

Política Social e Resiliência:

*Uma análise geoespacial do impacto das mudanças
climáticas nas decisões de migração entre produtores
agropecuários vulnerabilizados*

Instituto Mobilidade e Desenvolvimento Social – Imds

DIRETOR-PRESIDENTE

Paulo Tafner

COORDENADORA DE PROJETOS

Natalia Levy

GERENTE ADMINISTRATIVO-FINANCEIRA

Carolina Roiter

Elaboração de conteúdo

Imds:

Paulo Tafner

Sergio Guimarães

Pedro H. Chaves Maia

Pesquisadores Associados:

Valdemar Pinho Neto

Vinícius Schuabb

Artigo No. 09 (AR-IMDS-09-2025)

Julho de 2025

Rio de Janeiro, RJ

www.imdsbrasil.org

Política Social e Resiliência:

Uma análise geoespacial do impacto das mudanças climáticas nas decisões de migração entre produtores agropecuários vulnerabilizados

Resumo

Este artigo investiga como as políticas sociais influenciam as estratégias de resiliência adotadas por famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas em face das mudanças climáticas. Em particular, examinamos como o Programa Bolsa Família (PBF), um programa de Transferência Condicional de Renda, afeta as decisões de migração de indivíduos cujas rendas dependem primordialmente da produção agropecuária, sendo diretamente impactadas por episódios de seca extremas e severas. Indo além de análises que observam mobilidade entre unidades administrativas, obtemos as coordenadas geográficas dos endereços domiciliares dos indivíduos para observar tanto deslocamentos dentro quanto entre municípios. Esses dados são, então, vinculados a índices históricos de precipitação com alta resolução (CHIRPS) tendo grades com tamanho $0,05^\circ$ por $0,05^\circ$ (aproximadamente 31 km^2 ou 12 mi^2) como unidade de análise. Utilizando um painel com milhões de indivíduos entre os anos de 2015 e 2020, constatamos que as migrações de curta distância (dentro dos municípios) são cinco vezes mais frequentes do que as migrações de longa distância (entre municípios). Assim, estimamos um modelo de dados em painel por Poisson com efeitos fixos e controles variáveis no tempo e observamos que as transferências sociais influenciam significativamente o comportamento migratório dos indivíduos. Aqueles expostos a episódios de seca extrema (1% mais severas) têm probabilidade 6% maior de se deslocar, utilizando os benefícios do PBF para viabilizar a mudança. Em contraste, aqueles afetados por secas menos intensas, mas ainda severas (entre os 10% e 1% mais severos), têm probabilidade 5% menor de se mudar, optando por utilizar os benefícios para uma resiliência local. Esses padrões permanecem robustos em uma variedade de especificações e se mantêm mesmo quando a análise é restrita aos titulares do benefícios, sugerindo que as decisões de migração são tomadas no nível do domicílio nesses contextos. Esse papel de resiliência da proteção social também implica que indivíduos vulnerabilizados tendem a permanecer em áreas com níveis mais baixos de infraestrutura socioeconômica do que seus pares que optam por migrar.

1 Introdução

As mudanças climáticas têm sido associadas a um aumento na frequência e gravidade de eventos naturais extremos, resultando em perdas econômicas e humanas significativas globalmente (Dilley et al., 2005; Pindyck and Wang, 2013; Acharya et al., 2023). Essa situação é particularmente notória para as famílias socioeconomicamente desfavorecidas, pois as mudanças devem exacerbar as vulnerabilidades e desigualdades já existentes (Hallegatte et al., 2017; Otto et al., 2017). Uma das principais consequências para indivíduos em vulnerabilidade social e climática é um risco elevado de deslocamentos forçados devido a eventos climáticos extremos (Morrow-Jones and Morrow-Jones, 1991; Hallegatte et al., 2016). Nesse contexto, políticas sociais e programas da rede de proteção social podem ajudar as populações vulnerabilizadas a construir resiliência aos choques climáticos e reavaliar suas decisões de migração.

Esta pesquisa analisa como a política social afeta as decisões individuais de migração entre famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas no Brasil. Especificamente, investigamos como o programa de Transferência Condicional de Renda (TCR) Bolsa Família (PBF) influencia as respostas das famílias a choques de renda provocados por perdas agrícolas decorrentes de secas extremas e severas. Ao focar na interação entre estressores climáticos e proteção social, buscamos entender em que medida a política social pode mitigar a necessidade de migração como estratégia de enfrentamento. Para identificar com precisão a mobilidade individual e a exposição a eventos climáticos extremos, desenvolvemos uma metodologia inovadora que vincula padrões de migração, tanto dentro quanto entre municípios brasileiros, utilizando as coordenadas geográficas dos endereços domiciliares e dados históricos de precipitação em alta resolução, com grades espaciais refinadas.

Utilizando dados de indivíduos pertencentes a famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas em um painel entre os anos de 2015 a 2020, observamos que 20% desses se mudaram ao menos uma vez ao longo de um período de três anos. Mudanças de curta distância, aquelas que ocorrem dentro do mesmo município, foram cinco vezes mais comuns

do que deslocamentos entre municípios. A interação entre o acesso a benefícios sociais, do Bolsa Família, e a exposição a episódios de seca categorizadas como severas (entre 10% a 1% da distribuição) está associado a uma redução na probabilidade de migração: 5% no primeiro ano, 4% ao longo dos dois anos seguintes e 5% no total dos três anos. Esses efeitos são impulsionados principalmente por deslocamentos dentro do próprio município, condizente com os valores baixos recebidos como benefícios do PBF. Em contraste, para indivíduos expostos a secas extremas, no extremo 1% da distribuição, a interação com o recebimento de benefícios sociais aumenta significativamente a probabilidade de migração, em 6% no primeiro ano e 3% ao longo de dois anos. Novamente, se concentram nas mudanças de curta distância, dentro dos municípios. Esses efeitos permanecem robustos nas estimativas lineares via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). A análise restrita apenas aos titulares dos benefícios mostra, ainda, que as decisões de migração nesses contextos são tomadas no nível dos domicílios, pelas famílias como um todo, pois apresentam magnitude e significância similares. Os indivíduos que permanecem em seus locais de origem tendem, no entanto, a viver em áreas com infraestrutura socioeconômica mais frágil do que aqueles que se mudam.

A migração é, de fato, um dos mecanismos de resposta mais comumente empregados por indivíduos vulnerabilizados para enfrentar as consequências de eventos climáticos extremos (Berlemann and Steinhardt, 2017; Hunter, 2005; Ober, 2019), embora a rede de proteção social e as políticas sociais tenham importância significativa para as famílias vulnerabilizadas, que possuem reduzido acesso às respostas financeiras e não financeiras tradicionais aos choques de renda (Dercon, 2002). As implicações econômicas dessas políticas sociais de resiliência são profundas. Ao investir em capacidade adaptativa, os governos podem reduzir os custos de longo prazo associados aos impactos climáticos. Portanto, a política social desempenha um papel fundamental no aumento da resiliência das famílias aos desafios multifacetados colocados pelas mudanças climáticas. As redes de proteção social que incorporam considerações de risco climático não apenas protegem contra choques imediatos, mas também promovem metas de desenvolvimento de longo prazo.

Assim, a associação entre programas de transferência de renda e decisões de migração tem sido de grande interesse na literatura (Adhikari and Gentilini, 2018; Hagen-Zanker and Himmelstine, 2012; Stecklov et al., 2005; Cirillo, 2018). Embora os programas que se concentram em estratégias locais de implementação tendam a reduzir a migração, programas mais amplos e universais podem induzir a mobilidade. No Brasil, essa associação tem sido estudada em nível municipal por Oliveira and Chagas (2018) e Silveira Neto (2008), com resultados sugerindo que os programas de transferência de renda reduzem a probabilidade individual de migração. No entanto, a maioria dessas pesquisas ignora os padrões de migração individuais dentro das regiões administrativas, o que limita nossa compreensão desse fenômeno. Neste trabalho, não apenas desenvolvemos uma nova metodologia para lidar com essa lacuna, mas também conectamos nossas descobertas aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

2 Mudanças Climáticas, Política Social e Migração

Nos últimos anos, a interação entre a política social e a resiliência das famílias tem atraído cada vez mais atenção, particularmente no contexto de vulnerabilidades socioeconômicas exacerbadas pelas mudanças climáticas. Os programas de transferência de renda surgiram como um componente da política social capaz de reforçar a resiliência entre as famílias de baixa renda nos países em desenvolvimento.

Esses programas fornecem assistência financeira direta às famílias, permitindo-lhes gerenciar pressões econômicas imediatas enquanto investem em estratégias adaptativas, particularmente em áreas rurais onde o acesso a serviços financeiros formais é limitado. Essa diversificação é particularmente importante em regiões que enfrentam maior risco climático, pois permite que os produtores se protejam contra quebras de safra ou flutuações do mercado.

2.1 O cenário brasileiro

O cenário brasileiro é representativo disso (WB, 2021). Entre 2015 e 2020, aproximadamente 14 milhões de indivíduos viviam em famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas, beneficiárias de programas sociais e agrícolas.¹ Dados os padrões tecnológicos atuais, projeta-se que as mudanças climáticas reduzam a produção agrícola por hectare no Brasil em 18% (Assunção and Chein, 2016). Esse declínio provavelmente levará ao aumento do deslocamento de populações vulnerabilizadas.

De fato, dados das autoridades especializadas brasileiras, do sistema S2iD, mostram que 90% dos desastres naturais reconhecidos no território brasileiro foram instâncias hidrológicas, causadas por chuvas insuficientes ou precipitação excessiva. A Tabela 1 destaca os dois principais desastres naturais ligados à escassez de chuvas: períodos de seca e estiagem. Observe que as instâncias de seca, reconhecidas pela autoridade brasileira, afetaram até 7% dos municípios em determinados anos.

