbieri et al. \(2010\)](#), que analisou a migração nos municípios da Região Nordeste do Brasil para os cenários de mudança climática para algumas culturas¹³ até o ano de 2050 com o modelo de equilíbrio geral IMAGEM-B. Os resultados indicam que ocorrerá um aumento na restrição nos meios de subsistência dos indivíduos e famílias no período de 2035 a 2050. Outro resultado observado é que os maiores impactos serão em

¹³ A saber: arroz, feijão, milho, algodão, mandioca, soja, cana de açúcar e girassol.

municípios onde ocorre uma maior dependência do setor agrícola e desempenhará um papel importante na redefinição do cenário econômico e social.

Posteriormente, [Barbieri \(2011\)](#) por meio do modelo de equilíbrio geral IMAGEM-B para os mesmos cenários A2 e B2 para analisar o saldo migratório da Região Nordeste de forma agregada. Os resultados indicam que os impactos das mudanças climáticas serão muito significativos no processo de redistribuição populacional nessa Região, apresentando saldos migratórios negativos nos dois cenários analisados para o período de 2035-2040 e 2045-2050, isto é, haveria uma maior saída de migrantes do que entrada. Sendo assim, a migração do meio rural para o urbano se torna uma maneira de reduzir a vulnerabilidade social perante a variabilidade climática.

A fim de desatrelar os efeitos diretos do aumento da temperatura decorrentes das mudanças climáticas para analisar a distribuição espacial da vulnerabilidade da população em resposta às mudanças climáticas, [Barbieri et al. \(2015\)](#) utilizaram uma simulação do modelo de equilíbrio geral, o IMAGEM-MG, calibrado para o ano de 2005 em 66 regiões dentro do estado de Minas Gerais, controlando a migração em resposta às alterações do salário real e outros fatores econômicos e demográficos. Para a simulação, os autores estimaram o efeito da mudança de temperatura na oferta de mão de obra e na produtividade agrícola com base nos cenários A1 e B1 do IPCC para o período de 2010 a 2040. Como resultado geral, os autores concluem que, decorrentes dos impactos das mudanças climáticas, as esferas econômicas e da saúde da população, possuirão maior contribuição para o aumento da vulnerabilidade social, em que as regiões mais afetadas serão aquelas mais pobres e as atreladas ao agronegócio.

[Chisari e Miller \(2016\)](#) utilizaram a técnica de MPSGE-GAMS para analisar a mudança climática e migração interna, focando no caso brasileiro, mais especificamente, em São Paulo e no caso das migrações internacionais nos países da América Latina. Os autores encontraram dois resultados diferentes no caso da Argentina e de São Paulo no que diz respeito a migração decorrente da redução de produtividade do capital em resposta, como por exemplo, de um choque de mudança climática. No caso da Argentina, o migrante age como mão de obra complementar ao capital e ocorre uma redução da migração. Por outro lado, no caso de São Paulo, ocorre um processo inverso onde os indivíduos migrantes atuam como substitutos do capital e a migração aumenta para as regiões em que a produtividade do capital foi diminuída.

Recentemente, objetivando analisar os impactos das mudanças climáticas e migrações decorrentes de alterações de preços e salários até o ano de 2065, [Fan, Fisher-Vanden e Klaiber \(2018\)](#) empregaram um modelo de equilíbrio geral computável inter-regional dinâmico recursivo para os Estados Unidos, calibrado para o ano de 2010. Como principais resultados, encontraram dois resultados, o primeiro indicou que as alterações nos salários reduziram significativamente o padrão migratório. O segundo, indica um impacto positivo sobre o produto e consumo em algumas regiões, como o Nordeste, Oeste e a Califórnia. Desconsiderando o impacto da mudança climática sobre a produtividade agrícola, os

autores ainda puderam observar que os setores de bens de consumo sofreram maiores impactos.

Chalise et al. (2017) empregaram um modelo de equilíbrio geral do tipo *top-down* –ORANI para investigar os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura e economia do Nepal até o ano de 2080. Como resultados, verifica-se que a economia será severamente afetada pelas mudanças climáticas e com perda de produtividade agrícola. Ainda é possível constatar que as famílias rurais enfrentarão tensões adicionais induzidas pelas mudanças climáticas, bem como, pela pobreza excessiva.

Com um modelo dinâmico de equilíbrio geral, Sun et al. (2017) também realizaram uma simulação em cenários de mudanças climáticas e seus impactos na agricultura, porém, estenderam a análise para os desdobramentos dos fluxos migratórios na China. Como resultados, puderam verificar que dada a migração, decorrente da mudança climática, causará impactos regionais diferenciados na economia local. O primeiro efeito encontrado é que a migração está associada ao aumento taxa de crescimento do PIB das regiões de destino. Por outro lado, ocorrerá uma diminuição do PIB das regiões de origem das migrações. Contudo, ao nível nacional, o PIB se reduzirá, o que por sua vez, pode estar associado há uma redução na renda, e por conseguinte, na redução do consumo.

Feng, Krueger e Oppenheimer (2010) buscaram investigar os efeitos na produtividade agrícola das variáveis meteorológicas e até que ponto a mudança no rendimento afeta as migrações do México para os Estados Unidos com dados de 1995-2000 e 2000-2005. Como principais resultados os autores encontraram que a redução de 10% na produção está associado ao incremento de 2% da população migrante.

Nesta mesma linha, Cai et al. (2016) utilizaram dados como a produção de cereais e a parcela do valor agregado da agricultura no PIB para explicar a as migrações de origem no período de 1980-2010 para 163 países, sendo o destino 42 países que em sua maioria pertencem a OCDE. Os seus achados indicam que a migração é induzida pelo clima em países dependentes da agricultura, objetivamente, os resultados apontam que o aumento da temperatura nas origens está associado ao aumento das migrações para outros países, sobretudo os industrializados.

Falco, Galeotti e Olper (2019) utilizaram dados de 108 países no período de 1960 a 2010 para analisar a relação entre a choques climáticos, mudanças na produtividade agrícola e as migrações internacionais. As principais reflexões levantadas pelos autores com base nos resultados apontam que os choques negativos na produtividade da agricultura, oriundos das flutuações climáticas estão associados ao aumento das migrações de países em desenvolvimento para outros países, salientando fortes impactos em países mais pobres e um impacto mais brando em países de renda média.

3.3 CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O Brasil é o maior produtor mundial de produtos provenientes da agricultura, tais como suco de laranja, café e açúcar, bem como, detém uma fatia considerável do mercado internacional de, além dos produtos supracitados, também produtos como soja e milho (BRASIL, 2015). Como o Brasil possui um amplo território, a agricultura e os demais setores atrelados a ela possuem grande importância para o crescimento e desenvolvimento econômico brasileiro, notado historicamente e nos dias atuais. Fica claro que mesmo em períodos de crise, assim como os que assolaram a economia brasileira na última década, o setor do agronegócio foi um setor que, frente aos demais na economia (indústria e serviços), apresentou grande potencial de crescimento e competitividade (BARROS; SILVA, 2018).

Dada a importância da produção da agropecuária para a economia nacional, constata-se que, ao passo que o PIB nacional cresceu apenas 3,6% ao longo do período de 2000-2011, o setor agropecuário manteve uma trajetória de crescimento, com uma taxa de crescimento do PIB de 3,9% ao ano (BELIK, 2015). É importante frisar o período pós crise de 2008, quando o setor agropecuário também se tornou um setor estratégico para o Brasil na geração de divisas. Belik (2015) argumenta que o agronegócio é um setor vinculado à agropecuária e foi responsável pela geração de saldo positivo na balança comercial desde o ano de 2007, atingindo o valor de US\$ 77,4 milhões no ano de 2012, cuja participação no total das exportações foi de 40%.

A Figura 7 revela a importância de cinco principais culturas para a economia brasileira no que diz respeito à participação na área plantada total ao longo dos últimos anos. Ressalta-se que, em conjunto, a cultura do Arroz, Feijão, Milho, Soja e Trigo, a participação média foi de 70% ao longo do período. Também é possível observar a elevada importância da cultura de soja, que a partir do ano de 2002, ultrapassa a categoria agregada “Outras Culturas”, passando de 30% da área plantada nesse ano para 43,2% em 2016. Por outro lado, o agregado “Outras Culturas” reduziu sua participação de 29,7% em 2002 para 26,8% em 2016.

Figura 7 – Participação das culturas na área plantada total do Brasil (1990-2016)

Fonte – Elaboração própria com base nos dados disponíveis no IBGE.

Constata-se a ocorrência da redução substancial das culturas de Arroz, Feijão e Trigo, que em conjunto, no início da década de 90 representavam 24,1% da área plantada e em 2016 essa participação se tornou apenas 9,2%. Outro ponto interessante evidenciado pela Figura 7 é a tendência de redução da participação da área plantada nas demais culturas frente a soja. Conforme destacado, a soja se transformou um importante produto que, além de alimento, é um insumo para outras culturas, como por exemplo a avicultura. No período de 2000 a 2014, a participação da cadeia de soja no agronegócio correspondeu a 12,70% do PIB e 12,10% dos empregos (MONTROYA; BERTUSSI; LOPES, 2017).

Adicionando-se a cultura do Algodão, Cana-de-Açúcar, Sorgo à análise anterior, no que diz respeito aos dias atuais, de acordo com os dados divulgados pelo IBGE da Produção Agrícola Municipal (PAM) para o ano de 2018, pode-se verificar o valor da produção desses produtos em torno de 72,5% em relação ao valor da produção total. A Figura 8 evidencia a relevância da produção de soja, representando aproximadamente 37,1% do valor da produção total, enquanto que a categoria “Outros Produtos”¹⁴ chega apenas a 27,5% do valor total da produção em 2018. Outro produto que se destaca é a cana-de-açúcar, representa aproximadamente 15,20% e o milho com 11%.

Por sua vez, a Figura 9 demonstra a distribuição espacial da participação do valor da produção da soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, arroz, feijão, trigo e sorgo em relação ao total da produção dentro de cada município para o ano de 2018. Conforme pode-se verificar, há uma grande parcela dos municípios possuem percentual do valor da produção no intervalo acima de 80% a 100% para o grupo de produtos destacados anteriormente

¹⁴ Essa categoria engloba todos os demais produtos, totalizando 63 produtos, cujo detalhamento pode ser consultado no sistema SIDRA do IBGE

Figura 8 – Participação das culturas de Algodão, Arroz, Cana-de-Açúcar, Feijão, Milho, Soja, Sorgo e Trigo no valor da produção total do Brasil no ano de 2018

Fonte – Elaboração própria com base nos dados disponíveis no PAM/IBGE.

no ano de 2018. Mais especificamente, o número de municípios nessa condição é de 1.898, caracterizando 34,11% do total de municípios brasileiros no ano de 2018.

A categoria dos municípios com até 20% do valor da produção é a segunda maior, com o total de 1.683 municípios, representando aproximadamente 30,3% do total de municípios brasileiros, concentrando-se, substancialmente na Região Norte do país. [Freitas e Mendonça \(2016\)](#) evidenciam uma expansão agrícola bem definida que está em rota da Região Centro-Noroeste do Brasil, destacando trechos como o Ocidente da Região Norte, Sul do Maranhão, extremo Oeste da Bahia e novas regiões onde estão sendo exploradas na parte Sul da Região Norte. De acordo com o Censo Demográfico 2010, percebe-se a existência de uma parcela considerável da população que reside no meio rural. Constata-se que 1.619 municípios do total de 5.565 possuem o percentual da população residente no meio rural superior ao meio urbano, representando 29,09% do total de municípios brasileiros no ano de 2010. Uma vez destacado a importância da agricultura, tanto em termos econômicos, quanto sociais, bem como das principais culturas envolvidas e a especificidade de cada região, é de suma importância entender os impactos de possíveis alterações na composição da agricultura. Há estudos evidenciando que o aumento da temperatura decorrente das mudanças climáticas, pode provocar a diminuição de áreas aptas ao cultivo de grãos, em especial para a soja, presente dentre as principais culturas do agronegócio ([DECONTO, 2008](#)).

Figura 9 – Participação do valor da produção das culturas da Soja, Cana-de-Açúcar, Milho, Algodão, Arroz, Feijão, Trigo, Sorgo no total produzido a nível municipal para ano de 2018

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da tabela 5457 do SIDRA/IBGE e baseados na PAM-IBGE.

Nas últimas duas décadas, muitos estudos vêm demonstrando os possíveis resultados da alta taxa de emissões dos gases do efeito estufa, argumentando que o aquecimento global já está ocorrendo e causando vários impactos no meio ambiente e na sociedade. De acordo com o [IPCC \(2019\)](#), a partir do período pré-industrial (1850-1900), a temperatura média do ar na superfície terrestre vem aumentando significativamente mais do que a temperatura média global da superfície da terra e oceano. O aumento da temperatura média do ar na superfície da terra observada ao longo desse período, provavelmente se encontra no intervalo de 1,53°C a 1,68°C.

Nos relatórios anteriores ao ano de 2013 do IPCC, os cenários eram do tipo A1 e A2, onde representavam altas taxas de emissões de GEE e cenários de baixas emissões B1 e B2. Atualmente, conforme o Quinto Relatório do [IPCC \(2013, p. 147\)](#)¹⁵, foram desenvolvidos cenários socioeconômicos, denominados como *Representative Concentration Pathways* (RCP's). Os cenários de RCP representam uma abordagem diferente das utilizadas anteriormente, principalmente porque incluem além das mudanças dos níveis e da

¹⁵ Refere-se à sigla em inglês: *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

trajetória de emissões de gases de efeito estufa, a radiação e mudanças no uso da terra mais consistentes e de curta duração.