Tabela 1: Ocorrências de seca e estiagem nos municípios brasileiros reconhecidas pelas autoridades governamentais entre 2015-2019

N de Municípios	Estiagem	Seca
2015	843 (15%)	394 (7%)
2016	802 (14%)	370 (7%)
2017	109 (2%)	44 (1%)
2018	100 (2%)	132 (2%)
2019	37 (1%)	43 (1%)

Fonte: Autores, com dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e dados históricos sobre Reconhecimento Federal de Situações de Emergência e Calamidade Pública fornecidos pelo Ministério da Integração Regional e SEDECs.

Existem, de fato, características climáticas específicas das regiões brasileiras que as tornam mais suscetíveis a tais eventos. Por exemplo, a região Nordeste, de clima semiárido e árido, responde por quase 80% dos casos de fenômenos de seca e estiagem. Como resultado, há programas governamentais destinados a ajudar as comunidades nessas áreas a lidar com a exposição a eventos naturais extremos, como os programas Garantia Safra e

¹Membros de famílias cadastradas nos programas CadÚnico e DAP/Pronaf.

Primeira e Segunda Cisternas de Água (CP1A e CP2A) (Bobonis et al., 2022; Da Mata et al., 2023). Além disso, fundos especiais foram alocados para ajudar as populações afetadas, cobrindo aproximadamente 20% dos casos entre 2015 e 2020.

As seções a seguir apresentam como desenvolvemos nossa metodologia para analisar padrões de migração individuais em todo o território brasileiro em associação com dados históricos de precipitação de alta resolução. Em seguida, apresentaremos um modelo básico para migração individual junto com nossas estimativas. Primeiro, no entanto, apresentaremos os conjuntos de dados utilizados nessas análises.

3 Dados

Nesta seção, apresentamos as fontes de dados usadas para construir nossa metodologia a fim de observar a migração individual em associação com o índice histórico de precipitação. Combinamos dados administrativos de acesso restrito com informações publicamente disponíveis de várias fontes sobre indivíduos e domicílios de baixa renda no Brasil.

3.1 Cadastro Único (CadÚnico)

O Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) do Governo Federal é uma base de dados que identifica e caracteriza o universo de domicílios de baixa renda no Brasil.² Foi criado pelo Decreto nº 3.877/2001 (Brasil, 2001), estruturado no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Social³ em 2001. Ao longo das décadas, o CadÚnico emergiu como uma importante ferramenta no apoio ao desenho de políticas públicas voltadas para a melhoria de vida das famílias de baixa renda. Ele fornece informações sobre os riscos e vulnerabilidades a que está exposta a população pobre e extremamente pobre do Brasil.

Em 2012, o sistema passou por um grande aprimoramento após a Portaria nº 177/2011 (Brasil, 2011). As informações sobre os beneficiários do Programa Bolsa Família foram, en-

²Famílias de baixa renda são definidas como aquelas com renda *per capita* mensal de até meio salário mínimo atual ou renda familiar total de até três salários mínimos.

³Entre os anos de 2019 e 2022, se chamava Ministério da Cidadania.

tão, reestruturadas dentro da versão 7 do CadÚnico, uma infraestrutura mais nova e mais bem conectada. Assim, passou a incluir uma gama mais ampla de variáveis socioeconômicas e demográficas dos domicílios e indivíduos cadastrados. Particularmente importante para nossa análise, a introdução das informações de endereço para cada domicílio. No entanto, essas informações não foram totalmente registradas desde o início. Por exemplo, não há informações de endereço para 42% dos domicílios em 2012. Só melhorou significativamente em 2015, quando 96% dos domicílios apresentaram informações confiáveis de endereço; a partir de 2016, os endereços ausentes eram menos de 1% dos domicílios. Assim, optou-se por utilizar registros ativos para domicílios e indivíduos de 2015 a 2020, período de dados altamente confiáveis.

3.2 Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP/Pronaf)

A Declaração de Aptidão (DAP) ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), é um registro administrativo do governo federal que identifica e qualifica as Unidades Produtivas de Agricultura Familiar e suas formas associativas organizadas no Brasil. O sistema DAP identifica agricultores familiares e beneficiários da reforma agrária que podem solicitar crédito rural e acesso a outros programas governamentais. Usamos as informações do DAP para identificar indivíduos e famílias vulnerabilizadas cuja renda primária é derivada da produção agrícola, tornando-os particularmente suscetíveis aos impactos significativos da seca extrema na renda familiar. Sua vulnerabilidade climática e socioeconômica é ressaltada pelo fato de que todos eles também estão cadastrados no CadÚnico para programas sociais.

3.3 CHIRPS: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data

O *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS)⁴ (Funk et al., 2015) é um conjunto de dados de precipitação com informação diária, a cada cinco dias ou mensal, com cobertura quase global, para mais de 43 anos. Abrangendo 50° S - 50° N (e todas as longitudes) e variando de 1981 até o presente, o CHIRPS incorpora a climatologia, CHPClim, imagens de satélite com resolução de 0,05° e dados de estações in-situ para criar séries temporais de precipitação em grade para análise de tendências e monitoramento de secas sazonais. O CHIRPS foi desenvolvido para apoiar a Rede de Sistemas de Alerta Precoce de Fome da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (FEWS NET). Com base em abordagens usadas em produtos de precipitação infravermelhos térmicos (TIR) bem-sucedidos e produtos de medição interpolados de última geração da ciência, o CHIRPS usa uma abordagem de "interpolação inteligente", trabalhando com anomalias de uma climatologia de alta resolução.

Usamos informações mensais de precipitação no nível da grade de 0,05°⁵ para o território brasileiro entre janeiro de 1981 a dezembro de 2019 para desenvolver um índice de precipitação histórica padronizado para cada endereço domiciliar em nossa amostra.

3.4 Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)

O *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres* (S2iD) é um conjunto de dados nacional compilado pelo Ministério da Integração Regional do governo federal.⁶ Funciona como plataforma do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, integrando diversos sistemas da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec). Seu objetivo é aprimorar e dar transparência na gestão de riscos e desastres no Brasil por meio da digitalização de proces-

⁴Grupo de Desastres Naturais por Precipitação Infra-vermelha com dados de estações, em tradução livre.

⁵0,05° = 5,55 km ou 3,44 milhas, aproximadamente.

⁶Este conjunto de dados foi disponibilizado pelo ministério por meio de um processo da Lei de Liberdade de Informação (LAI), número 59016.001820/2022-14.

sos e da disponibilização de informações e recursos sistematizados. Usamos dados do S2iD para controlar a ocorrência de qualquer desastre climático reconhecido publicamente nos municípios brasileiros entre 2015 e 2020.

3.5 Garantia Safra

O Programa Garantia Safra é uma iniciativa do Pronaf que visa garantir condições mínimas de vida aos agricultores familiares em municípios que estão sistematicamente sujeitos a severas perdas de safra devido à seca ou ao excesso de chuvas. Funciona como um seguro subsidiado, no qual produtores rurais, governos locais e de mais alto nível contribuem para um fundo disponível para cobrir perdas de safra confirmadas devido a eventos climáticos extremos. Utilizamos as informações do Garantia Safra como controle para outros programas governamentais que podem estar ligados à exposição individual à seca extrema e aos benefícios proporcionados pelos programas sociais.

3.6 Portal da Transparência

O Portal da Transparência do Governo Federal é um portal do governo brasileiro dedicado a tornar públicos todos os gastos da esfera federal. Ele lista todas as despesas e transferências de dinheiro do governo federal, incluindo os indivíduos que recebem benefícios sociais, como o Bolsa Família e o Garantia Safra, e quanto eles receberam.

4 Metodologia

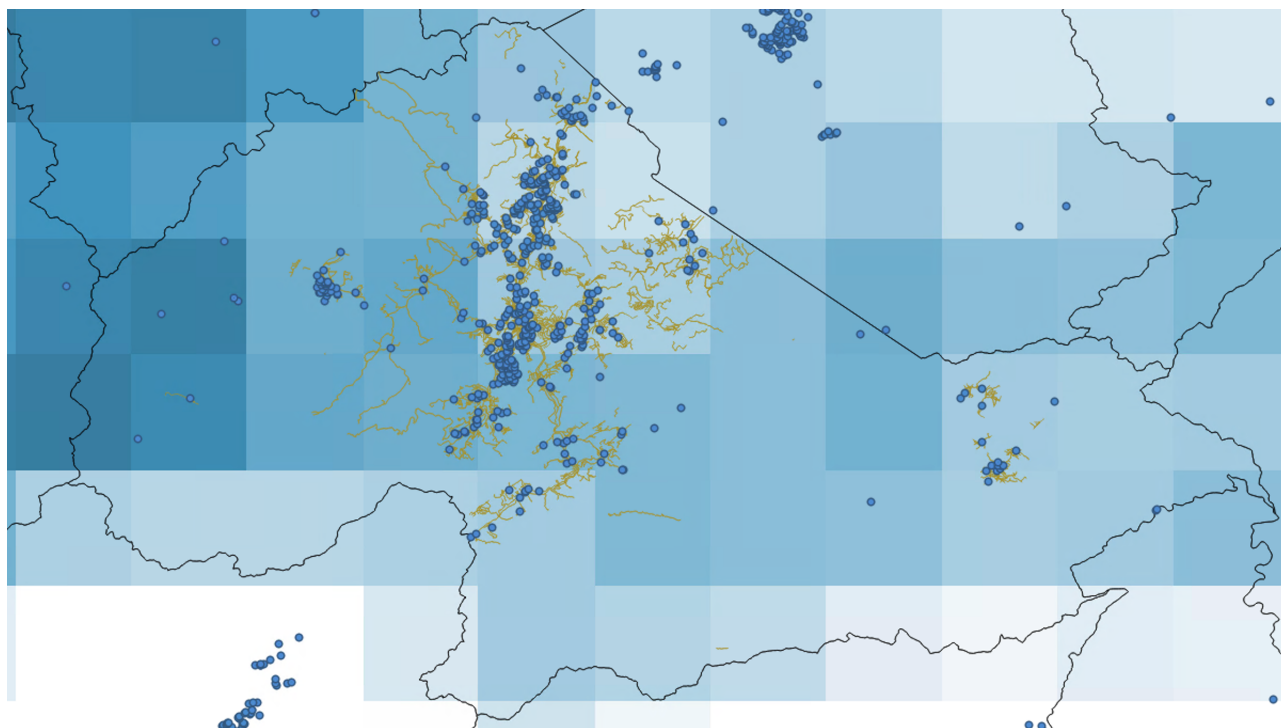
Uma das maiores preocupações desta pesquisa ao analisar deslocamentos geoespaciais relacionados a mudanças climáticas e eventos naturais extremos é a capacidade de observar as unidades afetadas com alta precisão. A maior parte dos trabalhos anteriores foram apenas capazes de identificar deslocamentos entre unidades administrativas, nos níveis municipais ou distritais, o que não permite observar mudanças dentro das mesma, grande fonte

de variação para análises ao nível dos indivíduos e domicílios (Cattaneo et al., 2019). Neste artigo, desenvolvemos uma nova metodologia capaz de sobrepor cada local de residência (no nível de rua) de indivíduos membros de domicílios vulnerabilizados e precipitação histórica associada a pequenas grades de $0,05^\circ$ por $0,05^\circ$.⁷ As grades de dados de precipitação de alta resolução, combinadas com a proximidade das famílias produtoras agropecuárias com seus campos de cultivo, nos permitem estimar com precisão o impacto de eventos climáticos extremos em sua renda.

As subseções a seguir detalham nosso processo de recuperação das coordenadas geográficas (latitudes e longitudes) de todos os domicílios vulnerabilizados no CadÚnico entre 2012 e 2020. Em seguida, explicamos como sobreposamos esses dados com o índice histórico de precipitação do projeto CHIRPS usando o software do sistema de informações geográficas, QGIS. Um exemplo dos instantâneos mensais com pontos geográficos associados aos dados de precipitação pode ser observado na Figura 1.

⁷A mesma metodologia é aplicada no artigo com título preliminar “How Social Policies Amend Labor and Capital Mobility in the Face of Extreme Weather Events”, uma colaboração da UNU-WIDER com o IMDS e pesquisadores associados.

Figura 1: Unidades domiciliares e índice de precipitação CHIRPS para o município de Nova Friburgo, RJ/Brasil



Fonte: Elaboração própria com dados do projeto CHIRPS e CadÚnico. Os pontos azuis são as coordenadas geográficas dos endereços dos domicílios, em amarelo as ruas cobertas pelo Censo Populacional do IBGE, em preto os limites do território do município e polígonos quadrados em tons de azul trazem o índice de precipitação para cada grade e mês/ano.

4.1 Coordenadas geográficas para os endereços dos domicílios

Recuperamos as coordenadas geográficas para todo o período de dados do CadÚnico disponíveis de 2012 a 2020, embora utilizemos apenas os dados de 2015 a 2020 em nossa amostra por corresponder ao período de informação mais completa e robusta, conforme explicado na Subseção 3.1. Começamos por unir todas as informações de localização de endereço disponíveis para cada ano nos conjuntos de dados domiciliares do CadÚnico.⁸ Em seguida, combinamos os conjuntos de dados de 2012 a 2020, garantindo que cada entrada idêntica fosse representada apenas uma vez, juntamente com as variáveis relevantes. Isso resultou em um conjunto de dados com 14.701.031 endereços identificados exclusiva-

⁸Variáveis: *cod_munic_ibge_fam*, *nom_localidade_fam*, *nom_tip_logradouro_fam*, *nom_tit_logradouro_fam*, *nom_logradouro_fam* + os nomes do município e da unidade federativa.

mente, que processamos por meio do algoritmo Geocode da plataforma HERE para obter as coordenadas de latitude e longitude mais precisas.

A Tabela 2 apresenta estatísticas descritivas de quantidade e qualidade da implementação dessa metodologia por grupos de municípios segundo o número de habitantes. O algoritmo é capaz de identificar coordenadas geográficas para 99,3% dos endereços. Entre estes, apenas 15% foram correspondidos com precisão às coordenadas geocêntricas do município pelo algoritmo, enquanto os 85% restantes corresponderam às localizações dentro do município. Ainda mais importante, 77% ao nível da rua de residência.

Após uma análise minuciosa, concluiu-se que a qualidade das informações fornecidas pelos usuários finais se correlaciona diretamente com o tamanho do município; cidades menores com áreas rurais maiores tendem a apresentar maiores desafios para o algoritmo encontrar aproximações de coordenadas geográficas de endereços no nível da rua. Isso é resultado da qualidade dos dados registrados no sistema CadÚnico e da cobertura territorial do algoritmo HERE. Em muitos casos, não conseguimos recuperar um posicionamento de endereço mais preciso devido ao registro inadequado de informações de endereço pelos usuários finais ou à incapacidade do algoritmo de encontrar uma correspondência perfeita nos conjuntos de dados disponíveis.

Tabela 2: Geocodificação dos endereços únicos dos domicílios no CadÚnico 2012-2020

Grupos	Capitais		Hab. > 100,000		40k < Hab. < 100k		15k < Hab. < 40k		Hab. < 15k		Total	
Endereços	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Processados	2.227.957	100%	3.918.161	100%	2.676.148	100%	3.406.160	100%	2.472.605	100%	14.701.031	100%
Geocodificados	2.221.164	99,7%	3.899.134	99,5%	2.652.450	99,1%	3.375.225	99,1%	2.452.639	99,2%	14.600.612	99,3%
Não encontrados	6.723	0,3%	19.027	0,5%	23.698	0,9%	30.935	0,9%	19.966	0,8%	100.349	0,7%
Qualidade do Georreferenciamento												
Rua ou similar	1.958.402	88%	3.359.339	87%	2.121.535	80%	2.332.668	69%	1.421.619	57%	9.751.466	77%
Localidade:	262.832:	12%:	539.795:	14%:	530.915:	20%:	1.042.557:	31%:	1.031.020:	42%:	3.407.119:	23%:
Código Postal	41.984	2%	87.745	2%	33.691	1%	35.353	1%	29.549	1%	228.322	2%
Distrito	181.939	8%	303.972	8%	137.365	5%	159.142	5%	134.944	6%	917.362	6%
Município	38.909	2%	148.078	4%	359.859	14%	848.062	25%	866.527	35%	2.261.435	15%

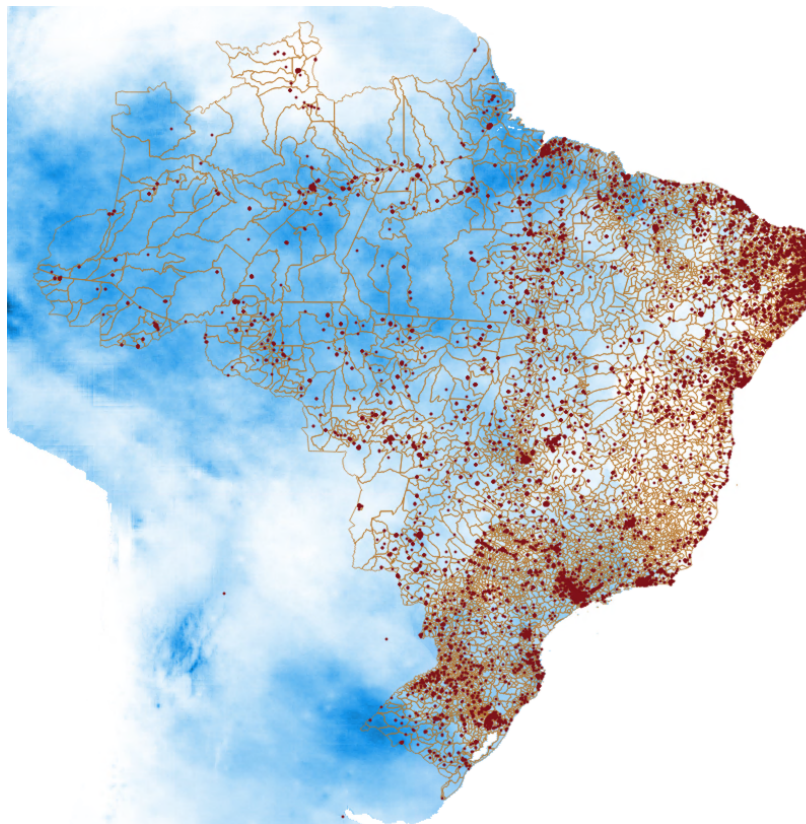
Fonte: Autores, com dados domiciliares do CadÚnico para Programas Sociais de 2012 a 2020. API de geocodificação da plataforma HERE. A análise de qualidade transmite as informações da variável de saída recuperada do algoritmo HERE Geocoding.