Mais especificamente, os novos cenários presentes no Quinto Relatório [IPCC \(2013\)](#) foram concebidos a partir de níveis da forçante radiativa nas categorias de 2,6; 4,5; 6,0 e 8,5 W/m^2 até o final do século XXI ([ASSAD et al., 2016](#)). Segundo o Quinto Relatório do [IPCC \(2013\)](#), pode-se dizer que o cenário RCP 2.6 é considerado o de menor nível de emissões se comparado aos demais cenários utilizados pelo IPCC. De acordo com a Figura 10, o aquecimento global, que é representado pela temperatura do ar na superfície terrestre, irá ultrapassar 2°C em meados do século XXI sob os cenários RCP 4.5 e RCP 6.0. Por outro lado, considerando um cenário mais pessimista sob RCP 8.5, o aumento da temperatura média global ultrapassará 4°C até 2100.

Figura 10 – Projeção da temperatura do ar na superfície terrestre 1850-2300

Fonte – Quinto Relatório do [IPCC \(2013\)](#), p. 1053).

Por sua vez, os cenários RCP 4.5 possui nível médio-baixo e o RCP 6.0 de médio-alto e, em particular, esses cenários pressupõem que a partir de 2100 os níveis de emissões se estabilizam. O RCP 8.5 é um cenário mais pessimista, ou seja, considera uma situação com elevadíssimos níveis emissões e que só se estabilizaria após o ano de 2200. Conforme [IPCC \(2013\)](#) os cenários RCPs não equivalem aos cenários SRES¹⁶, mas pode-se dizer que o cenário RCP 8.5 se aproxima do cenário A2, enquanto o cenário RCP 4.5 se aproxima ao B1 do SRES.

[Assad et al. \(2016\)](#) realizaram a aplicação de modelos agroclimáticos em três períodos de 30 anos, 2025, 2055 e 2085 para as cinco principais culturas: Arroz, Feijão, Milho, Soja e Trigo. Como resultados das projeções, os autores observaram uma redução nas áreas de baixo para as de alto risco, e de forma generalizada, afetariam substancialmente

¹⁶ Da sigla em inglês Special Report Emission Scenarios, lançado em 2000 pelo IPCC.

as áreas plantadas nas cinco principais culturas, e em especial na área plantada com a cultura da soja. [Assad et al. \(2016\)](#) reforçam que os seus cenários preveem aumento de dias do ano com temperatura superior a 36°C, e, além do déficit hídrico, o resultado desses eventos extremos podem causar interrupção do desenvolvimento das flores das culturas, como por exemplo do café e feijão.

O relatório [SAE/PR \(2015\)](#) apresenta resultados da simulação de dois modelos agroclimáticos, o primeiro é um modelo britânico, denominado HadGEM-2 e o segundo é o Miroc-5, de origem japonesa. O referido trabalho utilizou dois cenários: RCP 4.5 e o RCP 8.5 da mesma maneira como é definido pelo IPCC. Um ponto a ser esclarecido é a existência de uma pequena diferença nas estimativas do risco climático, reportado pelos modelos. Essa diferença decorre do fato de que as projeções de temperaturas reportadas pelo HadGEM-2 são relativamente maiores se comparadas aquelas reportadas pelo Miroc-5.

Por conseguinte, as projeções do modelo Miroc-5 indicam, além de temperaturas menores, uma elevação no volume de precipitação em determinadas regiões ([SAE/PR, 2015](#)). Com base nesses modelos e adaptando-os, isto é, agregando ao nível de estado brasileiro em cada tipo de cultura para o presente estudo, bem como, tomando-se como base o ano de 2012, a Tabela 10 apresenta as estimativas da área de baixo risco para os dois cenários no ano de 2040 e por tipo de cultura que fora simulado

Tabela 10 – Área total de baixo risco após a mudança climática em 2040 (hectares)

Cultura	Área em 2012	HadGEM-2		Miroc-5	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Algodão	1.420.173	1.260.721	1.221.118	1.412.527	1.411.365
Arroz	2.442.752	1.895.261	1.827.774	2.122.176	2.182.094
Cana-de-Açúcar	9.752.123	10.299.892	10.076.279	11.356.765	11.317.039
Feijão	3.182.515	2.707.046	2.702.738	3.158.074	3.346.682
Milho	15.064.731	12.541.290	15.932.047	14.986.933	14.967.782
Soja	25.090.559	15.469.469	14.675.712	21.408.518	31.924.004
Sorgo	727.839	661.948	716.009	713.709	727.839
Trigo	1.941.703	1.506.288	1.434.180	1.862.312	1.839.244

Fonte – Estimativas adaptadas conforme informações revisadas em 2018 da simulação do [SAE/PR \(2015\)](#).

A segunda coluna da Tabela 10 apresenta a área de baixo risco em hectares no ano-base que é de 2012 ¹⁷. Conforme pode-se observar, se comparado com o ano-base, apenas a cultura da cana-de-açúcar não apresentará perda de área de baixo risco em todos os cenários, em ambos modelos até o ano de 2040. Com exceção da cultura do feijão, milho e soja, as demais culturas apresentaram uma redução na área plantada. Um ponto

¹⁷ Fonte dos dados: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, acesso em julho 2018.

importante a ser estudado mais a fundo em seções futuras é a questão da cultura da soja e cana-de-açúcar apresentarem uma elevação na área plantada.

3.4 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, o presente estudo empregará um modelo dinâmico-recursivo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), o modelo TERM-BR, que é uma adaptação para o caso brasileiro do modelo australiano TERM (*The Enormous Regional Model*). Inicialmente, os modelos regionais de equilíbrio geral eram do tipo *top-down*, sendo que a segunda geração dos modelos regionais foram adaptadas seguindo o modelo ORANI¹⁸, isto é, nessa categoria de EGC multirregional os resultados nacionais eram distribuídos para resultados regionais, enquanto que o modelo TERM já possui a característica *bottom-up*, portanto, os resultados nacionais eram conduzidos por resultados regionais (HORRIDGE; MADDEN; WITTWER, 2005).

Os modelos *bottom-up* tratam cada região como uma economia individual e isso é capaz de permitir a realização de simulações a fim de analisar políticas que, por exemplo, têm efeitos de preços em determinadas regiões ou em apenas uma única região. A relação entre as regiões se dá por meio da livre mobilidade de fatores e dependem dos preços relativos, bem como, do comércio inter-regional. Originalmente, o TERM-BR foi adaptado para o Brasil em meados dos anos 2000, mais especificamente, por Ferreira-Filho e Horridge (2006a) e Ferreira-Filho e Horridge (2006b). No modelo TERM-BR as indústrias e consumidores agem conforme o comportamento de minimizador de custos frente a uma gama de *commodities* e insumos. Especificamente, as indústrias minimizam custos na determinação dos fatores primários e, tanto a tecnologia, quanto os preços possuem retornos constantes a escala.

Na versão utilizada neste estudo, o TERM-BR está calibrado para o ano-base 2010 e baseia-se na Matriz Insumo-Produto (MIP) disponibilizada pelo IBGE. A matriz possui 136¹⁹ indústrias (setores), 136 produtos (*commodities*), com cada setor produzindo apenas um produto. Além disso, distingue 27 regiões e 10 tipos de ocupações (baseadas de acordo com o nível de rendimento medido em número de salários-mínimos). A interligação dos mercados de bens é dada por uma matriz de comércio inter-regional com origem e destino dos bens. Conforme destacado anteriormente, há uma livre mobilidade do capital e trabalho, tanto entre as atividades, quanto nas regiões. A mobilidade inter-regional do trabalho, contudo, é regulada pelas elasticidades de migração, estimadas para este estudo.

Para o presente estudo, optou-se pela agregação de 27 regiões para 15, sendo adotada a similaridade das economias locais, bem como, levando-se em consideração o padrão migratório específico a cada região como critério para agregação de tais regiões. Da mesma forma, os 136 setores e produtos foram agregados para 34. A Tabela B.1 no Apêndice

¹⁸ Para maiores detalhes sobre o modelo ORANI, ver: Dixon et al. (1982).

¹⁹ Para maiores detalhes sobre a desagregação de alguns setores, ver: Diniz (2019).

B apresenta o *mapping* utilizado para agregação. A estrutura de produção do modelo TERM-BR pode ser esquematizada pela Figura 11. Resumidamente, a estrutura se baseia na minimização de custos pelas indústrias e demanda final, os quais escolhem a combinação de insumos intermediários de produtos e fatores primários (FERREIRA-FILHO; RIBERA; HORRIDGE, 2015).

Figura 11 – Estrutura de produção no modelo TERM-BR

Fonte – Adaptado conforme Santos (2006)

Na sequência, a função de produção do tipo *Leontief* é utilizada para descrever a combinação de insumos intermediários (cuja origem pode ser doméstica ou importada) e

fatores primários em uma proporção fixa. Para os insumos intermediários, considerou-se uma elasticidade de substituição CES igual a 0.3. A demanda interna para um insumo específico, por sua vez, é determinada por uma função CES entre produtos domésticos e os importados (formulação Armington). Além disso, os insumos domésticos podem se originar em regiões distintas, variando da região 1 até R, orientados por outra função CES.

Pelo lado dos fatores primários, há distinção entre os fatores, terra, trabalho e capital. Especialmente para o fator trabalho, ocorre a desagregação para 10 níveis de ocupações de acordo com a faixa salarial (estratificada em unidades de salários-mínimos). A partir desta etapa, a presente tese incorpora o processo da migração inter-regional através da utilização da matriz de elasticidades estimada no primeiro capítulo. Uma vez que os indivíduos reagem a incentivos e são racionais, a suposição inicial é que dada a ocorrência dinâmica da determinação do diferencial de rendimento real entre as regiões, haverá mobilidade populacional entre as regiões. Portanto, o aumento do salário relativo entre regiões de destino em relação à origem afeta positivamente o a migração.

A Tabela 11 demonstra a dimensão de cada um dos conjuntos utilizados no modelo TERM-BR após a agregação de setores, produtos e regiões. Como o modelo é composto por várias matrizes com dimensões específicas, por convenção, as dimensões serão indicadas pelos índices: *s*, *c*, *m*, *i*, *o*, *d*, *r*, *p*, *f* e *u* (HORRIDGE; MADDEN; WITTWER, 2005). Por sua vez, os conjuntos DST, REG e ORIG serão utilizadas para representas as mesmas regiões, mas dependem de qual contexto estarão inseridas. Com relação aos 136 setores e produtos (*commodities*) será realizada a agregação para 34 setores (*i*) e produtos (*c*). Dos 34 produtos, 12 pertencem ao setor da agropecuária, sendo 8 diretamente da agricultura, que englobam as lavouras permanentes e temporárias, 3 da pecuária e 1 da exploração florestal e silvicultura. Os 10 tipos de famílias e níveis de ocupação em cada região são ordenados de acordo com o nível de rendimento, e por fim, as margens de comércio e transporte.

Tabela 11 – Dimensão dos conjuntos do modelo TERM-BR após a agregação de setores, produtos, regiões e a diagonalização da matriz de produção

Índ.	Matriz	Descrição	Tam.
s	SRC	Origem domésticos ou importados	2
c	COM	Produtos (<i>commodities</i>)	34
m	MAR	Margens das mercadorias (de comércio e transporte)	2
i	IND	Indústrias (setores)	34
o	OCC	Ocupações (ou habilidades)	10
d	DST	Regiões de uso (destino)	15
r	ORG	Regiões de origem	15
p	PRD	Regiões de margem de produção	15
f	FINDEM	Demanda final (Cons. das famílias, Investimento, Governo e Exportação)	4
u	USER	Usuários (IND + FINDEM)	38

Fonte – Adaptado conforme Horridge, Madden e Wittwer (2005) e a configuração do modelo TERM-BR.

3.4.1 Estratégia de simulação

Como o modelo utilizado será um modelo dinâmico de equilíbrio geral, é necessário que ocorram três etapas de simulação: a) histórica, b) *business as usual* ou linha de base, e, c) choque de política, isto é, será nessa etapa em que se realiza a simulação com os choques nos setores de interesse e respectivas regiões. Na primeira simulação ocorre a atualização da base de dados do período de 2011 a 2017, ou seja, o modelo é calibrado para reproduzir a trajetória da economia até 2017 por meio dos agregados macroeconômicos, tais como o Produto Interno Bruto real (PIB real), consumo das famílias, gastos do governo, investimento real, volume de exportações, população e força de trabalho, adicionalmente, a área destinada à agropecuária em cada região.

Posteriormente, a segunda simulação busca projetar a economia de 2018 até 2040, aplicando-se choques em agregados macroeconômicos de maneira que as demais variáveis se ajustem endogenamente. Utilizaram-se taxas de crescimento 2,5% a.a para o PIB real; 3% a.a para a demanda por exportações; taxas de crescimento da população seguem projeções do IBGE para cada região até o ano de 2040 e da força de trabalho (indivíduos na faixa etária de 15 a 64 anos) também obtidas junto ao IBGE em 2018. Destaca-se que os gastos do governo são determinados endogenamente. E, por fim, a taxa de crescimento regional da agropecuária segue as projeções de oferta de terra para a agricultura conforme [Ferreira-Filho et al. \(2018\)](#).

Na terceira simulação, ocorre o choque de política, que se baseia nas projeções atualizadas e fornecidas pela Embrapa Informática conforme o modelo e resultados apresentados em ([SAE/PR, 2015](#)). Especificamente, o conceito utilizado no presente estudo segue a relação de perda (ganho) de área apta/de baixo risco em seis de oito culturas ao longo do período decorrentes das projeções das mudanças climáticas, sendo incorporadas na trajetória de crescimento da economia. Desta maneira, para aplicação no modelo de equilíbrio geral, tomou-se como representação dos choques nos setores aos quais a produção é realizada na área das seis culturas apresentas na seção seguinte.

3.4.2 Choques e cenários

A estratégia de simulação ocorrerá por meio de dois cenários: RCP 4.5 (Intermediário) e RCP 8.5 (Pessimista), ambos baseados nas informações fornecidas pela Embrapa Informática ([SAE/PR, 2015](#)). Para projeção das áreas, a Embrapa realizou a simulação individualmente a nível municipal em dois modelos globais, o HadGEM2-ES e MIROC5 em cada cenário²⁰. Para a presente tese, considera-se uma agregação dessas áreas do nível municipal a estadual, bem como, tomando-se como choque na área utilizada para produção

²⁰ Para a construção do cenário Intermediário, realizou-se a média aritmética simples dos cenários HADGEM4.5 e MIROC4.5, ao passo que para o Pessimista o procedimento foi o mesmo para HADGEM8.5 e MIROC8.5.

de 6 principais setores da agricultura, agregando-se em um único setor o de Arroz e Trigo, bem como, a criação de um novo setor “Out. Prod-Lavoura-Temp.”, que engloba feijão, sorgo e demais produtos de lavoura temporária. As culturas consideradas para o choque são:

1. Arroz-Trigo-Out-Grãos;
2. Milho em Grão;
3. Algodão Herbáceo;
4. Cana-de-Açúcar;
5. Soja em Grão;
6. “Out. Prod-Lavoura-Temp.”.

A Tabela [D.1](#) no Apêndice D apresenta a participação setorial no valor da produção regional na MIP 2010 utilizada como base no TERM-BR de cada uma das 8 culturas que compõem a Agricultura: Algodão Herbáceo, Arroz-Trigo-Out-Grãos, Café em Grão, Cana-de-Açúcar, Milho em Grão, Soja em Grão, Out. Prod-Lavoura-Temp. e Out. Prod-Lavoura-Perm. Na Tabela [12](#) são apresentadas as variações percentuais que serão utilizadas como choques para cada setor nas respectivas regiões para o cenário intermediário (RCP 4.5).

Tabela 12 – Choques anuais no total da área apta a nível regional no cenário RCP 4.5

Região	Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp
PA-RO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Demais N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MA-TO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,011	0,000
PI	-1,003	0,054	-0,290	-0,155	-1,186	-0,113
Demais NE	-0,524	-0,032	0,047	-0,021	-1,297	0,021
PE-AL	-0,557	-0,127	-0,088	-0,039	0,000	0,040
BA	-1,837	-1,517	-1,310	-1,282	-0,882	-0,683
MG	-0,580	-0,745	-0,553	0,087	-1,530	-0,520
Demais SE	-4,000	-2,397	0,000	-0,975	0,000	-0,680
SP	-1,729	-0,863	-0,045	0,049	-3,061	-0,237
PR	-0,953	-0,622	0,000	2,783	-10,147	-0,295
Demais S	0,000	0,000	0,000	2,782	-4,610	0,000
MS	-1,403	-1,005	-0,001	0,000	-5,180	-0,277
MT	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,066	0,000
Demais CO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	0,000

Fonte – Estimativas adaptadas conforme informações revisadas da simulação do [SAE/PR \(2015\)](#).

Nota – As regiões representam a agregação dos estados conforme: “PA-RO”: Pará, Rondônia; “Demais N”: Acre, Amapá, Amazonas, Roraima; “MA-TO”: Maranhão, Tocantins; “PE-AL”: Pernambuco, Alagoas; “PI”: Piauí; “BA”: Bahia; “Demais NE”: Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Sergipe; “PR”: Paraná; “Demais S”: Rio Grande do Sul, Santa Catarina; “MS”: Mato Grosso do Sul; “MT”: Mato Grosso; “Demais CO”: Goiás, Distrito Federal; “Demais SE”: Espírito Santo, Rio de Janeiro; “MG”: Minas Gerais; “SP”: São Paulo.

As variações percentuais apresentadas na Tabela 12 são oriundas da atualização da simulação original empregada no modelo agroclimático em [SAE/PR \(2015\)](#). A Embrapa realizou a estimação para o ano de 2040 os ganhos ou perdas de áreas aptas ao plantio, tecnicamente, o conceito está relacionado com a mudança de áreas de baixo risco para áreas de alto risco climático e vice-versa²¹. Dado a utilização de um modelo dinâmico de equilíbrio geral no presente estudo, realizou-se o procedimento de conversão para taxas de variações percentuais anualizadas²² até o ano de 2040 para o cenário RCP 4.5 e 8.5.

A Tabela 13 apresenta a variação para cada região e cultura de acordo com a agregação especificada anteriormente para o cenário RCP 8.5, que é mais pessimista que o anterior. De forma geral, verifica-se em ambos os cenários há ocorrência de significativas reduções nas culturas em praticamente todas as regiões, exceto nos estados da Região Norte, pois serão menos afetados. A Tabela C.1 no Apêndice C apresenta as variações acumuladas que resultaram nas variações anualizadas das Tabelas 12 e 13.

²¹ Portanto, o conceito adotado neste estudo é que as variações nas áreas aptas são equivalentes às variações na área plantada.

²² O procedimento foi a conversão por meio de $TX_{itj} = [(1 + i_{ij})^{1/(2040-2018)} - 1] \times 100$. Sendo que TX_{it} é a taxa convertida ao ano para a UF i no tempo t para a cultura j e i_{ij} é a taxa de variação percentual no intervalo de 2040-2018 para a UF i e cultura j .

Tabela 13 – Choques anuais no total da área apta a nível regional no cenário RCP 8.5

Região	Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp
PA-RO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Demais N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MA-TO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,180	0,000
PI	-2,600	0,850	-0,980	-0,990	1,040	-0,490
Demais NE	-0,840	0,120	0,020	-0,020	0,390	0,180
PE-AL	-0,050	0,710	-0,120	-0,090	0,000	0,340
BA	-0,570	0,940	-1,010	-1,160	4,230	0,230
MG	-0,450	-0,020	-0,860	-0,190	-1,380	-0,770
Demais SE	-4,880	0,000	0,000	-1,280	0,000	-0,830
SP	-1,610	0,000	-0,030	0,050	-2,290	-0,150
PR	-1,510	0,000	0,000	2,780	-3,000	-0,330
Demais S	0,000	0,000	0,000	2,780	5,610	0,000
MS	-1,310	0,000	0,000	0,000	-2,400	-0,130
MT	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,050	0,000
Demais CO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,120	0,000

Fonte – Estimativas adaptadas conforme informações revisadas da simulação do [SAE/PR \(2015\)](#).

De uma forma geral, percebe-se que os choques no cenário RCP 4.5 são em sua maioria negativos. Especialmente em culturas como Algodão, Soja em Grão, Arroz, Trigo e outros Grãos apresentaram choques negativos para a maioria das regiões. Com relação aos choques positivos, isto é, um ganho de área apta ao plantio, ocorrem com maior intensidade para a cultura de cana-de-açúcar na Região Sul, Minas Gerais e São Paulo; Piauí para a cultura do Milho e demais estados da Região Nordeste para o algodão; em outros produtos da lavoura temporária os ganhos foram para Pernambuco e Alagoas e demais estados da região Nordeste. Ao passo que os choques com maiores magnitudes negativas se concentram na Região Nordeste (principalmente Bahia), Sudeste e Paraná, sendo que para este último, a cultura da soja é a mais afetada.

Para o cenário RCP 8.5 nem todas as regiões são afetadas da maneira como no cenário RCP 4.5, algumas regiões os choques são positivos. Para culturas como a soja em grão há uma grande redução em termos de área apta no Paraná, sendo que para os demais estados do Sul e para a Bahia há um maior impacto positivo. Comparativamente, os dois cenários apresentam choques predominantemente negativos, mas no cenário RCP 8.5 há maior ocorrência de choques positivos. Para a Cana-de-açúcar, dado uma melhoria nas condições de plantio em decorrência de aumentos na temperatura e concentração de CO₂ até 2040, destaca-se que há um grande impacto positivo em ambos os cenários para a Região Sul. Ao passo que após esse período, provavelmente a cultura seria prejudicada pela temperatura e CO₂ atingirem nível acima do ótimo.

3.5 RESULTADOS

Esta seção se divide em duas partes para a apresentação dos resultados. Na primeira, serão expostos, de forma resumida, os principais resultados macroeconômicos decorrentes dos choques em ambos os cenários. Em um segundo momento, serão apresentados os desdobramentos a nível regional sobre os fluxos migratórios. Adicionalmente, os resultados serão explorados em termos dos dez níveis de OCC e os principais fluxos migratórios até o ano de 2040.

3.5.1 Principais agregados macroeconômicos

De acordo com a Tabela 14, é possível observar que, comparativamente ao cenário base, tanto no Brasil, quanto nas demais regiões, ocorre um maior impacto negativo no PIB real no cenário RCP 4.5 ao invés do cenário RCP 8.5. Mas em ambos ocorrem variações negativas e que em geral podem ser explicadas pela predominância de perda de áreas aptas ao plantio decorrentes dos choques aplicados, que afetam diretamente os componentes do PIB real, tais como o consumo das famílias e investimentos, que apresentaram comportamento semelhante em termos de impactos negativos no Brasil e nas demais regiões.

Tabela 14 – Resultados macroeconômicos para o Brasil e regiões após o choque de mudanças climáticas (Variação acumulada até 2040)

Reg.	Cen. RCP	Cons. Famílias	Invest.	Export.	Import.	PIB Real	Emprego	Salário Real	Est. de Capital
Brasil	4.5	-0,115	-0,179	-0,417	-0,302	-0,149	0,002	-0,049	-0,083
	8.5	-0,066	-0,096	0,155	0,103	-0,044	0,000	-0,090	-0,029
CO	4.5	-0,400	-0,407	-2,353	-0,586	-0,277	0,012	-0,266	-0,272
	8.5	-0,115	-0,170	-1,634	-0,065	-0,113	0,009	-0,122	-0,086
N	4.5	-0,048	-0,006	0,768	-0,139	-0,012	-0,006	0,023	-0,015
	8.5	0,043	0,037	0,094	0,014	0,012	0,003	0,009	0,011
NE	4.5	-0,179	-0,178	0,679	-0,286	-0,102	-0,014	-0,095	-0,116
	8.5	-0,022	-0,003	1,125	0,162	-0,016	-0,010	-0,045	0,016
Demais	4.5	-0,113	-0,146	0,176	-0,366	-0,071	-0,001	-0,048	-0,086
	8.5	-0,097	-0,140	0,054	-0,062	-0,051	0,001	-0,128	-0,065
SE	4.5	-0,110	-0,154	-0,815	-0,310	-0,049	-0,011	-0,033	-0,072
	8.5	-0,031	-0,036	-0,346	0,119	-0,004	0,004	-0,066	-0,014
SP	4.5	0,016	-0,203	-0,697	-0,137	-0,487	0,054	0,022	0,002
	8.5	-0,141	-0,225	0,736	0,410	-0,119	-0,007	-0,136	-0,012
S	4.5	0,016	-0,203	-0,697	-0,137	-0,487	0,054	0,022	0,002
	8.5	-0,141	-0,225	0,736	0,410	-0,119	-0,007	-0,136	-0,012

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Apesar de em ambos os cenários ocorrer uma redução no PIB real, as exportações líquidas são maiores no cenário RCP 8.5, o que por sua vez amenizou a redução do PIB real tanto nacional, quanto regional. A nível regional, verifica-se que as exportações são

positivas na região Sul, demais estados agregados do Sudeste (Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais), Norte e Nordeste. Em termos de emprego e salário real, verifica-se que no agregado nacional ocorre uma redução para estes, contudo, na região Sul há um aumento no cenário RCP 4.5, ao passo que para o Norte a variação acumulada também é positiva, contudo, ocorre no cenário RCP 8.5.

De acordo com a Tabela 15 a queda nos agregados macroeconômicos apresentados na Tabela 14, pode ser explicada pela queda na produção, como por exemplo que é fortemente influenciada pela redução de 28,7% no agregado até 2040 em relação ao cenário base na cultura da Soja no cenário RCP 4.5. Por sua vez, essa queda também se relaciona com redução no emprego e a exportação. O desempenho das exportações no cenário RCP 8.5 é levemente superior em comparação ao 4.5 de acordo com os apresentados na Tabela 14, percebe-se que se deve à cultura da Soja em Grão e do Café em Grão, com respectivamente, 2,6% e 1,4%.

O modelo permite substituição de culturas de forma endógena, de modo que no cenário RCP 4.5 algumas culturas são substituídas por outras. De acordo com a Tabela 15, as culturas do Algodão e Soja em Grão possuem queda na área utilizada, com destaque para este último, com uma redução de aproximadamente 39,9% no acumulado até 2040, ao passo que as demais culturas possuem um incremento na utilização desta área. Já no cenário RCP 8.5, constata-se uma queda generalizada na área utilizada pelas culturas, com exceção da Cana-de-açúcar e Café em Grão, que apresentaram variações positivas, com aproximadamente 2% e 1%, respectivamente. As Tabelas E.1 e E.2 no Apêndice E apresentam o resultado da produção a nível regional para a agropecuária nos dois cenários analisados.