4.2 Associando o índice de precipitação a endereços domiciliares

Nós vinculamos o índice de precipitação às coordenadas geográficas das famílias vulnerabilizadas para analisar como as variações na precipitação afetam a renda familiar, especialmente no contexto de eventos climáticos extremos. Primeiro, importamos os dados históricos de precipitação do projeto CHIRPS. Esse conjunto de dados contém medições de precipitação de alta resolução ($0,05^\circ$ por $0,05^\circ$) de janeiro de 1981 até dezembro de 2019. Depois, sobreposamos esses dados de precipitação às coordenadas geográficas das famílias. Usando as ferramentas de análise espacial, extraímos os valores de precipitação para cada família em cada mês com base na sua localização geográfica. Isso nos permitiu criar um conjunto de dados completo que inclui não só as coordenadas das famílias, mas também os dados históricos de precipitação correspondentes, facilitando nossa análise posterior sobre os efeitos de eventos climáticos extremos na renda e nos padrões de migração. Ao associar esses dois conjuntos de dados, podemos entender melhor a relação entre extremos de precipitação, dada a sua distribuição histórica local, e as vulnerabilidades socioeconômicas das populações afetadas.

Como exemplo, a Figura 2 apresenta os dados de precipitação do CHIRPS (quadrados em tons de azul) para o território brasileiro com as fronteiras administrativas dos municípios em marrom e a distribuição geográfica dos domicílios agrícolas vulnerabilizados em pontos vermelhos para janeiro de 2019.

Figura 2: Índice de precipitação CHIRPS referente a janeiro de 2019 - Brasil



Fonte: Elaboração dos autores com dados fornecidos pelo projeto CHIRPS e CadÚnico com o software QGIS.

4.3 Índice de precipitação histórica padronizado

Construímos, com base em Bobonis et al. (2022), Hidalgo et al. (2010) e Lazzari et al. (2024) uma medida padronizada de precipitação baseada nos níveis históricos de precipitação na grade (área) de interesse – ou seja, a região onde está localizado o endereço de uma família, para cada mês do ano. Diferentemente desses estudos, no entanto, desenvolvemos essa avaliação histórica da precipitação na menor unidade espacial possível, utilizando grades de $0,05^\circ$ por $0,05^\circ$ dos conjuntos de dados do CHIRPS.⁹

Esta avaliação histórica é fundamental por permitir comparações ao longo do tempo

⁹Exploramos dois fenômenos distintos com o índice de precipitação, considerando os efeitos heterogêneos das chuvas em áreas agrícolas e urbanas. O primeiro caso é analisado neste artigo; o segundo investiga volumes elevados de precipitação em curtos períodos de tempo. Este último está em andamento, com o título preliminar “Resilience in Adversity: How Social Policies Amend Labor and Capital Mobility in the Face of Extreme Weather Events”, em colaboração com a UNU-WIDER e o IMDS.

entre áreas com diferentes características climáticas. Seguindo Bobonis et al. (2022), definimos eventos naturais extremos com base em desvios padronizados em relação às normas históricas: especificamente, como a diferença entre o índice de precipitação do período atual e a média histórica para o mesmo período, dividida pelo desvio padrão histórico ao nível da grade. Essa abordagem leva em conta a variação climática local e permite uma medida relativa dos extremos climáticos.

Seguindo Corbi et al. (2024), utilizamos duas medidas de choques climáticos. A primeira baseia-se na precipitação acumulada durante a estação de cultivo das culturas no Brasil, entre a primavera (novembro) e o outono (abril), um período crucial de chuvas para a produção agrícola.¹⁰ A outra medida utiliza a precipitação acumulada anual sobre uma determinada área. O índice padronizado é calculado da seguinte forma:

$$\text{Precipitacao Padronizada}_{g,t} = \frac{(\text{Precipitacao}_{g,t} - \overline{\text{Precipitacao}_{g,t}})}{\sigma_{g,t}} \quad (1)$$

onde $\text{Precipitacao}_{g,t}$ refere-se à precipitação observada na grade g , no período t (período de crescimento das culturas, GS, ou anual); $\overline{\text{Precipitacao}_{g,t}}$ refere-se à precipitação histórica padronizada na grade g e período de tempo t ; e $\sigma_{g,t}$ é o desvio padrão histórico da precipitação na grade g e no período de tempo t .

Essa medida é útil para avaliar até que ponto o índice de precipitação durante a estação de cultivo (GS) ou ao longo do ano y foi historicamente extremo. É importante destacar que nosso índice padronizado é baseado em desvios históricos para cada grade e período de tempo. Para períodos mais longos, adotamos uma estratégia semelhante, calculando a precipitação acumulada para os mesmos meses em diferentes anos. Por exemplo, a precipitação acumulada na grade g é obtida a partir da soma da precipitação entre os anos t e $t-1$.

¹⁰ A estação de cultivo (GS) é bastante semelhante entre as diferentes regiões do Brasil. Utilizamos os meses entre novembro e abril como uma aproximação:

$$\text{Precipitacao}_{g,GS} = \sum_{m \in [Nov, Abr]} \text{Precipitacao}_{g,m}$$

5 Decisões de migração

Começamos a seção analítica deste artigo apresentando um modelo simples de tomada de decisão de migração individual. As decisões de migração no contexto das mudanças climáticas envolvem uma interação complexa de fatores políticos, socioeconômicos e comportamentais (Black et al., 2011; Martin et al., 2014). No entanto, a migração continua sendo uma das estratégias mais comuns para indivíduos vulnerabilizados lidarem com os impactos de eventos naturais extremos (Berlemann and Steinhardt, 2017; Hunter, 2005; Ober, 2019). As dificuldades econômicas, juntamente com as perdas diretas de renda e riqueza resultantes desses eventos, são identificadas como os principais fatores para migração, principalmente para as famílias que enfrentam vulnerabilidades econômicas e climáticas. Consequentemente, as políticas de proteção social têm um potencial significativo para permitir que indivíduos vulnerabilizados se adaptem e desenvolvam estratégias de resiliência em resposta a choques climáticos (Cattaneo et al., 2019; Premand and Stoeffler, 2020).

Descrevemos um modelo de escolha de localização em que as decisões de migração são uma função de fatores financeiros e não financeiros, juntamente com um componente de choque aleatório, da seguinte forma:

$$\text{Decisão de Migração}_{i,t} = f(I_i, S_i, C_i, \varepsilon_{i,t}) \quad (2)$$

onde Decisão de Migração_{*i,t*} é a decisão tomada pelo indivíduo *i* de migrar ou não no período de tempo *t*. Essa avaliação é feita dados recursos financeiros, como a renda *I* e benefícios sociais *S*, e não-financeiros, como laços comunitários *C*. Um componente-chave para nossa análise é o choque aleatório ε , como um evento natural extremo. Procuramos entender a relação entre o componente de choque aleatório e os fatores financeiros nas decisões de migração.

6 Estratégia Empírica

O modelo de decisões de migração representado pela Equação 2 é aplicado à tomada de decisão de migração de famílias vulnerabilizadas produtoras agropecuárias expostas a eventos climáticos extremos. Considere um cenário em que a produção agropecuária, altamente dependente da precipitação, é a principal fonte de renda de uma empresa familiar em vulnerabilidade;¹¹ são beneficiários de programas sociais, como o Programa Bolsa Família; as preferências por fatores não financeiros são fixadas no curto-prazo; e estão sujeitos às consequências de eventos climáticos extremos.

Estabelecemos a hipótese de que desvios negativos extremos da precipitação histórica, ou seja, a intensidade da seca, sobre uma grade no mapa (geolocalização de uma residência) são eventos quase aleatórios. Consequentemente, a exposição a eventos extremos de seca é considerada um choque negativo imprevisto para a produtividade agropecuária. Para reforçar essa suposição, também contabilizamos períodos mais longos de precipitação cumulativa até os anos $t-1$ e $t-2$.

Estimamos a equação reduzida da relação entre ser beneficiário de um programa social e exposição a eventos naturais extremos em um painel de indivíduos vulnerabilizados produtores agropecuários entre o ano de referência t e os períodos seguintes $t+1$ e $t+2$, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Migrou_{i,t+n} = & \alpha_{i,t} + (Bolsa\ Familia * Seca\ Extrema/Severa)'_{i,t} \beta + \\ & + \gamma Bolsa\ Familia_{i,t} + (Seca\ Extrema/Severa)'_{i,t} \eta + \\ & + (Indice\ Hist.\ Precipitacao\ Negativo\ Padronizado)'_{i,[t,t-1,t-2]} \Omega + \\ & + \theta Renda_{i,t} + \mathbf{X}'_{i,t} \Delta_1 + \mathbf{HH}'_{i,t} \Delta_2 + \mathbf{M}'_{i,t} \Delta_3 + \mathbf{O}'_{g,t} \Delta_4 + \phi_i + \rho_t + \epsilon_{i,t} \end{aligned}$$

onde $Migrou_{i,t+n}$ é uma variável *dummy* que assume o valor de 1 se o indivíduo i migrou

¹¹Os índices pluviométricos são amplamente utilizados como proxies para a renda das famílias rurais na literatura, como visto em Hidalgo et al. (2010); Jayachandran (2006); Dell et al. (2014).

em qualquer momento no período seguinte, $t+n$ anos, medido como uma probabilidade;¹² o coeficiente de interesse β revela a associação entre o indivíduo ser beneficiário do Bolsa Família e sua exposição a eventos extremos (1% mais extremos) ou severos (entre os 10% e 1% mais severos) de seca, representados por variáveis indicadoras no ano t . Assim, as variáveis $Bolsa\ Família_{i,t}$, $Seca\ Extrema_{i,t}$ e $Seca\ Severa_{i,t}$ são componentes individuais das interações mencionadas, respectivamente. $IndiceHist.PrecipitacaoNegativoPadronizado_i$ a precipitação histórica em t , $t-1$ e $t-2$ como variáveis contínuas em desvios-padrão da distribuição do índice negativo de precipitação, historicamente avaliado para cada unidade de grade. $\mathbf{X}_{i,t}$ a matriz de controles variáveis no tempo contendo as características individuais no ano t , incluindo, por exemplo, nível de escolaridade e renda do indivíduo; $\mathbf{HH}_{i,t}$, a matriz de controles variáveis no tempo com as características da família/domicílio no ano t , incluindo, por exemplo, renda média e características da residência; $\mathbf{M}_{i,t}$ a matriz com informações sobre desastres naturais reconhecidos pela autoridade federal na base de dados S2iD; $\mathbf{O}_{g,t}$ a matriz de controles variáveis no tempo contendo características médias dos domicílios localizados nas mesmas coordenadas geográficas de origem g no ano t ; ϕ_i os efeitos fixos de indivíduo; ω_t os efeitos fixos de ano; e $\epsilon_{i,t}$ o termo de erro idiossincrático. Todas as estimativas são agrupadas (*cluster*) na unidade de análise do painel, indivíduos.