Tabela 15 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária, uso da terra, exportação e emprego a nível nacional no período de 2018 – 2040

Setor/Cenário	Uso da Terra		Produção		Exportação		Emprego	
	4.5	8.5	4.5	8.5	4.5	8.5	4.5	8.5
Algodão Herbáceo	-2,642	-4,583	-1,332	-2,891	-2,236	-6,961	-0,583	-1,973
Arroz-Trigo Out-Grãos	9,469	-13,993	6,746	-10,352	18,035	-19,505	5,414	-8,656
Bovinos e Outr. Animais	3,095	-1,435	2,078	-0,859	2,762	-0,404	1,278	-0,599
Café em Grão	2,957	0,979	2,443	0,837	4,200	1,402	2,051	0,738
Cana-de-Açúcar	3,999	1,999	4,126	2,150	0,000	0,000	3,588	1,986
Expl.Florestal e Sivicultura	5,305	-1,647	3,027	-0,882	9,320	-2,351	1,469	-0,465
Leite e Outr. Animais	3,849	-1,797	1,977	-0,859	0,000	0,000	0,508	-0,288
Milho em Grão	2,644	-0,641	2,378	-0,386	9,399	-0,712	1,837	-0,362
Out. Prod-Lavoura-Perm	2,098	-1,723	1,046	-1,001	8,872	-5,770	0,188	-0,484
Out. Prod-Lavoura-Temp.	4,874	-2,968	2,315	-1,464	9,373	-6,844	0,690	-0,598
Soja em Grão	-39,934	-2,657	-28,702	0,801	-51,200	2,621	-22,305	1,781
Suínos/aves/ovos/pesca/aquicul.	0,000	0,000	0,720	-0,332	1,925	0,097	0,614	-0,326

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Conforme a Tabela 15 nota-se que, apesar dos choques serem predominantemente negativos para a maioria das culturas, no cenário RCP 4.5 há um aumento da produção dos setores da agropecuária, exceto Algodão Herbáceo e Soja em Grão. O maior incremento ocorre na produção do setor Arroz-Trigo Out-Grãos, com 6,75% e da Cana-de-Açúcar, com 4,12%, podendo ser explicado, principalmente por efeitos provenientes do aumento do uso da terra, respectivamente, com incrementos de 9,5% e 4% em relação ao cenário base no acumulado até 2040. Por sua vez, o nível de emprego possui variação positiva no acumulado para a maioria dos setores apresentados no cenário RCP 4.5, exceto para Algodão Herbáceo e Soja em Grão. Por outro lado, no cenário RCP 8.5, há predominância de variações negativas, com destaque para Arroz-Trigo Out-Grãos, que também apresentam as maiores variações negativas no uso da terra, produção e exportação.

Destaca-se que o setor Arroz-Trigo Out-Grãos é o setor que mais se beneficia no cenário RCP 4.5, ocorrendo maiores variações no acumulado até 2040 em relação ao cenário base, com expansão na área utilizada, por sua vez, na produção, exportação e emprego. Este resultado surge de efeitos diretos e indiretos dos preços relativos e da alocação de fatores de produção, isto é, se em um cenário ele cede área para outras atividades, por outro, realiza uma expansão no uso da terra.

A Tabela 16 apresenta o desvio acumulado em relação ao cenário base para o emprego e o salário real a nível regional. Diferentemente do resultado a nível nacional, e pelo próprio fechamento do modelo, a variação do emprego pode ocorrer endogenamente de forma regional. De maneira geral, verifica-se que as variações percentuais são relativamente baixas, variando entre -1,62 e 0,363 para ambos os cenários no salário real, ao passo que para o emprego é de -0,076 a 0,125 no acumulado até o ano de 2040. Outro ponto a ser observado é que das 15 regiões do modelo, apenas 5 obtiveram desvios positivos no acumulado para o salário real e emprego no cenário RCP 4.5. Por outro lado, no cenário RCP 8.5 ocorre um processo diferenciado, em que apenas quatro regiões apresentam desvios positivos no acumulado para o salário real e doze para emprego.

De acordo com a Tabela 16, no geral, o salário real na região Nordeste é negativamente impactado em ambos os cenários, assim como os estados do Centro-Oeste. Por outro lado, no que diz respeito ao emprego, os estados do Centro-Oeste e do Sudeste, apresentaram desvio acumulado próximo a zero em ambos os cenários. Para os estados da região Norte constata-se que no acumulado tanto para o salário real, quanto emprego nos dois cenários apresentaram valores muito próximos a zero.

Tabela 16 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real, PIB real e emprego por região no período de 2018 – 2040

Região	Salário Real		PIB Real		Emprego	
	4.5	8.5	4.5	8.5	4.5	8.5
PA-RO	0,023	0,017	−0,020	0,015	−0,011	0,009
Demais N	0,024	−0,001	−0,001	0,009	−0,005	0,001
MA-TO	−0,079	−0,017	−0,039	−0,018	−0,013	0,004
PI	−0,149	−0,008	−0,114	0,014	−0,018	−0,008
Demais NE	−0,020	−0,068	−0,047	−0,008	−0,007	0,002
PE-AL	−0,004	−0,118	−0,028	−0,069	−0,008	−0,005
BA	−0,237	0,030	−0,219	0,017	−0,044	−0,032
MG	−0,029	−0,117	−0,033	−0,043	−0,001	0,000
Demais SE	−0,060	−0,136	−0,091	−0,055	−0,002	0,001
SP	−0,032	−0,068	−0,049	−0,003	−0,009	0,003
PR	−0,168	0,363	−1,171	0,133	0,114	0,125
Demais S	0,125	−0,408	−0,087	−0,265	0,011	−0,076
MS	−1,162	−0,566	−1,934	−0,797	0,018	0,025
MT	−1,026	−0,183	−0,336	−0,083	−0,003	0,005
Demais CO	0,023	−0,041	−0,005	−0,009	0,011	0,006

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Para o PIB real a nível regional, ocorrem variações próximas a zero em duas das quinze regiões consideradas no modelo par ao cenário RCP 4.5 e variações positivas para cinco regiões no cenário RCP 8.5. Isto é, os resultados do modelo indicam queda do PIB real no acumulado para a maioria das regiões, com destaque para o Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso. De acordo com a Tabela D.1 no Apêndice D, se comparados com as demais regiões, são essas as que possuem maior participação dos setores relacionados a agricultura no valor da produção total. Além disso, recebem choques em maiores magnitudes, sobretudo, na cultura da Soja em Grão, que possui maior peso na produção agrícola, indicando que mesmo uma reestruturação de produção e realocação de fatores não serão capazes de compensar os efeitos das mudanças climáticas nestas regiões em termos do PIB real.

A Tabela 17 apresenta o desvio acumulado do salário real por classe²³ salarial (ou faixas) em relação ao cenário base até 2040. Observa-se que os impactos no salário real serão negativos para o cenário RCP 8.5 e em todas as classes salariais, sendo que o efeito negativo possui maior magnitude nas primeiras faixas, especificamente, da primeira até a terceira faixa. Para o cenário RCP 4.5 os resultados indicam incremento para as oito primeiras categorias, sendo que para a faixa de rendimento de 8 a 10 salários-mínimos ou

²³ Conforme destacado na seção de metodologia, estas faixas salariais representam níveis de ocupações e recebem a notação dentro do modelo como OCC. Ademais, esta desagregação busca refletir os diferentes níveis de qualificações, sendo que a primeira classe reflete o nível mais baixo até o nível mais elevado de qualificação, o que por sua vez, maior nível de rendimento, medido em termos de salários-mínimos.

acima, o desvio acumulado é negativo, substancialmente para o último nível acima de 10 salários-mínimos.

Tabela 17 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial no período de 2018 – 2040

Classe	Faixa	RCP 4.5	RCP 8.5
Classe 1	Até 1/2 Salário-mínimo	0,530	-0,655
Classe 2	> 1/2 Salário-mínimo a 1	0,390	-0,246
Classe 3	> 1 Salário-mínimo a 2	0,222	-0,125
Classe 4	> 2 Salário-mínimo a 3	0,159	-0,035
Classe 5	> 3 Salários-mínimos a 4	0,168	-0,021
Classe 6	> 4 Salários-mínimos a 5	0,049	-0,043
Classe 7	> 5 Salários-mínimos a 6	0,038	-0,098
Classe 8	> 6 Salários-mínimos a 8	0,118	-0,093
Classe 9	> 8 Salários-mínimos a 10	-0,206	-0,131
Classe 10	> 10 Salários-mínimos	-0,697	-0,068

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Em termos gerais, essa diferença nos dois resultados pode ser abordada por duas vias. A primeira concerne no efeito substituição entre os fatores primários, terra por trabalho, em que a demanda por trabalho aumenta nas primeiras categorias, principalmente na primeira no cenário RCP 4.5 e uma redução nessa mesma categoria no RCP 8.5, sendo puxada, sobretudo, pela queda de 1,36% na região “Demais S” e para as demais categorias e regiões, ocorrem variações negativas, mas, próximas a zero. Por sua vez, há um aumento no salário nominal nas primeiras classes salariais no cenário RCP 4.5, e acompanhada por uma queda no nível de preços nas regiões “MT”, “MS” e “PR”, respectivamente, 0,41%, 0,39% e 0,28%, ao passo que no cenário RCP 8.5 essas quedas são ligeiramente menores: 0,09%, 0,17% e 0,03%, e, portanto, não corroborando suficientemente para aumento real do salário neste cenário. A outra via reside no fato de que as regiões (“MT”, “MS” e “PR”) com maior demanda por trabalho são aquelas cuja produção agrícola ²⁴ possui maior incremento em determinado cenário, se desdobrando também a uma maior demanda por trabalho nos menores níveis de qualificações.

Como é possível perceber, a Tabela 17 ainda revela que para as três primeiras faixas, com rendimentos de 1/2 a 2 salários-mínimos, os impactos serão positivos e maiores se comparados as demais faixas no cenário RCP 4.5. A Tabela 18 apresenta este resultado de forma mais desagregada o desvio acumulado até 2040 do salário real a nível regional para o cenário RCP 4.5, e conforme pode ser observado, se por um lado o maior impacto negativo ocorre no “MS”, “PR”, “MT” e “Demais S”, com respectivamente, -6,32%, -4,92% e -4,64% para o nível de ocupação com rendimentos acima de 10 salários-mínimos, por outro, os maiores incrementos ocorrem nos níveis de até três salários-mínimos.

²⁴ Ver resultado desagregado a nível regional da produção das indústrias da agricultura nas Tabelas E.1 e E.2 no Apêndice E

Tabela 18 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial por região no cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040

Região	Classes salariais (OCC)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PA-RO	0,325	0,070	0,090	0,093	0,019	-0,020	0,009	-0,044	0,004	-0,061
Demais N	0,252	0,003	0,071	0,067	0,066	-0,021	0,052	-0,065	-0,005	-0,035
MA-TO	0,335	0,031	0,054	0,056	0,027	-0,064	-0,048	-0,061	-0,120	-0,380
PI	0,201	0,056	0,063	-0,026	-0,091	-0,171	-0,126	-0,121	-0,208	-0,477
Demais NE	0,118	0,044	0,047	0,025	-0,019	-0,045	-0,052	-0,060	-0,043	-0,110
PE-AL	0,009	-0,037	0,044	0,027	0,018	-0,014	0,000	-0,036	-0,036	-0,052
BA	-0,495	-0,224	-0,084	-0,205	-0,242	-0,258	-0,121	-0,194	-0,139	-0,442
MG	0,034	0,103	0,069	0,039	0,047	-0,033	-0,044	-0,036	-0,079	-0,226
Demais SE	0,078	0,031	0,069	0,022	0,022	-0,100	-0,136	-0,119	-0,076	-0,193
SP	0,100	0,075	0,033	0,012	0,050	0,033	-0,051	-0,002	-0,169	-0,172
PR	2,125	2,383	1,240	1,424	1,670	0,897	0,639	1,383	-1,321	-4,899
Demais S	2,012	1,351	0,786	0,421	0,384	0,188	0,418	0,591	-0,150	-1,444
MS	0,395	0,901	0,539	0,591	0,547	-0,195	0,101	0,735	-1,445	-6,325
MT	0,628	0,784	0,417	0,233	-0,143	-0,584	-0,110	0,029	-1,320	-4,642
Demais CO	0,342	0,121	0,186	0,203	0,063	-0,003	0,037	0,019	0,048	-0,230

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

No geral, os estados da região Sul possuem variação acumulada positiva até a oitava faixa de rendimento, ao passo que a Bahia possui o acumulado negativo para todas as faixas, com maior impacto negativo na primeira e última faixa de rendimento, e Pernambuco e Alagoas, que formam a região “PE-AL” obtiveram variações no acumulado próximas a zero para o cenário RCP 4.5. Para as três últimas faixas é possível observar impactos negativos de forma generalizada, sendo que para a última faixa, todas as quinze regiões apresentaram variações acumuladas negativas, ao passo que para as três primeiras faixas este processo é o inverso, com variações positivas no acumulado.

Por sua vez, a Tabela 19 apresenta o desvio acumulado até 2040 do salário real a nível regional para o cenário RCP 8.5. Contrariamente ao apresentado na tabela anterior, para o cenário RCP 8.5 os resultados são em sua maioria negativos, sobretudo para as duas primeiras faixas salariais, exceto para o Paraná (PR), Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT), com variações, respectivamente, 1%, 0,47% e 0,203% no acumulado até 2040, ocorrendo o processo inverso nas últimas faixas, com maiores impactos negativos. Por conseguinte, também é possível observar que as regiões “Demais NE” (formadas pelos estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Sergipe), PE-AL (Pernambuco e Alagoas) e a região Sudeste como um todo apresentaram impactos negativos para todas as faixas salariais.

Tabela 19 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base do salário real por classe salarial por região no cenário RCP8.5 no período de 2018 – 2040

Região	Classes salariais (OCC)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PA-RO	-0,288	-0,002	0,033	0,066	0,026	0,007	0,013	0,000	0,005	-0,004
Demais N	-0,243	-0,009	0,030	0,020	0,010	-0,016	0,006	-0,029	-0,013	-0,029
MA-TO	-0,401	-0,032	0,025	0,057	0,010	-0,003	0,014	0,005	-0,043	-0,107
PI	-0,524	-0,181	-0,074	-0,052	-0,055	-0,029	-0,032	-0,063	-0,006	0,180
Demais NE	-0,281	-0,143	-0,113	-0,069	-0,043	-0,053	-0,044	-0,048	-0,015	-0,030
PE-AL	-0,237	-0,203	-0,143	-0,198	-0,173	-0,137	-0,067	-0,119	-0,008	-0,027
BA	-0,403	-0,477	-0,216	-0,256	-0,214	-0,179	-0,112	-0,341	0,117	0,831
MG	-0,278	-0,065	-0,105	-0,124	-0,116	-0,093	-0,088	-0,081	-0,112	-0,158
Demais SE	-0,381	-0,156	-0,111	-0,110	-0,108	-0,109	-0,121	-0,143	-0,155	-0,170
SP	-0,337	-0,122	-0,072	-0,037	-0,016	-0,030	-0,061	-0,029	-0,097	-0,104
PR	-0,444	1,000	0,686	1,191	1,355	0,756	0,453	0,754	-0,133	-1,206
Demais S	-2,655	-1,786	-0,930	-0,516	-0,564	-0,358	-0,658	-0,786	-0,448	0,915
MS	-0,289	0,472	0,228	0,225	0,241	-0,128	0,034	0,296	-0,684	-2,962
MT	-0,312	0,203	0,091	0,074	0,026	-0,132	0,044	0,024	-0,208	-0,902
Demais CO	-0,357	-0,065	0,005	-0,003	-0,011	-0,018	-0,016	-0,026	-0,040	-0,108

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

As Tabelas 18 e 19 revelam resultados que podem ser tomados pela ótica do nível de qualificação no mercado de trabalho, onde ocorrem variações próximas a zero, em média 0,2% no salário real, com destaque para impactos positivos que ocorrem principalmente nas menores faixas (com até 2 salários-mínimos) no cenário intermediário (RCP 4.5). Por outro lado, para o cenário mais pessimista (RCP 8.5) os resultados são no geral negativos para as demais faixas, porém, sendo a maior magnitude também nas primeiras classes.

3.6 IMPACTOS SOBRE AS MIGRAÇÕES NO BRASIL

Conforme visto na Tabela 16, apesar das variações no salário real ocorrerem de forma sutil em ambos os cenários, é possível tecer alguns padrões interessantes sobre os fluxos migratórios. A Tabela 20 apresenta os resultados do desvio acumulado até 2040 em relação ao cenário base para as migrações de origem e destino para cada região., sendo que a mesma indica que o primeiro padrão diz respeito ao maior impacto positivo observado nas migrações de destino ²⁵ para a região “PR”, e, maior impacto negativo quando esta região é tomada como origem ²⁶. Comparativamente as demais regiões, este resultado ocorre em ambos os cenários, porém, é no RCP 4.5 que ocorre o maior impacto positivo no acumulado (4,75%) até 2040, ao passo que esta região foi a única que apresentou

²⁵ É definida como a soma do total de indivíduos que se deslocaram para essa região, onde o sinal positivo (negativo) indica que as migrações aumentaram (reduziram) para esta região em relação ao cenário base.

²⁶ É definida como a soma do total de indivíduos que deixaram esta região e o sinal positivo (negativo) indica que as migrações a partir desta região aumentaram (reduziram) em relação ao cenário base.

desvio negativo (-2,74%) no acumulado. Mesmo possuindo resultado negativo no salário real e PIB real (vide Tabela 16), esta região se apresenta como um forte atrativo para as migrações. Esse resultado decorre do fato que as migrações são determinadas pelo salário relativo entre destino e origem, como por exemplo no “PR”, se comparativamente as demais regiões, o salário real se reduz em menor intensidade, logo o salário relativo cresce e, por conseguinte, impactando as migrações.

Tabela 20 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base das migrações para origem e destino nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2018 – 2040

Região	4.5		8.5	
	Origem	Destino	Origem	Destino
PA-RO	0,480	-0,110	-0,356	0,148
Demais N	0,170	-0,135	0,009	0,065
MA-TO	0,293	-0,178	-0,112	0,041
PI	0,661	-0,150	0,131	-0,239
Demais NE	0,443	-0,082	-0,101	0,053
PE-AL	0,372	-0,182	0,284	0,036
BA	1,812	-0,866	1,350	-0,518
MG	0,140	-0,004	0,035	0,056
Demais SE	0,221	0,044	-0,019	0,098
SP	0,889	-0,071	0,145	0,313
PR	-2,743	4,748	-4,679	3,920
Demais S	0,102	0,793	1,861	-3,940
MS	0,263	0,994	-0,156	0,977
MT	0,605	0,728	0,134	0,411
Demais CO	0,099	0,487	0,021	0,215

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

O segundo ponto a ser observado é sobre “BA”, que é a região com maior incremento das migrações de origem, com desvio acumulado de 1,81% para o cenário RCP 4.5, ao mesmo tempo que também apresenta o maior impacto negativo nas migrações como destino. Ou seja, “BA” pode ser tomada como uma região onde há redução das migrações líquidas, e é uma região onde a população ao longo do período está deixando-a com destino a outras regiões com melhores oportunidades. Para o cenário RCP 8.5, o maior impacto negativo na região de destino (-3,9% no desvio acumulado até 2040) pode ser observado na região agregada “Demais S”, que representa o estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, possuindo maior incremento das migrações originárias desta região, seguido da região “BA”.

Das quinze regiões no modelo, oito apresentaram desvios negativos no acumulado para o cenário RCP 4.5 para migrações de destinos. Para “MG” e “Demais SE” estas variações estão próximas a zero. De forma geral, os resultados da Tabela 20 apontam que quando as regiões de destinos são “PR”, “Demais S”, “MS”, “MT” e “Demais CO” as migrações são superiores em relação às origens no cenário é o RCP 4.5. Por outro

lado, para o cenário RCP 8.5, as migrações de destino são superiores as origens para onze regiões, exceto para “PI”, “PE-AL”, “BA”, “Demais S”.

Os resultados da Tabela 20 ainda podem ser um pouco mais detalhados em termos saldo migratório a nível regional, que é definido como a diferença no total de migrantes recebidos pelo total que deixaram a região, conforme segue a Figura 12. Em linhas gerais, esta indica que, por exemplo, a região “PR” receberia o maior número absoluto de migrantes até o ano de 2040 em ambos os cenários do que receberia no cenário de linha de base. Verifica-se que as regiões “PE-AL” e “BA” apresentam saldo negativo em ambos os cenários, sendo que o impacto é mais negativo para o cenário RCP 8.5.

Figura 12 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2018 – 2040

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

A Figura 12 ainda evidencia que cinco regiões teriam saldos positivos nos dois cenários: “MG”, “PR”, “MS”, “MT” e “Demais CO”, sendo que “PI” e “Demais S” apresentam saldo positivo apenas no cenário RCP 4.5. Além disso, para seis regiões (“PA-RO”, “Demais N”, “MA-TO”, “Demais NE”, “Demais SE” e “SP”) o saldo migratório é positivo apenas no cenário RCP 8.5, ao passo que no cenário RCP 4.5 este saldo é negativo, ou seja, mesmo em um cenário mais pessimista, estas regiões de destino ainda são mais atrativas do que no cenário intermediário.

Outro fato interessante a ser ressaltado ocorre na região Sul do Brasil. Para o cenário RCP 8.5, a região “PR” apresentará maior impacto positivo no saldo migratório em relação à linha de base, sendo que a região “Demais S” o processo é inverso, em que o maior impacto é negativo. Este fenômeno pode ser explicado por diversas maneiras. A

primeira diz respeito à proximidade geográfica entre as regiões, portanto, deslocamentos oriundos de “Demais S” podem facilmente (menos custoso para os migrantes) se destinar em “PR” ²⁷. Outra via de explicação pode ser pautada nos resultados apresentados para o cenário RCP 8.5, em que o salário real é negativamente (-0,41 em relação à linha de base) impactado na região “Demais S” (agregado Santa Catarina e Rio Grande do Sul) enquanto “PR” apresenta o maior impacto positivo no salário real frente as demais regiões, portanto, tornando-se uma região mais atrativa para a migração.

A Tabela G.1 e Tabela G.2 no Apêndice G apresentam os resultados completos dos saldos migratórios desagregadas para os 10 níveis de rendimentos (representando 10 níveis de qualificações) para as quinze regiões do modelo nos dois cenários. De forma resumida, a Figura 13 e Figura 14 ilustram os saldos migratórios para as regiões e de acordo com a faixa salarial, e conforme essas figuras, os maiores impactos, tanto negativos, quanto positivos, ocorrem nas primeiras classes de rendimento, indicando que os impactos das mudanças climáticas na agricultura afetam principalmente os indivíduos com menores níveis de qualificações.

Considerando o cenário RCP 4.5, pela Tabela G.1 verifica-se que as regiões negativamente afetadas foram, principalmente, as regiões do Norte e Nordeste na primeira até a quinta classe de rendimento. No geral, dez das quinze regiões apresentaram saldo negativo, com destaque para o menor valor observado para a terceira classe na região “SP”. Por outro lado, constata-se que os saldos migratórios são menos expressivos a partir quinta até a décima classe de rendimento em ambos os cenários e para todas as regiões.

Salienta-se que pelo volume de resultados e dimensões necessárias para expressar todas as informações, optou-se por apresentar os resultados de forma gráfica para apenas as regiões com volumes mais expressivos em termos de saldo migratório em relação à linha de base no acumulado até 2040: “BA”, “SP”, “PR”, “Demais S”, “MS”, “MT” e “Demais CO”. Por sua vez, a Figura 13 e Figura 14 apresentam um resumo do saldo migratório por nível de ocupação por região e que se encontram nas Tabelas G.1 e G.2 presentes no Apêndice G.

A Figura 13 evidencia que os estados da Região Sul apresentam os maiores saldos migratórios positivos em relação à linha de base no acumulado até 2040, ou seja, em termos absolutos, estas regiões receberiam um maior número de migrantes até 2040 do que na linha de base. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o salário real possui impacto positivo para os estados da Região Sul no cenário RCP 4.5 (vide Tabela 18), o que claramente pesou neste saldo migratório positivo, principalmente até a terceira classe de rendimento.

²⁷ Para maiores detalhes sobre origem e destino de forma mais individualizada, as Tabelas F.1 e F.2 no Apêndice F apresentam os desvios acumulados até 2040 em relação ao cenário base e de política em forma de matriz de origem e destino das migrações.

Figura 13 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 4.5 por faixa salarial no período de 2018 – 2040

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Mesmo que as variações no acumulado até 2040 sejam próximas a zero no cenário RCP 4.5 para o salário real na região “SP”, de acordo com a Figura 13, existe uma maior saída de indivíduos do que entradas nesta região. Um primeiro apontamento para este resultado surge do fato de que dada a relativa estabilidade do salário real para “SP” frente as demais regiões que tiveram incrementos, estas regiões passam a ser um destino preferido a “SP”. O segundo ponto é a questão da proximidade geográfica, como por exemplo a região “PR” e “MS”, que fazem fronteira com “SP” e que também obtiveram maiores incrementos no salário real para todos os níveis de ocupação no cenário RCP 4.5.

Conforme levantado anteriormente, no cenário RCP 4.5, praticamente todos os estados do Nordeste apresentam saldos negativos, sendo que o maior impacto ocorre na “BA”. Ao contrário do que ocorre na região “SP”, na região “BA” a explicação advém da redução do salário real em todos os níveis de ocupação (ver Tabela 18). Ainda no cenário RCP 4.5, verifica-se que apenas para cinco regiões: “PR”, “Demais S”, “MS”, “MT”, “Demais CO” ocorre um resultado positivo no acumulado para o nível OCC 3 (acima de 1 a 2 salários-mínimos), ao passo que, conforme a Figura 8, a mesma situação não se dá no cenário RCP 8.5.

Pelo exposto acima, os maiores impactos negativos sobre o salário real ocorrem na região “Demais S” no cenário RCP 8.5, que, juntamente com a região “BA”, expressam saldos negativos no acumulado em relação à linha de base até o ano de 2040 para praticamente todos os níveis de ocupações. De acordo com a Tabela G.2 no Apêndice G, neste cenário é possível constatar que nem todas as regiões do Norte e Nordeste teriam saldos migratórios negativamente impactados até o ano de 2040. Considerando todas as regiões e o nível OCC 1, apenas quatro regiões apresentariam saldos negativos: “MA-TO”, “PI”, “BA”, “Demais S”.

Figura 14 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 8.5 por faixa salarial no período de 2018 – 2040

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

A Figura 14 mostra que exceto para a região “Demais S” e “BA”, os impactos sobre os saldos migratórios são positivos até o terceiro nível de ocupação. Por outro lado, mesmo que numericamente pequenos, isto é, próximos a zero, os efeitos são negativos para as classes OCC 4 até OCC 10. Cabe destacar que neste cenário o impacto é positivo para praticamente todas as classes OCC, exceto para a última classe na região “PR”. Este fato é interessante, pois, é exatamente o processo inverso ao que ocorre na região “Demais S” (composta pelo estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul), podendo ser explicado

pela sua proximidade geográfica com “PR” e os resultados positivos no salário real para esta última região.

De forma geral, de acordo com o exposto anteriormente, é possível levantar alguns resultados interessantes. A mudança climática pode afetar de diferentes maneiras cada região do Brasil, tanto em termos de reorganização espacial da produção agrícola e econômicos, quanto na mobilidade populacional entre os estados brasileiros. Regiões como Norte e Nordeste, mesmo de forma modesta, são negativamente impactadas pela mudança climática, com reflexos negativos na produção agrícola, PIB, emprego e salário real.

É importante salientar que, se por um lado em regiões que recebem maior parte do fluxo migratório, tais como as regiões “PR”, “Demais S” e “Demais CO” no cenário RCP 4.5 e “PR”, “SP” e “PA-RO” no RCP 8.5, por outro lado também recebem uma significativa parcela de indivíduos com baixo nível de qualificação, isto é, são aqueles migrantes da primeira até a terceira faixa de ocupação/qualificação (com rendimentos de até dois salários-mínimos). Geralmente estes níveis salariais estão atrelados às ocupações nos setores da agricultura, portanto, piora nas condições, tanto de trabalho, quanto de subsistência podem acarretar o deslocamento populacional destas áreas com destino aquelas que possam dar mais oportunidades.