O vetor de coeficientes (β) é uma estimativa robusta do efeito causal dos benefícios de políticas sociais e da exposição aos efeitos das mudanças climáticas sobre a decisão de migração, dado o caráter quase aleatório da intensidade da ocorrência de eventos naturais extremos e do recebimento ou não dos benefícios em um dado momento. A exposição à seca é mensurada tanto na margem intensiva quanto na margem extensiva, com base nas condições históricas de cada grade/área. Como resultado, os agricultores não conseguem prever a extensão da exposição à seca em um determinado ano. Essa incerteza ajuda a explicar por que metade de nossa amostra migra no primeiro ano após um grande evento de seca. Ao mesmo tempo, os grupos de comparação são compostos por famílias vulnerabilizadas muito semelhantes, todas registradas no CadÚnico para acesso a benefí-

¹²A migração é avaliada cumulativamente por um, dois ou três anos após o ano de referência t se as coordenadas geográficas do endereço registrado em cada ano para cada indivíduo no CadÚnico mudaram.

cios sociais. Beneficiários e não beneficiários do Programa Bolsa Família diferem por uma margem reduzida, determinada pelos critérios de elegibilidade do programa.

7 População analisada

Para a análise empírica, objetivamos observar o universo de produtores agropecuários vulnerabilizados no Brasil, os endereços de seus domicílios e a exposição a eventos naturais extremos; com especial interesse nas pequenas unidades familiares, as mais expostas a choques negativos de renda, decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas. Após observar que as informações sobre ocupação dos indivíduos no CadÚnico não era o ideal para tal¹³, realizamos a interseção entre os conjuntos de dados do CadÚnico com o DAP/Pronaf, um cadastro de produtores familiares agropecuários vulnerabilizados, mantido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar. Conseguimos encontrar todos os titulares de benefícios no DAP/Pronaf entre 2015 e 2020 também no CadÚnico, utilizando como chave o CPF. Dessa forma, conseguimos um *match* perfeito entre o universo de beneficiários de programas sociais que são produtores agropecuários nos sistemas do governo federal. Todas as outras bases de dados foram adicionadas a essa amostra de acordo com o território ao nível dos indivíduos ou das unidades administrativas para a análise, com resultados de correspondência quase perfeitos também.

A seleção da nossa amostra final foi realizada a partir de alguns passos. Em primeiro lugar, restringimos a amostra do CadÚnico apenas para unidades domiciliares com entradas "ativas", garantindo que o registro esteja atualizado e com informações confiáveis.¹⁴ Em seguida, realizamos a intersecção dessas informações com as constantes no DAP/Pronaf, observando qualquer pessoa física pelo CPF (titular de benefício ou secundários) que já

¹³Por exemplo, a variável "ind_parc_mds_fam" deveria ser uma indicadora de famílias produtoras agrícolas e de reforma agrária. No entanto, muitas delas não estão listadas como produtores agropecuários nas variáveis de ocupação correspondentes "cod_agricultura_trab_memb" e "cod_principal_trab_memb".

¹⁴É importante observar apenas aqueles que recebem ativamente benefícios sociais, constando suas informações de endereço. Em média, indivíduos com essas informações ausentes somavam menos do que 1% entre os anos de 2015 a 2020.

esteve cadastrada entre 2012 e 2020.¹⁵ Dada a estrutura familiar de benefícios, mantivemos em nossa amostra qualquer membro individual de domicílios em que pelo menos um membro estivesse listado no DAP/Pronaf. Por fim, mantivemos em nossa análise apenas os indivíduos observados por mais de um ano em nosso painel, a fim de observar a migração comparando seus endereços ao longo do tempo.¹⁶

8 Estatísticas Descritivas

A amostra de indivíduos em famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas possui 55.213.451 observações no painel, sendo 14.362.945 indivíduos únicos ao longo dos anos de 2015 e 2020, dos quais 76% eram beneficiários do Programa Bolsa Família. Dessas, 26.793.027 observações foram dos 6.661.156 indivíduos encontrados diretamente no DAP/Pronaf como titulares dos benefícios.¹⁷ Note que só podemos observar a situação de migração dos indivíduos em t+1 anos entre 2015 e 2019; em t+2 anos entre 2015 e 2018; e t+3 anos entre 2015 e 2017.

Além disso, uma das principais contribuições de nossa análise é observar a migração individual em todo o território, não restrita às áreas administrativas. A Tabela 3 apresenta a parcela média de indivíduos em nosso painel que migram em t+1, t+2 e/ou t+3 anos após o ano de referência t,¹⁸ quando a exposição à seca é avaliada. Construímos três variáveis de resultado como avaliações de migração: “Migrou”, que compara as coordenadas geográficas dos endereços domiciliares dos indivíduos entre períodos; “Dentro”: compara as coordenadas geográficas dos endereços domiciliares de cada indivíduo condicionadas a pertencendo a um mesmo município; e “Entre”: compara as coordenadas geográficas dos

¹⁵Utilizamos as informações de 2012, pois o conjunto de dados DAP/Pronaf contém apenas o estoque de informações já registrado no sistema e os lançamentos eram atualizados a cada dois anos.

¹⁶Perceba que não temos informações de endereço, logo migração, dos indivíduos que deixaram o CadÚnico ao longo desse período. Isso poderia levar a algum viés, como de dados censurados, às nossas estimativas. No entanto, observamos uma taxa média de migração muito próxima à do Censo brasileiro e ao que é encontrado por Oliveira and Chagas (2018).

¹⁷Em muitos poucos casos faltou alguma informação para indivíduos que migraram tanto dentro dos municípios, quanto para outros municípios.

¹⁸Utilizamos a observação acumulada dos casos de migração ao longo dos anos.

domicílios dos indivíduos condicionados a pertencendo a diferentes municípios. Observe que as migrações dentro do território de um município são cinco vezes maiores do que as de longa distância para um município diferente.

Tabela 3: Migração individual de produtores agropecuários vulnerabilizados entre t e t+n, painel 2015- 2020

Migrou entre t e: Endereço georreferenciado mudou:	t+1			t+1 / t+2			t+1 / t+2 / t+3		
	Migrou	Dentro	Entre	Migrou	Dentro	Entre	Migrou	Dentro	Entre
<i>qualquer membro das famílias</i>									
Proporção de indivíduos (em %)	7%	6%	1%	14%	12%	2%	20%	17%	3%
N de indivíduos (em milhões)	3.81	3.21	0.60	6.18	5.27	0.91	6.68	5.74	0.94
<i>titulares dos benefícios</i>									
Proporção de indivíduos (em %)	6%	5%	1%	12%	10%	2%	18%	15%	3%
N de indivíduos (em milhões)	1.63	1.38	0.25	2.68	2.28	0.40	2.92	2.51	0.41

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico e DAP/PRONAF. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas significam "Migrou": endereços com diferentes coordenadas geográficas entre períodos; "Dentro": diferentes coordenadas geográficas dentro de um mesmo município; e "Entre": diferentes coordenadas geográficas em diferentes municípios.

Embora o resultado da decisão racional de migração tomada por indivíduos levaria a áreas com melhores condições socioeconômicas e de infraestrutura do que seus locais de origem, o mesmo não pode ser presumido para aqueles deslocados por eventos climáticos extremos. A Tabela 4 apresenta as características médias das áreas de origem e destino de indivíduos vulnerabilizados expostos aos eventos de seca severos e extremos para os beneficiários do PBF em nossa amostra. Observe que, entre aqueles que migraram, de fato escolheram locais com melhores condições do que suas regiões de origem. No entanto, os 1% mais afetados por secas, extremas, migraram para locais apenas ligeiramente melhores do que suas origens, enquanto aqueles expostos aos eventos de seca severos, entre o 10% e o 1% da distribuição, escolheram destinos relativamente melhores. Além disso, os dados revelam a vulnerabilidade dessa população, com cerca de metade tendo acesso apenas a água encanada e coleta de lixo, enquanto menos de um quarto, em média, possui acesso a sistema de esgoto público.

Tabela 4: Teste da diferença de médias entre as características dos locais de origem e destino dos indivíduos que migraram entre 2015 e 2020 – Beneficiários do PBF afetados pelas secas extremas (1% extremo) e severas (entre o 1% e o 10% extremo)

Severidade da Seca Média dos domicílios	Extrema (1% extremo)			Severa (entre o 1% e o 10%)		
	Destino	Origem	Diferença (t-teste)	Destino	Origem	Diferença (t-teste)
Renda média per capita (em reais)	209,96	182,62	27,34***	190,60	166,41	38,71***
Despesas domésticas mensais (em reais)	402,74	362,02	40,72***	376,95	338,25	38,70***
Moradia com pavimento acabado (%)	0,86	0,83	0,03***	0,89	0,87	0,02***
Moradia com paredes com acabamento (%)	0,49	0,48	0,01***	0,57	0,55	0,02***
Acesso ao serviço público de água (%)	0,48	0,47	0,01***	0,53	0,51	0,02***
Acesso à rede pública de esgoto (%)	0,14	0,13	0,01***	0,17	0,15	0,02***
Acesso à coleta de lixo (%)	0,46	0,43	0,03***	0,47	0,43	0,04***
Acesso à rede pública de energia elétrica (%)	0,75	0,75	0,00**	0,80	0,79	0,01***
N de indivíduos	36.554	36.554		352.291	352.291	

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico e DAP/PRONAF. Comparação da média origem-destino das características dos domicílios localizados em um mesmo ponto geográfico para aqueles afetados pelo 1% e 10% casos de seca no período.