De fato, como mostrado por [Cunha \(2000\)](#) isso foi o que ocorreu com as migrações (principalmente as de retorno) no período de 1981 a 1991, em que 66,2% dos migrantes possuíam rendimento de 1 a 3 salários-mínimos e com nível de escolaridade de até o primeiro grau completo. Contudo, diferentemente desta época reportada pelos autores, o presente estudo identifica que pode ocorrer uma nova dinâmica migratória, em que os migrantes não necessariamente teriam como origem apenas os estados do Nordeste e destino a São Paulo, mas também seriam oriundos dos demais estados brasileiros destinados ao estado do Paraná. Conforme os resultados, muito provavelmente os estados de origem seriam da Região Nordeste (principalmente Bahia e Piauí), Região Norte (Tocantins e Pará), assim como do Sudeste (São Paulo e Minas Gerais), além dos estados de dentro da própria Região Sul.

3.7 CONCLUSÃO

Por meio de dois cenários de mudanças climáticas, este artigo buscou analisar os impactos econômicos da mudança climática na agricultura e os seus desdobramentos na economia e nos fluxos migratórios interestaduais até o ano de 2040. Para tal análise, empregou-se a simulação dos dois cenários com o modelo TERM-BR, que é um modelo de equilíbrio geral na sua versão dinâmica. Os cenários utilizados foram baseados no RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC conforme [SAE/PR \(2015\)](#) e disponibilizados pela EMBRAPA-Informática, com estimativas de perda/ganho de área apta ao plantio de seis culturas: “Arroz, Trigo e Outros Grãos”, “Milho em Grão”, “Algodão Herbáceo”, “Cana-de-Açúcar”, “Soja em Grão” e “Outros Produtos da Lavoura Temporária”.

Os resultados indicam que apesar da mudança climática ocasionar redução de áreas aptas ao plantio em determinadas culturas e regiões, em outras, pode haver aumento dessa área e assim beneficiando certas regiões. Assim, dado o aumento da temperatura média e concentração de CO₂ até 2040, ocorre uma melhoria nas condições para o desenvolvimento da cultura da Cana-de-Açúcar nos estados da Região Sul e a depender do cenário, incrementos na área apta para a cultura da Soja e Milho em Grão para algumas regiões do Nordeste.

Constata-se que, tanto a nível nacional quanto regional, ainda que de forma sutil, espera-se a ocorrência de impactos econômicos negativos. A nível nacional, observa-se uma queda, além do Salário Real, em quase todos os principais agregados macroeconômicos, como o Consumo das Famílias, Investimento e Exportações Líquidas, exceto para este último no cenário RCP 8.5, mesmo assim impactando negativamente o PIB Real. Dada a extensão territorial do Brasil, particularidades da configuração e da produção regional, além de condições climáticas iniciais, os resultados dos choques climáticos não necessariamente seriam iguais ou negativos para todas as regiões.

Como algumas regiões possuem maior concentração da produção agrícola em determinadas culturas, como a Soja no MT, MS, PR e RS, e em outras regiões o Milho e Cana-de-açúcar, até 2040 espera-se a ocorrência de impactos maiores em termos de valor da produção e PIB para estas regiões. Apesar dos resultados agregados serem predominantemente negativos em ambos os cenários, verificam-se algumas particularidades, tais como o incremento no PIB Real, Salário Real e nível de Emprego para o PR no cenário RCP 8.5, que foram fortemente influenciados pela expansão da cultura da Cana-de-Açúcar. Nesta mesma linha, tanto para o cenário RCP 4.5, quanto RCP 8.5 é possível observar um elevado aumento da produção da Cana-de-Açúcar, ao passo que há uma queda para a cultura da Soja em Grão.

Através da simulação foi possível observar que os impactos da mudança climática na agricultura podem resultar em diferentes padrões de migração regional. Constata-se que os estados da Região Norte e Nordeste são as principais origens e os do Sul e Centro-Oeste são os principais destinos. Pelo cenário RCP 4.5, as regiões “PR”, “Demais S”, “Demais CO” e “MT” possuem volume mais expressivo em termos de migração líquida positiva, ao passo que no cenário RCP 8.5 a migração líquida negativa ocorre, principalmente, nos estados do Nordeste e para a região “Demais S”, que representa a região agregada composta por Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Sendo que “PR” apresenta o maior saldo migratório positivo em ambos os cenários, indicando que, frente a mudança climática e os seus impactos advindos da agricultura, esta região possui grande potencial para se tornar o destino das migrações até 2040.

Mesmo recebendo uma quantidade mais elevada de migrantes do que os demais estados, é importante observar a composição desta migração. No geral, em ambos os cenários as regiões “PR”, “Demais S”, “MS”, “MT”, “Demais CO” recebem a maior parcela dos migrantes nas classes mais baixas de nível de rendimento, mais especificamente,

para o nível OCC 3, com nível de rendimento de 1 a 2 salários-mínimos. Neste cenário, a região “SP” possui saldo negativo para os migrantes nessa faixa de rendimento, ao passo que para o cenário RCP 8.5 esse saldo passa a ser positivo. Destaca-se que nesta configuração, a região “PR” ilustraria em 2040 o processo que já ocorrera em São Paulo no final do século XX.

Por fim, conclui-se que maior parcela da população afetada será a mais pobre. Seja direta ou indiretamente aos efeitos da mudança climática, é consenso na literatura de que é justamente através da migração que essa população afetada procura se adaptar ou minimizar os impactos climáticos. Assim, tal como a argumentação de [Pasternak e Bogus \(2005\)](#), por conta do baixo poder aquisitivo os chefes de família buscam se alocar com a sua família em regiões de periferia.

Não obstante, os resultados podem ser utilizados para formulação de políticas que visem a mitigação de problemas regionais e urbanos no destino com a migração em massa de indivíduos com condições financeiras limitadas. Isto é, mesmo que a região de destino possua rendimento real médio mais elevado do que a origem, não necessariamente ele estaria apto a absorver essa massa de migrantes, principalmente em questões urbanas como segurança, saneamento e acesso aos serviços básicos de saúde. Em trabalhos futuros é necessário que sejam realizados novos estudos a fim de entender e explorar quais mecanismos podem ser adotados para suavizar os impactos para esta população afetada.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; NASSAR, A. M.; HARFUCH, L.; FREITAS, S.; FARINELLI, B.; LUNDELL, M.; BACHION, L. C.; FERNANDES, E. C. M. **Impactos das Mudanças Climáticas na Agropecuária Brasileira**. Washington DC: Banco Mundial, 2013. p. 116.
- ASSAD, E. D.; OLIVEIRA, A. F. D.; NAKAI, A. M.; PAVÃO, E.; PELLEGRINO, G.; MONTEIRO, J. E. Impactos e vulnerabilidades da agricultura brasileira às mudanças climáticas. In: BRASIL, M. D. C. T. I. (Ed.). **Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais às Mudanças do Clima no Brasil**. Brasília: Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, 2016. cap. 4, p. 127–187.
- BARBIERI, A. F. Mudanças Climáticas, mobiliade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v. 19, n. 36, p. 95–112, 2011.
- BARBIERI, A. F.; DOMINGUES, E.; QUEIROZ, B. L.; RUIZ, R. M.; RIGOTTI, J. I.; CARVALHO, J. A. M.; RESENDE, M. F. Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. **Population and Environment**, v. 31, n. 5, p. 344–370, 2010.
- BARBIERI, A. F.; GUEDES, G. R.; NORONHA, K.; QUEIROZ, B. L.; DOMINGUES, E. P.; RIGOTTI, J. R.; MOTTA, G. P. d.; CHEIN, F.; CORTEZZI, F.; CONFALONIERI, U. E.; SOUZA, K. d. Population transitions and temperature change in Minas Gerais, Brazil: a multidimensional approach. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 461–488, 2015.
- BARROS, G. S. D. C.; SILVA, A. F. Análise sobre a evolução do PIB do Agronegócio brasileiro. In: ALVES, L. R. A.; BACHA, C. J. C. (Ed.). **Panorama da Agricultura Brasileira: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos**. Campinas, SP: Grupo Átomo e Alínea, 2018. cap. 2, p. 45–63.
- BEINE, M.; BERTOLI, S.; FERNÁNDEZ-HUERTAS MORAGA, J. A Practitioners' Guide to Gravity Models of International Migration. **The World Economy**, v. 39, n. 4, p. 496–512, 2016.
- BEINE, M.; PARSONS, C. R. Climatic Factors as Determinants of International Migration: Redux. **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 386–402, 2017.
- BELIK, W. **O Financiamento da Agropecuária Brasileira no Período Recente**. Brasília, DF: IPEA, 2015. p. 64. (Texto para discussão, n. 2028).
- BRASIL, M. TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE. **Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas**. MCT, Brasília, DF, Brazil, 2015.
- BURKE, M.; HSIANG, S. M.; MIGUEL, E. Global non-linear effect of temperature on economic production. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 527, n. 7577, p. 235–250, 2015.

CAI, R.; FENG, S.; OPPENHEIMER, M.; PYTLIKOVA, M. Climate variability and international migration: The importance of the agricultural linkage. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 79, n. 9, p. 135–151, 2016.

CATTANEO, C.; PERI, G. The migration response to increasing temperatures. **Journal of Development Economics**, v. 122, p. 127–146, 2016.

CEDEPLAR; FIOCRUZ. **Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/FICRUZ, 2008. p. 47. (Research Report, julho/2008).

CHALISE, S.; NARANPANAWA, A.; BANDARA, J. S.; SARKER, T. A general equilibrium assessment of climate change-induced loss of agricultural productivity in Nepal. **Economic Modelling**, v. 62, p. 43–50, 2017.

CHISARI, O. O.; MILLER, S. **Climate Change and Migration: A CGE Analysis for Two Large Urban Regions of Latin America**. [S.l.]: Inter-American Development Bank, 2016. p. 52. (Working Paper Series, n. 659).

CUNHA, J. M. P. São Paulo no Contexto dos Movimentos Migratórios Interestaduais. In: HOGAN, D. J. (Ed.). **Migração e ambiente em São Paulo: aspectos relevantes da dinâmica recente**. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2000. cap. 1, p. 127–172.

DECONTO, J. G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa/Unicamp, 2008. p. 84.

DINIZ, T. B. **Impactos econômicos e regionais dos investimentos em geração de energia elétrica no Brasil**. 2019. f. 102. Doutorado em Economia Aplicada – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R.; SUTTON, J.; VINCENT, D. P. **ORANI: A multisectorial model of the australian economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982. p. 82.

FALCO, C.; GALEOTTI, M.; OLPER, A. Climate change and migration: Is agriculture the main channel? **Global Environmental Change**, v. 59, n. 11, p. 1–26, 2019.

FAN, Q.; FISHER-VANDEN, K.; KLAIBER, H. A. Climate Change, Migration, and Regional Economic Impacts in the United States. **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 5, n. 3, p. 643–671, 2018.

FENG, S.; KRUEGER, A. B.; OPPENHEIMER, M. Linkages among climate change, crop yields and Mexico-US cross-border migration. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 32, p. 14257–14262, 2010.

FERREIRA-FILHO, J. B. D. S.; HORRIDGE, M. Economic integration, poverty and regional inequality in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 60, n. 4, p. 363–387, 2006b.

_____. The Doha Development Agenda and Brazil: Distributional Impacts. **Review of Agricultural Economics**, v. 28, n. 3, p. 326–369, 2006a.

FERREIRA-FILHO, J. B. D. S.; PINTO, L. F. G.; FARIAS, V. G. d.; SPAROVEK, G. Environmental and welfare impacts of deforestation reduction in Brazil. In: 21ST

ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 21., 2018, Cartagena, Colômbia. ANAIS... Cartagena, Colômbia: GTAP, 2018. p. 1–21.

FERREIRA-FILHO, J. B. D. S.; RIBERA, L.; HORRIDGE, M. Deforestation control and agricultural supply in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 97, n. 2, p. 589–601, 2015.

FREITAS, R. E.; MENDONÇA, M. A. A. D. Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 3, p. 497–516, 2016.

HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002–2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, v. 27, n. 3, p. 285–308, 2005.

IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom e New York, NY, USA, 2013. 1535p.

_____. **IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems**. [S.l.], 2019. 1542p.

MARCHIORI, L.; MAYSTADT, J.-F.; SCHUMACHER, I. The impact of weather anomalies on migration in sub-Saharan Africa. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 63, n. 3, p. 355–374, 2012.

MARENGO, J. A. Future climate change scenarios and their application for studies of impacts, vulnerability and adaptation in Brazil. In: MARTINEZ-ALONSO, C.; LOCATELLI, B.; VIGNOLA, R.; IMBACH, P. (Ed.). **Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina**. Turrialba, CR: CATIE, 2010. cap. 1, p. 23–31.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da; ALVES, L. M.; CUADRA, S. V.; VALVERDE, M. C.; TORRES, R. R.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, S. E. T. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, n. 6, p. 1073–1097, 2009.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da mudança do clima no Brasil custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010. p. 82.

MONTOYA, M. A.; BERTUSSI, L. A. S.; LOPES, R. L. **A CADEIA SOJA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM INSUMOPRODUTO DO PIB, EMPREGO, CONSUMO DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂ NO PERÍODO DE 2000 A 2014**. São Paulo, SP: Nereus, 2017. p. 41. (Texto para discussão, n. 4).

PASTERNAK, S.; BOGUS, L. M. M. Migração na Metrópole. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, p. 21–47, dez. 2005.

SAE/PR. **Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima**. Campinas, SP, 2015. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/dialogos-projetos-e-parcerias.html#sobre-7>>.