9 Resultados

Começamos apresentando, nas Tabela 5 e Tabela 6, nossos principais resultados sobre o efeito dos benefícios sociais nas decisões individuais de migração em t+1, t+2 e t+3 anos após uma seca extrema/severa ter afetado produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020, conforme descrito na Seção 6.

Observamos que receber benefícios do *Bolsa Família* enquanto exposto a episódios de seca severa (entre o extremo 10% e 1% da distribuição) leva a uma redução na probabilidade de migração: 5% a menos dentro de um ano, 4% nos dois anos seguintes e 5% ao longo do período de três anos. Esses efeitos são principalmente impulsionados por deslocamentos dentro do município de origem do indivíduo. Em contraste, o acesso a benefícios durante eventos de seca extrema (1% extremo da distribuição) aumenta a probabilidade de relocação do indivíduo nos períodos seguintes: em 6% no primeiro ano e 3% nos dois anos seguintes. Esses efeitos também estão concentrados em deslocamentos de curta distância dentro dos municípios.

Quando focamos especificamente nos titulares do benefícios, dentro de um domicílio, os resultados permanecem consistentes tanto em direção quanto em magnitude. As trans-

ferências do Bolsa Família continuam a exercer um efeito de amortecimento, reduzindo a probabilidade de relocação entre aqueles afetados por secas severas, enquanto aumentam essa probabilidade em face de secas extremas. Notavelmente, para os beneficiários expostos a secas severas, as transferências de renda estão associadas a uma redução de 6% e 7% na probabilidade de se mudarem para outros municípios, também, nos períodos $t+1$ e $t+2$, respectivamente. Essas descobertas sugerem que as decisões de relocação não são limitadas nem impulsionadas individualmente pelos titulares do benefícios sozinhos. Em vez disso, elas refletem uma estratégia coletiva do núcleo familiar, provavelmente coordenada entre os membros e moldada pela exposição compartilhada a estressores ambientais e econômicos.

Esses resultados dialogam com a literatura e contribuem para ela de duas maneiras principais. Primeiro, a severidade da seca está fortemente associada a maiores perdas na produção agropecuária decorrentes de choques de renda inesperados. Embora os benefícios sociais possam viabilizar a migração ao fornecer os meios financeiros para indivíduos altamente expostos ou deslocados, eles também podem ajudar aqueles menos severamente afetados a fortalecer sua resiliência e permanecer no local, mitigando perdas moderadas de renda causadas por danos às lavouras. Segundo, ao distinguir os efeitos de eventos de seca severa e extrema em nível dos indivíduos, nossa análise contribui para reconciliar resultados contrastantes na literatura, ao evidenciar diferenças tanto na exposição ao tratamento quanto nas respostas comportamentais.

Eles também contribuem para a literatura mais ampla sobre migração e adaptação ao enfatizar a natureza coletiva das decisões migratórias em contextos rurais e vulnerabilizados. Essa perspectiva dialoga com modelos em que a migração é tratada como uma estratégia de diversificação de riscos no nível do domicílio (Stark and Levhari, 1982), e não como uma escolha individual voltada ao mercado de trabalho. Dentro desse arcabouço, o papel da proteção social, como as transferências condicionadas de renda, é aliviar restrições de crédito e proporcionar flexibilidade na forma como os domicílios distribuem os papéis migratórios entre seus membros.

Embora consideremos os modelos de painel Poisson com efeitos fixos e controles variáveis no tempo como a melhor estratégia para estimar nosso modelo, ver Wooldridge (1999) e Wooldridge (2000), também estimamos coeficientes via Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) em uma especificação linear. Os resultados obtidos por MQO, apresentados na Subseção A.3, são muito semelhantes aos do modelo Poisson. Apesar de as estimativas para deslocamentos entre municípios serem positivas e estatisticamente significativas, não podemos descartar a possibilidade de que sejam resultado de estimativas viesadas.

Tabela 5: Decisão de migração de indivíduos membros de famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas no CadÚnico entre os anos de 2015 e 2020: Efeitos da seca extrema e benefícios do Bolsa Família.

Variável Dependente	(1) Migrou qualquer membro da família	(2) Dentro Entre	(3) Entre	(4) Migrou titulares do benefício	(5) Dentro	(6) Entre
<i>migração entre t e t+1</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Extrema</i>	0,0620 (0,0132)	0,0567 (0,0147)	0,0806 (0,0335)	0,0782 (0,0183)	0,0466 (0,0101)	0,0116 (0,0062)
<i>migração entre t e t+2</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Extrema</i>	0,0341 (0,0072)	0,0286 (0,0080)	0,0431 (0,0197)	0,0763 (0,0204)	0,0377 (0,0113)	0,0022 (0,0069)
<i>migração entre t e t+3</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Extrema</i>	0,0110 (0,0044)	0,0043 (0,0049)	0,0557 (0,0131)	0,0757 (0,0454)	0,0778 (0,0271)	0,0702 (0,0177)

Nota: Autores com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e CHIRPS. Precipitação em DPs para a estação de cultivo (novembro a abril) ao nível da grade. Painel estimado por Poisson com efeitos fixos ao nível do ano e indivíduos, controles variáveis ao longo do tempo para características dos indivíduos, domicílios, municípios e lugares de origem. Coeficientes estimados para o efeito de ser beneficiários do *Bolsa Família* quando afetado pela seca extrema na probabilidade de migração de indivíduos produtores agropecuário vulnerabilizados, famílias produtoras entre 2015 e 2020. As colunas indicam “Migrou”: se os endereços mudaram pelas coordenadas geográficas entre os períodos de tempo; “Dentro”: mudança nas coordenadas geográficas dentro de um mesmo município; e “Entre”: mudança nas coordenadas geográficas entre municípios. Erros-padrões em parêntesis, coeficientes estimados em negrito para o nível de significância de 1%.

Tabela 6: Decisão de migração de indivíduos membros de famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas no CadÚnico entre os anos de 2015 e 2020: Efeitos da seca severa e benefícios do Bolsa Família.

Variável Dependente	(1) Migrou qualquer membro da família	(2) Dentro	(3) Entre	(4) Migrou titulares dos benefícios	(5) Dentro	(6) Entre
<i>migração entre t e t+1</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Severa</i>	-0,0538 (0,0065)	-0,0634 (0,0071)	0,0055 (0,0178)	-0,0462 (0,0089)	-0,0555 (0,0050)	-0,0633 (0,0034)
<i>migração entre t e t+2</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Severa</i>	-0,0440 (0,0036)	-0,0495 (0,0039)	-0,0144 (0,0105)	-0,0545 (0,0098)	-0,0612 (0,0055)	-0,0729 (0,0037)
<i>migração entre t e t+3</i>						
<i>Bolsa Família * Seca Severa</i>	-0,0522 (0,0024)	-0,0601 (0,0026)	0,0152 (0,0077)	0,0041 (0,0243)	-0,0263 (0,0144)	0,0109 (0,0106)

Nota: Autores com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e CHIRPS. Precipitação em DPs para a estação de cultivo (novembro a abril) ao nível da grade. Painel estimado por Poisson com efeitos fixos ao nível do ano e indivíduos, controles variáveis ao longo do tempo para características dos indivíduos, domicílios, municípios e lugares de origem. Coeficientes estimados para o efeito de ser beneficiários do *Bolsa Família* quando afetado pela seca extrema na probabilidade de migração de indivíduos produtores agropecuário vulnerabilizados, famílias produtoras entre 2015 e 2020. As colunas indicam “Migrou”: se os endereços mudaram pelas coordenadas geográficas entre os períodos de tempo; “Dentro”: mudança nas coordenadas geográficas dentro de um mesmo município; e “Entre”: mudança nas coordenadas geográficas entre municípios. Erros-padrões em parêntesis, coeficientes estimados em negrito para o nível de significância de 1%.

10 Conclusão

Esta pesquisa encontra evidências robustas de que a política social desempenha um papel significativo nas decisões de migração de famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizadas pelas mudanças climáticas. Nossa análise demonstra que os benefícios de um programa de Transferência Condicionada de Renda, como o Bolsa Família, influenciam a probabilidade de migração após a exposição a choques de renda relacionados a episódios de secas extremas e severas. Para indivíduos afetados por secas severas (entre o extremo 10% e 1%), os benefícios estão associados a uma redução na probabilidade de migração de, em média, 5% em até três anos. Em contraste, para aqueles expostos a episódios de secas extremas (extremo 1% da distribuição), o recebimento de benefícios sociais está associado a um aumento na probabilidade de migração, de até 6%, ao longo de até dois anos seguintes. Esses efeitos se aplicam de maneira semelhante a todos os membros do domicílio, indicando que a influência dos benefícios sociais sobre as decisões de mobilidade opera no nível do domicílio, e não de forma concentrada em indivíduos específicos. Os resultados permanecem robustos mesmo em especificações alternativas de modelo.

Nossa metodologia inovadora nos permitiu identificar com precisão os padrões de migração individual e a exposição a eventos climáticos extremos ao longo do tempo e do espaço. Constatamos que 20% dos indivíduos vulneráveis migraram ao menos uma vez entre 2015 e 2020. Além disso, as migrações para áreas próximas, dentro do próprio município de origem, foram cinco vezes mais frequentes do que aquelas para outros municípios.

Esses resultados ajudam a reconciliar a literatura existente ao demonstrar que os benefícios sociais, como as Transferências Condicionadas de Renda, podem tanto aumentar ou diminuir as decisões individuais de migração, dependendo da natureza do choque e das características dos indivíduos afetados. Por um lado, os benefícios sociais podem facilitar a migração ao fornecer os meios financeiros para que indivíduos altamente expostos ou deslocados possam se mudar. Por outro lado, eles podem ajudar aqueles menos severamente afetados a absorver perdas moderadas de renda, como as causadas por danos às lavouras,

permitindo que permaneçam em seus locais de origem. Nesse sentido, os benefícios de renda apresentam uma consequência dupla: podem tanto apoiar a resiliência dos domicílios frente a choques climáticos quanto desencorajar a migração para áreas com maiores oportunidades de progresso social e econômico (Hallegatte et al., 2016).

Referências

- Acharya, V. V., T. Johnson, S. Sundaresan, and S. Zheng (2023): “Disasters with Unobservable Duration and Frequency: Intensified Responses and Diminished Preparedness,” Working Paper 31067, National Bureau of Economic Research.
- Adhikari, S. and U. Gentilini (2018): “Should I Stay or Should I Go: Do Cash Transfers Affect Migration?” Working Paper 8525, National Bureau of Economic Research.
- Assunção, J. and F. Chein (2016): “Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives,” *Environment and Development Economics*, 21, 581–602.
- Berleemann, M. and M. F. Steinhardt (2017): “Climate Change, Natural Disasters, and Migration—a Survey of the Empirical Evidence,” *CESifo Economic Studies*, 63, 353–385.
- Black, R., S. R. G. Bennett, S. M. Thomas, and J. R. Beddington (2011): “Climate change: Migration as adaptation,” *Nature*, 478, 447–449.
- Bobonis, G. J., P. J. Gertler, M. Gonzalez-Navarro, and S. Nichter (2022): “Vulnerability and Clientelism,” *American Economic Review*, 112, 3627–59.
- Brasil (2001): *Decreto nº3.877, de 24 de julho de 2001*, Brasília, DF: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.
- (2011): *Portaria nº177, de 16 de junho de 2011 do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS)*, Brasília, DF: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.
- Cattaneo, C., M. Beine, C. J. Fröhlich, D. Kniveton, I. Martínez-Zarzoso, M. Mastrorillo, K. Millock, E. Piguet, and B. Schraven (2019): “Human Migration in the Era of Climate Change,” *Review of Environmental Economics and Policy*, 13, 189–206.
- Cirillo, C. (2018): “Conditional Cash Transfers, Risk-coping Strategies and Aspirations: Impact Evaluations from Peru,” Ph.D. thesis, University of Trento.

- Corbi, R., T. Ferraz, and R. Narita (2024): “Internal migration and labor market adjustments in the presence of nonwage compensation,” *Working Paper Series, Department of Economics, University of Sao Paulo (FEA-USP)*.
- Da Mata, D., L. Emanuel, V. Pereira, and B. Sampaio (2023): “Climate adaptation policies and infant health: Evidence from a water policy in Brazil,” *Journal of Public Economics*, 220, 104835.
- Dell, M., B. F. Jones, and B. A. Olken (2014): “What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature,” *Journal of Economic Literature*, 52, 740–98.
- Dercon, S. (2002): “Income Risk, Coping Strategies, and Safety Nets,” *The World Bank Research Observer*, 17, 141–166.
- Dilley, M., R. Chen, U. Deichmann, A. Lerner-Lam, M. Arnold, J. Agwe, P. Buys, O. Kjekstad, B. Lyon, and G. Yetman (2005): “Natural disaster hotspots: A global risk analysis,” Tech. rep., The World Bank Group (WBG).
- Funk, C., P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, G. Husak, J. Rowland, L. Harrison, A. Hoell, and J. Michaelsen (2015): “The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes,” *Scientific Data*, 2, 150066.
- Hagen-Zanker, J. and C. L. Himmelstine (2012): “How does access to social protection programmes affect the decision to migrate?” Background note, Overseas Development Institute.
- Hallegatte, S., M. Bangalore, L. Bonzanigo, M. Fay, t. kane, u. narloch, J. Rozenberg, D. Treguer, and A. Vogt-Schilb (2016): *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*, Washington, DC: The World Bank Group.
- Hallegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore, and J. Rozenberg (2017): *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*, Washington, DC: The World Bank Group.

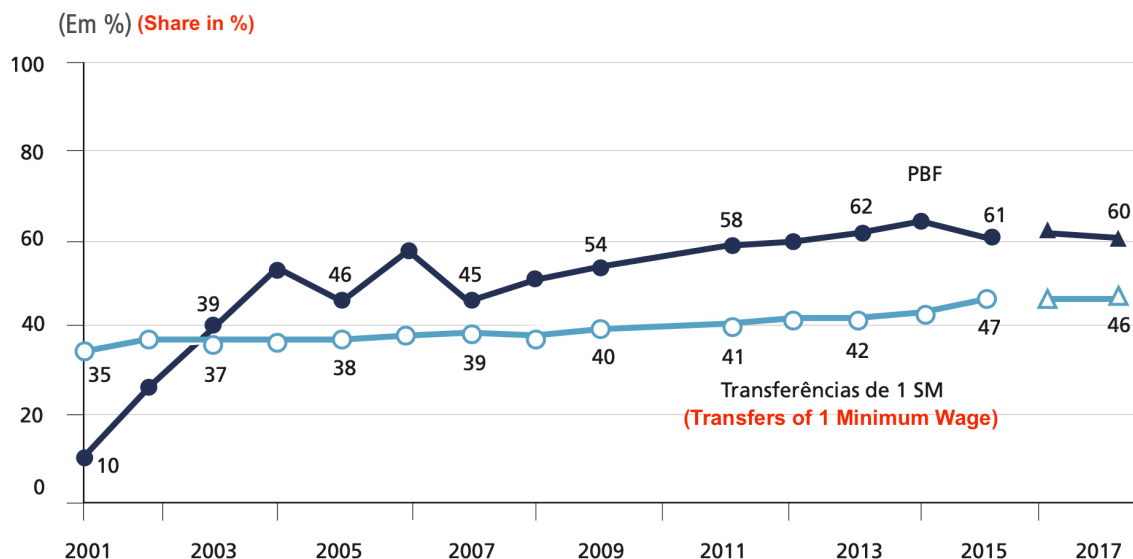
- Hidalgo, F. D., S. Naidu, S. Nichter, and N. Richardson (2010): “Economic Determinantes of Land Invasions,” *The Review of Economics and Statistics*, 92, 505–523.
- Hunter, L. M. (2005): “Migration and Environmental Hazards,” *Population and Environment*, 26, 273–302.
- Jayachandran, S. (2006): “Selling Labor Low: Wage Responses to Productivity Shocks in Developing Countries,” *Journal of Political Economy*, 114, 538–575.
- Lazzari, D., A. Garcez, N. Poltozi, G. Pozzi, and C. Brito (2024): “Identification of extreme weather events and impacts of the disasters in Brazil,” .
- Martin, M., M. Billah, T. Siddiqui, C. Abrar, R. Black, and D. Kniveton (2014): “Climate related migration in rural Bangladesh: a behavioural model,” *Population and Environment*, 36, 85–110.
- Morrow-Jones, H. A. and C. R. Morrow-Jones (1991): “Mobility Due to Natural Disaster: Theoretical Considerations and Preliminary Analyses,” *Disasters*, 15, 126–132.
- Ober, K. (2019): “The Links between Climate Change, Disasters, Migration, and Social Resilience in Asia: A Literature Review,” ADB Economics Working Paper Series 586, Asian Development Bank.
- Oliveira, G. d. and A. Chagas (2018): “Effects of a cash transfer programme on origin–destination migration flows,” *Regional Science Policy & Practice*, 12, 83–104.
- Otto, I., D. Reckien, C. Reyer, R. Marcus, V. Le Masson, L. Jones, A. Norton, and O. Serdeczny (2017): “Social vulnerability to climate change: a review of concepts and evidence,” *Regional Environmental Change*, 17, 1651–1662.
- Pindyck, R. S. and N. Wang (2013): “The Economic and Policy Consequences of Catastrophes,” *American Economic Journal: Economic Policy*, 5, 306–39.
- Premand, P. and Q. Stoeffler (2020): “Do Cash Transfers Foster Resilience ? Evidence from Rural Niger,” Policy Research Working Paper Series 9473, The World Bank.

- Silveira Neto, R. d. M. (2008): “Do Public Income Transfer to the Poorest affect Internal Inter-Regional Migration? Evidence for the case of Brazilian Bolsa Família Program,” *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia* [Proceedings of the 36th Brazilian Economics Meeting] 200807111106330, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics].
- Souza, P. H. G. F. d., R. G. Osorio, L. H. Paiva, and S. S. D. Soares (2019): *Os Efeitos do Programa Bolsa Família sobre a pobreza e a desigualdade: um balanço dos primeiros quinze anos*, Texto para Discussão (TD) 2499, Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA.
- Stark, O. and D. Levhari (1982): “On Migration and Risk in LDCs,” *Economic Development and Cultural Change*, 31, 191–196.
- Stecklov, G., P. Winters, M. Stampini, and B. Davis (2005): “Do Conditional Cash Transfers Influence Migration? A Study Using Experimental Data from the Mexican Progresa Program,” *Demography*, 42, 769–790.
- WB (2021): “Climate Risk Profile: Brazil,” Tech. rep., The World Bank Group (WBG).
- Wooldridge, J. M. (1999): “Distribution-free estimation of some nonlinear panel data models,” *Journal of Econometrics*, 90, 77–97.
- (2000): *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, MA: MIT Press.