SANTOS, C. V. **Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar: lições de um modelo de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. f. 139. Doutorado em Economia Aplicada – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SHAH, A. Land degradation and migration in a dry land region in India: extent, nature and determinants. **Environment and Development Economics**, v. 15, n. 2, p. 173–196, 2010.

SUN, Y.; XU, C.; ZHANG, H.; WANG, Z. Migration in response to climate change and its impact in china. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 9, n. 3, p. 352–373, 2017.

TOL, R. S. J. The Economic Impacts of Climate Change. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 12, n. 1, p. 4–25, jan. 2018.

APÊNDICES

Apêndice A – Elasticidade do Diferencial de Rendimento Real no ponto médio

Tabela A.1 – Elasticidade do Diferencial de Rendimento Real do destino (linhas) em relação à origem (colunas) no ponto médio (2001-2015)

	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
AC	0.00	4.99	3.61	3.20	4.79	5.20	1.65	3.27	3.25	5.22	3.51	3.06	2.96	4.18	4.56	4.60	5.72	2.83	2.64	4.37	3.22	3.43	2.89	2.69	4.48	2.40	3.94
AL	2.17	0.00	2.38	2.12	3.12	3.41	1.08	2.15	2.12	3.40	2.29	2.00	1.94	2.76	2.99	3.02	3.71	1.86	1.74	2.86	2.13	2.26	1.90	1.76	2.92	1.59	2.56
AM	2.95	4.47	0.00	2.89	4.27	4.66	1.48	2.94	2.90	4.67	3.14	2.73	2.65	3.77	4.10	4.13	5.10	2.54	2.37	3.92	2.90	3.09	2.59	2.41	4.01	2.16	3.51
AP	3.33	5.07	3.66	0.00	4.84	5.27	1.67	3.32	3.29	5.29	3.55	3.09	2.99	4.26	4.65	4.67	5.78	2.88	2.68	4.43	3.28	3.49	2.93	2.73	4.54	2.44	3.98
BA	2.27	3.39	2.47	2.21	0.00	3.54	1.12	2.23	2.20	3.54	2.38	2.07	2.01	2.88	3.12	3.14	3.86	1.93	1.81	2.97	2.22	2.35	1.98	1.83	3.04	1.65	2.66
CE	2.07	3.11	2.26	2.02	2.97	0.00	1.03	2.04	2.02	3.25	2.18	1.90	1.84	2.63	2.85	2.87	3.54	1.77	1.66	2.72	2.03	2.15	1.81	1.68	2.79	1.51	2.44
DF	6.51	9.80	7.14	6.37	9.39	10.24	0.00	6.45	6.37	10.24	6.90	6.01	5.82	8.29	9.01	9.08	11.18	5.58	5.22	8.60	6.39	6.79	5.70	5.29	8.79	4.76	7.71
ES	3.27	4.93	3.58	3.20	4.72	5.14	1.63	0.00	3.20	5.15	3.46	3.02	2.92	4.16	4.53	4.56	5.62	2.81	2.62	4.32	3.21	3.41	2.87	2.66	4.42	2.39	3.88
GO	3.33	4.99	3.63	3.24	4.77	5.21	1.65	3.28	0.00	5.21	3.51	3.05	2.96	4.22	4.59	4.62	5.68	2.84	2.66	4.37	3.25	3.46	2.90	2.69	4.47	2.43	3.92
MA	2.08	3.11	2.27	2.03	2.98	3.26	1.03	2.06	2.03	0.00	2.19	1.91	1.85	2.65	2.87	2.89	3.55	1.78	1.66	2.74	2.04	2.16	1.82	1.69	2.79	1.52	2.45
MG	3.07	4.61	3.36	2.99	4.41	4.81	1.53	3.03	3.00	4.81	0.00	2.82	2.73	3.90	4.24	4.26	5.25	2.63	2.46	4.04	3.00	3.19	2.68	2.49	4.13	2.24	3.62
MS	3.53	5.30	3.86	3.44	5.07	5.53	1.75	3.49	3.44	5.53	3.73	0.00	3.14	4.49	4.87	4.90	6.03	3.02	2.83	4.64	3.46	3.67	3.09	2.86	4.75	2.58	4.16
MT	3.65	5.49	3.98	3.55	5.24	5.71	1.81	3.60	3.56	5.72	3.85	3.35	0.00	4.63	5.04	5.06	6.24	3.12	2.92	4.80	3.57	3.79	3.19	2.96	4.91	2.66	4.30
PA	2.54	3.85	2.79	2.49	3.69	4.02	1.27	2.53	2.50	4.03	2.71	2.36	2.28	0.00	3.53	3.56	4.40	2.19	2.05	3.37	2.50	2.66	2.23	2.08	3.45	1.86	3.03
PB	2.35	3.54	2.58	2.31	3.40	3.70	1.17	2.33	2.31	3.71	2.50	2.17	2.11	3.00	0.00	3.28	4.05	2.02	1.89	3.11	2.30	2.44	2.06	1.92	3.18	1.72	2.80
PE	2.33	3.51	2.55	2.27	3.36	3.66	1.16	2.31	2.28	3.66	2.47	2.15	2.08	2.96	3.22	0.00	4.00	2.00	1.87	3.07	2.28	2.43	2.04	1.89	3.15	1.70	2.76
PI	1.91	2.85	2.08	1.86	2.73	2.98	0.94	1.88	1.85	2.97	2.01	1.75	1.69	2.42	2.63	2.64	0.00	1.63	1.52	2.50	1.87	1.98	1.66	1.54	2.56	1.39	2.24
PR	3.78	5.69	4.14	3.69	5.45	5.94	1.88	3.75	3.70	5.95	4.00	3.49	3.38	4.81	5.23	5.27	6.50	0.00	3.03	4.99	3.71	3.94	3.31	3.07	5.11	2.76	4.48
RJ	4.03	6.09	4.43	3.94	5.84	6.36	2.01	4.01	3.96	6.37	4.28	3.73	3.61	5.14	5.60	5.63	6.96	3.47	0.00	5.35	3.96	4.21	3.54	3.29	5.47	2.95	4.80
RN	2.47	3.70	2.70	2.41	3.54	3.86	1.22	2.44	2.41	3.87	2.60	2.27	2.20	3.13	3.40	3.43	4.22	2.11	1.97	0.00	2.41	2.56	2.16	2.00	3.32	1.80	2.91
RO	3.31	5.02	3.64	3.24	4.81	5.23	1.66	3.30	3.26	5.25	3.53	3.07	2.97	4.22	4.59	4.63	5.74	2.85	2.66	4.40	0.00	3.46	2.91	2.70	4.50	2.42	3.96
RR	3.13	4.73	3.44	3.06	4.52	4.93	1.57	3.11	3.08	4.94	3.32	2.89	2.81	3.99	4.32	4.37	5.40	2.69	2.52	4.15	3.07	0.00	2.75	2.55	4.24	2.29	3.73
RS	3.70	5.58	4.05	3.61	5.34	5.82	1.84	3.67	3.63	5.83	3.92	3.42	3.31	4.71	5.12	5.16	6.37	3.17	2.97	4.89	3.63	3.86	0.00	3.01	5.01	2.70	4.39
SC	3.99	6.00	4.37	3.90	5.75	6.27	1.99	3.96	3.91	6.28	4.23	3.68	3.57	5.08	5.52	5.56	6.85	3.42	3.20	5.27	3.91	4.16	3.49	0.00	5.39	2.92	4.72
SE	2.42	3.62	2.64	2.36	3.46	3.78	1.20	2.38	2.35	3.77	2.55	2.22	2.15	3.07	3.33	3.35	4.12	2.06	1.93	3.17	2.36	2.51	2.11	1.96	0.00	1.76	2.84
SP	4.42	6.72	4.87	4.33	6.43	7.00	2.22	4.41	4.37	7.03	4.72	4.11	3.98	5.65	6.16	6.20	7.68	3.82	3.56	5.89	4.35	4.63	3.89	3.62	6.03	0.00	5.29
TO	2.77	4.14	3.02	2.70	3.96	4.32	1.37	2.73	2.69	4.31	2.91	2.53	2.46	3.52	3.82	3.84	4.71	2.36	2.21	3.63	2.71	2.88	2.42	2.24	3.71	2.02	0.00

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Apêndice B – *Mapping* para agregação das regiões no modelo TERM-BR

Tabela B.1 – Agregação das 27 Unidades da Federação para 15 regiões e percentual das culturas no valor da produção total dentro de cada UF

UF	Agregação	% na Produção Total
Bahia	BA	59,8%
Distrito Federal	Demais CO	68,8%
Goiás	Demais CO	91,1%
Acre	Demais N	17,2%
Amazonas	Demais N	5,1%
Amapá	Demais N	33,5%
Roraima	Demais N	49,4%
Ceará	Demais NE	24,2%
Paraíba	Demais NE	41,3%
Rio Grande do Norte	Demais NE	35,3%
Sergipe	Demais NE	31,4%
Rio Grande do Sul	Demais S	79,5%
Santa Catarina	Demais S	54,5%
Espírito Santo	Demais SE	1,8%
Rio de Janeiro	Demais SE	10,7%
Maranhão	MA-TO	92,1%
Tocantins	MA-TO	92,4%
Minas Gerais	MG	34,6%
Mato Grosso do Sul	MS	97,5%
Mato Grosso	MT	98,4%
Pará	PA-RO	23,2%
Rondônia	PA-RO	39,1%
Alagoas	PE-AL	59,6%
Pernambuco	PE-AL	34,6%
Piauí	PI	91,6%
Paraná	PR	80,9%
São Paulo	SP	64,5%

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da tabela 5457 do SIDRA/IBGE e baseados na PAM-IBGE.

Apêndice C – Variação percentual da área apta acumulada 2018-2040

Tabela C.1 – Variação percentual acumulada da área apta ao plantio nos Cenários RCP 4.5 e 8.5 (2018-2040)

Região	Cenário Intermediário (RCP 4.5)							Cenário Intermediário (RCP 8.5)						
	Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp		Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp	
PA-RO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Demais N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
MA-TO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,242	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	-3,886	0,000	
PI	-19,890	1,195	-6,189	-3,355	-23,086	-2,457		-43,986	20,467	-19,480	-19,659	25,561	-10,243	
Demais NE	-10,915	-0,702	1,039	-0,461	-24,964	0,463		-16,938	2,674	0,441	-0,439	8,941	4,036	
PE-AL	-11,563	-2,757	-1,918	-0,854	0,000	0,884		-1,094	16,841	-2,607	-1,961	0,000	7,753	
BA	-33,495	-28,559	-25,181	-24,713	-17,708	-13,996		-11,817	22,855	-20,015	-22,639	148,794	5,184	
MG	-12,012	-15,169	-11,485	1,932	-28,766	-10,837		-9,446	-0,439	-17,306	-4,098	-26,340	-15,638	
Demais SE	-59,265	-41,361	0,000	-19,390	0,000	-13,939		-66,736	0,000	0,000	-24,679	0,000	-16,753	
SP	-31,867	-17,361	-0,985	1,084	-49,538	-5,086		-30,029	0,000	-0,658	1,106	-39,930	-3,249	
PR	-18,995	-12,826	0,000	82,923	-90,500	-6,293		-28,447	0,000	0,000	82,806	-48,834	-7,014	
Demais S	0,000	0,000	0,000	82,884	-64,595	0,000		0,000	0,000	0,000	82,806	232,285	0,000	
MS	-26,717	-19,926	-0,022	0,000	-68,969	-5,920		-25,181	0,000	0,000	0,000	-41,400	-2,821	
MT	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,442	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	-1,094	0,000	
Demais CO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,132	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	-2,607	0,000	

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

Apêndice D – Participação do valor da produção da agricultura 2010

Tabela D.1 – Percentual dos setores agrícolas no valor da produção regional na MIP 2010

Região	Algodão Herbáceo	Arroz-Trigo Out-Grãos	Café em Grão	Cana-de- Açúcar	Milho em Grão	Out. Prod- Lavoura-Perm.	Out. Prod- Lavoura-Temp	Soja em Grão	Agricultura Total
PA-RO	0,008	0,167	0,313	0,052	0,266	0,913	1,551	0,335	3,606
Demais N	0,034	0,079	0,050	0,188	0,067	0,232	1,093	0,147	1,891
MA-TO	0,138	0,640	0,034	0,600	0,365	0,157	1,110	2,060	5,104
PI	0,086	0,207	0,045	0,113	0,480	0,160	0,675	1,585	3,351
Demais NE	0,009	0,030	0,023	0,404	0,148	0,555	0,808	0,068	2,045
PE-AL	0,006	0,009	0,016	1,764	0,025	0,574	0,475	0,047	2,916
BA	0,563	0,007	0,306	0,206	0,344	1,727	1,326	0,819	5,297
MG	0,017	0,019	1,450	0,503	0,360	0,217	0,765	0,324	3,654
Demais SE	0,001	0,001	0,194	0,048	0,004	0,081	0,057	0,007	0,393
SP	0,002	0,004	0,052	0,743	0,052	0,277	0,096	0,040	1,265
PR	0,001	0,366	0,169	0,533	0,838	0,205	1,191	2,080	5,383
Demais S	0,002	0,701	0,004	0,031	0,379	0,330	1,251	1,123	3,820
MS	0,423	0,158	0,023	2,925	1,320	0,034	0,459	4,715	10,058
MT	3,268	0,346	0,034	0,858	1,444	0,202	1,069	11,781	19,003
Demais CO	0,227	0,040	0,025	0,515	0,349	0,081	0,626	1,259	3,121

Fonte – Elaboração própria com base nos dados da MIP 2010 no modelo TERM-BR.

Apêndice E – Valor da produção dos setores da agropecuária a nível regional para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 – Desvio acumulado até 2040

Tabela E.1 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária a nível regional para o cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040

Região	Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp	Café em Grão	Out. Prod- Lavoura-Perm	Bovinos e Outr. Animais	Leite e Outr. Animais	Suínos-aves-ovos pesca-aquicult.	Expl.Florestal e Silvicultura
PA-RO	1,234	0,355	0,494	-0,271	-2,385	-0,148	1,049	-0,004	0,078	-0,867	0,051	-0,172
Demais N	1,667	0,501	0,166	-0,273	-0,269	-0,369	0,944	-0,053	0,048	-0,785	0,238	-0,277
MA-TO	1,890	0,413	0,562	0,182	-2,502	-0,039	0,847	-0,124	0,008	-0,789	-0,060	-0,110
PI	-3,085	0,902	0,090	-0,164	-6,711	0,269	0,956	0,168	0,919	-0,169	0,194	0,801
Demais NE	-2,842	0,176	1,421	-0,208	-12,057	0,267	0,388	0,174	-0,044	-0,593	0,216	0,590
PE-AL	-3,193	-0,458	0,421	-0,145	-0,975	0,172	0,467	0,149	0,023	-0,509	0,196	0,388
BA	-9,273	-10,200	-8,404	-10,576	-8,352	0,995	2,329	0,957	1,262	0,253	0,032	0,996
MG	0,286	-3,174	-2,987	1,689	-11,880	0,328	2,219	0,317	0,401	-0,028	0,050	0,378
Demais SE	-23,668	-16,080	0,689	-6,841	-8,619	0,334	1,920	0,240	0,248	-0,101	0,212	0,282
SP	-8,338	-5,115	0,475	1,967	-28,916	0,100	2,237	0,122	1,085	0,106	0,335	0,400
PR	10,266	11,468	15,567	52,943	-59,744	9,195	9,634	9,566	15,816	11,125	1,907	14,134
Demais S	8,246	8,098	5,652	19,810	-35,613	3,614	6,546	3,701	6,491	4,622	1,900	4,926
MS	-5,885	-4,637	3,333	5,112	-43,934	1,769	3,762	2,203	3,567	1,507	0,382	1,160
MT	3,635	1,197	0,935	1,753	-7,769	0,297	2,616	0,965	1,277	0,391	0,800	0,069
Demais CO	3,419	1,178	0,437	0,693	-6,091	0,016	2,045	0,731	0,489	-0,288	0,547	-0,093

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Tabela E.2 – Desvio acumulado (%) em relação à linha de base da produção dos setores da agropecuária a nível regional para o cenário RCP 8.5 no período de 2018 – 2040

Região	Arroz-Trigo Out-Grãos	Milho em Grão	Algodão Herbáceo	Cana-de- Açúcar	Soja em Grão	Out. Prod- Lavoura-Temp	Café em Grão	Out. Prod- Lavoura-Perm	Bovinos e Outr. Animais	Leite e Outr. Animais	Suínos-aves-ovos pesca-aquicult.	Expl.Florestal e Sivicultura
PA-RO	-0,758	0,159	0,221	-0,203	-0,135	0,168	0,382	0,079	-0,117	0,508	0,039	0,004
Demais N	-1,583	0,194	-0,136	-0,093	-0,116	0,301	0,354	0,159	-0,184	0,522	-0,159	0,001
MA-TO	-2,459	0,220	0,252	0,004	-1,413	0,189	0,462	0,241	0,013	0,601	0,119	0,014
PI	-14,201	2,137	-4,548	-6,557	5,175	-0,002	0,332	-0,024	-0,793	0,180	0,010	-0,474
Demais NE	-7,915	0,962	0,873	-0,507	4,717	-0,077	0,516	-0,009	-0,055	0,300	-0,079	-0,347
PE-AL	-2,432	5,586	-0,457	-1,606	1,336	-0,013	0,388	-0,133	-0,123	0,186	-0,086	-0,323
BA	-7,925	4,670	-10,661	-14,429	42,790	-1,732	-2,694	-2,289	-3,228	-1,941	-0,135	-2,216
MG	-6,805	0,357	-5,975	-1,299	-8,858	0,544	0,912	0,403	0,483	0,513	0,001	0,440
Demais SE	-34,267	0,728	-0,062	-9,197	-2,050	0,815	0,956	0,445	0,570	0,685	-0,119	0,525
SP	-13,830	0,693	-0,460	1,097	-18,709	0,788	0,850	0,398	0,377	0,839	-0,068	0,461
PR	-8,793	5,604	5,296	37,582	-18,208	4,438	4,120	4,425	5,098	4,694	0,290	5,336
Demais S	-13,068	-12,001	-10,825	7,024	38,044	-7,947	-10,027	-8,193	-10,550	-8,512	-1,904	-9,408
MS	-11,028	1,941	0,976	2,289	-21,296	1,505	1,637	1,344	1,582	1,385	0,215	0,783
MT	-2,057	0,399	-0,354	0,319	-1,499	0,450	0,722	0,430	0,131	0,762	0,065	0,143
Demais CO	-2,610	0,345	-0,400	0,117	-2,042	0,404	0,487	0,355	0,239	0,561	0,048	0,111

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Apêndice F – Desvio acumulado em relação à linha de base da migração bilateral por região no cenário RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2018-2040

Tabela F.1 – Desvio acumulado em relação à linha de base da migração bilateral por região no cenário RCP 4.5 no período de 2018 – 2040

Orig./Dest.	PA-RO	Demais N	MA-TO	PI	Demais NE	PE-AL	BA	MG	Demais SE	SP	PR	Demais S	MS	MT	Demais CO
PA-RO	-0,020	-0,203	-0,166	-0,418	-0,237	-0,543	-0,545	-0,216	-0,525	-0,340	6,878	6,985	3,292	1,632	0,418
Demais N	0,034	-0,048	-0,017	0,100	-0,163	0,011	-0,130	0,004	-0,102	-0,060	6,926	0,358	-0,794	1,273	0,552
MA-TO	0,049	-0,095	-0,055	-0,246	-0,129	-0,406	-1,034	0,107	-0,198	-0,267	9,471	3,817	2,558	2,234	0,779
PI	0,222	-0,020	0,088	-0,040	-0,203	-0,149	-2,043	0,175	-0,056	-0,136	10,599	5,175	3,687	2,746	1,092
Demais NE	0,235	0,108	0,058	0,034	-0,048	-0,206	-0,878	0,047	0,030	-0,108	7,506	4,097	2,780	1,878	0,842
PE-AL	0,152	0,144	0,153	-0,015	0,149	-0,062	-0,844	0,231	0,106	0,001	9,058	4,787	3,108	2,306	0,880
BA	0,730	0,909	0,903	1,301	0,898	0,640	-0,107	1,100	1,251	1,211	12,146	5,530	5,125	4,472	2,376
MG	0,078	0,055	-0,037	-0,069	-0,107	-0,260	-0,947	-0,028	-0,087	-0,164	4,448	3,993	2,191	0,445	0,464
Demais SE	0,087	0,066	0,256	-0,052	-0,039	-0,149	-0,528	0,010	-0,012	-0,032	2,890	2,541	1,740	-0,385	0,314
SP	0,068	0,059	-0,018	-0,075	-0,107	-0,225	-0,839	-0,011	-0,050	-0,055	4,541	2,452	1,330	0,751	0,323
PR	-2,395	-1,632	-4,551	-1,808	-4,817	-1,565	-4,222	-4,390	-3,718	-4,313	0,460	-2,234	-2,367	-2,089	-3,202
Demais S	-0,832	-0,147	-2,328	-2,436	-1,056	-1,752	-1,799	-1,883	-1,711	-1,096	2,015	0,053	-1,235	-1,142	-0,821
MS	-1,284	-0,473	-0,835	-0,862	0,391	-1,381	-0,990	-2,098	-1,190	-1,851	4,780	-0,102	-0,043	-0,624	-1,179
MT	-0,843	-0,593	-1,307	-0,778	-0,922	-1,252	-0,917	-1,230	-0,250	-1,107	5,457	1,558	0,622	0,045	-0,299
Demais CO	-0,219	-0,148	-0,230	-0,177	-0,195	-0,348	-0,705	-0,268	-0,149	-0,498	3,841	1,511	0,164	0,943	0,045

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Nota – Origem nas linhas e destino nas colunas

Tabela F.2 – Desvio acumulado em relação à linha de base da migração bilateral por região no cenário RCP 8.5 no período de 2018 – 2040

Orig./Dest.	PA-RO	Demais N	MA-TO	PI	Demais NE	PE-AL	BA	MG	Demais SE	SP	PR	Demais S	MS	MT	Demais CO
PA-RO	0,005	0,015	-0,132	-0,500	-0,273	-0,246	-0,637	-0,501	-0,648	-0,460	4,472	-9,205	1,616	0,366	-0,237
Demais N	0,046	0,012	-0,105	-0,470	-0,199	-0,134	-0,089	-0,190	-0,424	-0,541	3,992	-0,748	-0,361	0,065	-0,168
MA-TO	0,169	0,159	0,005	-0,440	-0,275	-0,163	-1,006	-0,534	-0,616	-0,546	6,641	-5,087	1,130	0,556	-0,136
PI	0,428	0,636	0,388	-0,018	0,394	0,051	-0,187	-0,033	-0,191	0,102	6,914	-5,794	2,438	1,317	0,889
Demais NE	0,522	0,418	0,290	-0,332	0,014	-0,105	-0,698	0,039	-0,101	0,257	4,917	-4,503	1,913	1,087	0,475
PE-AL	0,704	0,917	0,550	0,144	0,185	0,008	-0,571	0,297	0,313	0,586	6,340	-4,843	2,345	1,560	0,907
BA	0,937	1,817	1,128	0,212	0,607	0,475	-0,038	0,718	0,931	1,365	8,096	-3,605	3,768	3,015	2,038
MG	0,287	0,191	0,441	0,080	-0,077	-0,265	-0,771	0,020	-0,092	0,119	2,709	-4,564	1,493	0,368	0,310
Demais SE	0,265	0,152	0,152	0,038	0,112	0,042	-0,466	0,123	0,010	0,166	2,180	-3,085	1,230	-0,058	0,290
SP	0,234	0,129	0,088	-0,175	0,049	0,010	-0,443	-0,004	-0,124	0,031	2,881	-3,004	0,891	0,340	0,146
PR	-1,013	-1,325	-2,097	-1,247	-2,433	-0,876	-1,905	-1,054	-2,739	-2,595	0,369	-6,702	-1,273	-1,480	-1,684
Demais S	1,332	0,301	3,064	2,885	1,358	1,965	1,165	2,343	1,831	1,419	5,182	-0,270	3,927	2,164	1,469
MS	-0,243	-0,193	-0,307	-0,135	0,200	0,607	-0,524	-0,936	-0,743	-0,943	2,531	-3,538	0,117	-0,368	-0,779
MT	-0,119	-0,181	-0,363	-0,362	-0,293	0,413	-0,231	-0,214	-0,369	-0,550	3,229	-3,608	0,680	0,031	-0,216
Demais CO	0,138	0,082	0,082	-0,106	-0,055	-0,247	-0,409	-0,161	-0,150	-0,252	2,570	-2,519	0,394	0,449	0,045

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Nota – Origem nas linhas e destino nas colunas

Apêndice G – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 por faixa salarial no período de 2018 – 2040

Tabela G.1 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 4.5 por faixa salarial no período de 2018

Região	Classes salariais (OCC)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PA-RO	-84	-218	-396	-149	-33	6	2	-4	19	7
Demais N	-41	-61	-162	-6	-8	7	1	-3	7	8
MA-TO	88	-226	-473	-137	1	-6	-1	-5	-9	-2
PI	-21	-20	-275	-70	-8	-3	-1	-8	-2	1
Demais NE	-12	-168	-433	-233	-13	-10	-7	-59	11	11
PE-AL	-56	-149	-499	-12	-2	-3	1	2	2	4
BA	-757	-1233	-1608	-883	-79	-19	-2	-20	-6	-2
MG	-87	-28	-109	-5	12	-2	1	-9	10	12
Demais SE	-19	51	-123	-50	-18	-15	-9	-57	0	11
SP	-96	-332	-1999	-439	-187	-9	-19	-85	39	47
PR	628	1912	4075	2011	460	154	37	245	-122	-66
Demais S	406	186	1133	-231	-109	-8	13	1	60	-2
MS	-36	9	221	160	63	-8	0	24	-15	-32
MT	51	40	178	-67	-80	-62	-15	-14	-31	-21
Demais CO	37	237	472	110	2	-23	1	-9	38	25

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

Tabela G.2 – Desvio acumulado em relação à linha de base do saldo migratório regional no cenário RCP 8.5 por faixa salarial no período de 2018

Região	Classes salariais (OCC)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PA-RO	200	256	296	-47	-11	6	2	7	6	2
Demais N	35	31	-20	-2	-4	3	1	5	1	1
MA-TO	-114	97	238	27	9	1	5	3	4	0
PI	-117	-58	-12	12	0	0	0	-3	0	0
Demais NE	128	-18	61	68	0	10	-1	-1	9	2
PE-AL	99	-66	-258	-157	-37	-9	0	0	0	0
BA	-71	-1337	-1237	-598	-43	-10	-2	-25	9	11
MG	120	144	-84	-86	-23	-11	-1	-3	1	-1
Demais SE	58	143	30	-13	-17	-12	-6	3	-19	-4
SP	79	329	500	164	-31	-2	-2	-11	12	3
PR	372	1592	4970	2400	504	165	44	245	19	-19
Demais S	-906	-1415	-5059	-1875	-374	-108	-45	-239	-41	24
MS	44	114	231	126	31	-8	-1	15	-11	-17
MT	19	-23	197	-32	-8	-4	1	-5	-3	-3
Demais CO	54	210	147	13	4	-21	6	11	13	1

Fonte – Elaboração própria com base nos resultados do modelo.