A Tabelas e Gráficos Adicionais

A.1 Dados Descritivos - CadÚnico

Figura 3: Cobertura do Programa Bolsa Família (PBF) e de transferências equivalentes a um salário mínimo (Previdência e BPC) entre os 20% mais pobres, segundo as pesquisas da PNAD (2001–2017)



Fonte: Adaptado de (Souza et al., 2019), gráfico 3, página 15. Elaborado com dados das pesquisas da PNAD (2001–2015) e da PNAD Contínua (2016–2017).

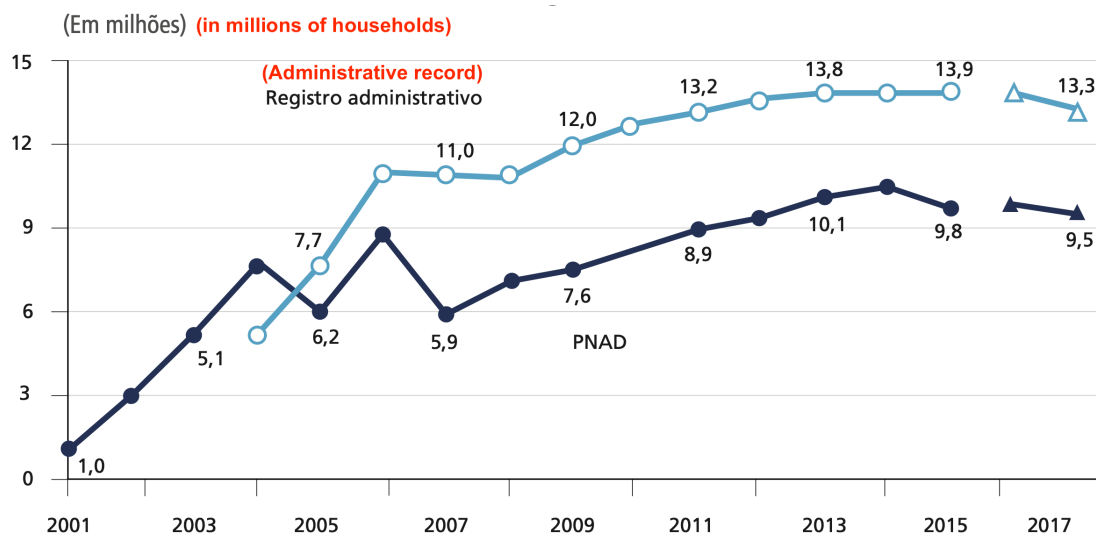
Nota: As informações da PNAD incluem os programas predecessores do PBF e excluem as áreas rurais dos estados da Região Norte (exceto Tocantins) até 2003. A população entre os 20% mais pobres foi definida com base na renda domiciliar per capita líquida de cada benefício.

Tabela 7: Distribuição dos domicílios segundo a situação cadastral

domicílios	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Número de observações	53.187.644	48.770.064	44.112.029	40.015.875	37.612.900	35.439.014	32.897.119	30.243.128
Número de observações pela categoria de status do cadastro (cod_est_cadastral_fam)								
em registro	13.663	42.970	53.378	19.001	21.474	30.052	42.670	31.483
sem registro civil	951	1.368	2.197	3.200	2.921	2.579	1.915	1.410
registrado	28.884.068	26.913.965	26.950.657	26.457.577	27.326.122	29.172.487	27.200.920	25.069.565
excluído	24.288.962	21.811.761	17.105.797	13.536.097	10.262.383	6.233.896	5.651.614	5.140.670

Nota: Elaboração própria com dados do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal e da Folha de Pagamentos do Programa Bolsa Família, do Ministério da Cidadania/Desenvolvimento Social.

Figura 4: Domicílios beneficiários do PBF segundo registros administrativos e pesquisas da PNAD (2001–2017)



Fonte: Adaptado de (Souza et al., 2019), gráfico 1, página 11. Elaborado com dados das pesquisas da PNAD (2001–2015), da PNAD Contínua (2016–2017) e da Matriz de Informações Sociais da Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação (SAGI/M.Cidadania).

Nota: As informações da PNAD incluem os programas predecessores do PBF e excluem as áreas rurais dos estados da Região Norte (exceto Tocantins) até 2003. As informações dos registros administrativos incluem apenas o PBF e referem-se a setembro (2001–2015) e junho (2016–2017).

Tabela 8: Distribuição de indivíduos de acordo com o status do registro

Indivíduos	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Número de observações	175.995.622	165.016.862	153.645.158	143.935.709	136.994.748	130.429.631	123.179.294	115.543.894
Número de observações pela categoria de status do cadastro (cod_est_cadastral_memb)								
em registro	21.344	57.641	70.109	28.182	39.751	41.850	64.146	44.659
sem registro civil	8.997	11.678	18.794	26.150	31.310	30.985	23.474	13.384
registrado	76.415.223	73.570.482	76.464.300	77.829.966	80.793.612	88.181.943	84.291.806	81.296.980
excluído	99.118.459	90.957.954	76.731.894	66.002.780	55.969.699	41.979.054	37.949.178	34.083.210
esperando atribuição de NIS	2.141	64.957	75.444	48.630	56.600	38.418	19.617	9.425
esperando mudança de status	0	0	0	0	103.775	157.376	768.224	66.185

Nota: Elaboração própria com dados do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal e da Folha de Pagamentos do Programa Bolsa Família, do Ministério da Cidadania/Desenvolvimento Social.

A.2 Estatísticas - Poisson

Tabela 9: Primeiros dois momentos das principais variáveis dependentes: Migração individual de produtores agropecuários vulnerabilizados entre t e t+n, painel 2015–2020

Migrou entre t e:	t+1			t+1 / t+2			t+1 / t+2 / t+3		
Endereço mudou	Migrou	Dentro	Entre	Migrou	Dentro	Entre	Migrou	Dentro	Entre
	<i>qualquer membro da família</i>								
Média	0.0703	0.0587	0.0114	0.1394	0.1181	0.0226	0.1959	0.1684	0.0316
Variância	0.0653	0.0553	0.0113	0.1200	0.1042	0.0221	0.1575	0.1400	0.0306
	<i>titulares dos benefícios</i>								
Média	0.0620	0.0519	0.0101	0.1245	0.1058	0.0200	0.1770	0.1524	0.0280
Variância	0.0581	0.0492	0.0100	0.1090	0.0946	0.0196	0.1457	0.1292	0.0272

Nota: Elaboração própria com dados do CadÚnico e do DAP/PRONAF. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas representam: “Migrou” – domicílios com coordenadas geográficas diferentes entre os períodos; “Dentro” – coordenadas geográficas diferentes dentro de um mesmo município; e “Entre” – coordenadas geográficas diferentes em municípios distintos.

A.3 Resultados - MQO

Começamos apresentando nossos principais resultados sobre o efeito da política social nas decisões individuais de migração em $t + 1$, $t + 2$ e/ou $t + 3$ anos após um produtor agropecuário vulnerável ser fortemente afetado por uma seca extrema entre 2015 e 2020, conforme discutido na Seção 6.¹⁹ A Subseção A.4 foca nas decisões de migração de quaisquer membros das famílias produtoras agropecuárias vulnerabilizados, considerando as características da unidade familiar-produtiva e a estrutura dos benefícios sociais; enquanto a Subseção A.5 analisa as decisões de migração dos titulares dos benefícios, que são, na maioria dos casos, os principais provedores dos domicílios.

Nossos resultados conciliam diferentes vertentes da literatura que sugerem que a política social pode atuar tanto como um retentor quanto como um impulsionador das decisões individuais de migração, dependendo das características das unidades afetadas e da severidade do evento climático extremo. Verificamos que a relação entre a exposição aos 1% dos eventos de seca mais severos e os benefícios sociais do programa de transferência condicionada de renda aumentou a probabilidade de migração individual nos períodos subsequentes em 7% no primeiro ano, 9% nos dois anos seguintes e 6% nos três anos seguintes. Por outro lado, a exposição aos 10% dos eventos de seca mais severos e os benefícios sociais do PBF reduziram a probabilidade de migração individual nos períodos subsequentes em -4% no primeiro ano, -5% nos dois anos seguintes e -11% nos três anos seguintes. Os efeitos são particularmente pronunciados entre os titulares dos benefícios e heterogêneos de acordo com as características individuais.

A.4 Membros de famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados

A Tabela 10 apresenta os resultados para os membros de famílias produtoras agropecuárias afetadas pelos 1% dos eventos de seca mais severos. Observe que a interação entre ser beneficiário do PBF e a exposição a esses eventos extremos tem um efeito positivo e sig-

¹⁹Os resultados permanecem robustos em nossa análise anual, embora a identificação seja menos precisa.

nificativo na probabilidade de migração individual em todas as colunas, que representam diferentes especificações. De forma similar, a Tabela 11 mostra os resultados para famílias afetadas pelos 10% dos eventos de seca mais severos. Aqui, a associação de interesse é significativa, mas revela uma relação negativa entre os benefícios sociais e a exposição a secas menos extremas, com exceção da migração entre municípios, que apresenta um efeito positivo, embora muito pequeno, em alguns casos. Em ambas as análises, o controle por características de indivíduos e domicílios que variam ao longo do tempo revelam uma fonte significativa de heterogeneidade.

A literatura dá suporte a esses resultados de duas maneiras. Primeiro, a severidade de uma seca está diretamente correlacionada com maiores perdas agrícolas devido a um choque inesperado. Enquanto os benefícios sociais podem incentivar a migração ao fornecer os recursos financeiros necessários para indivíduos altamente expostos ou efetivamente deslocados, esses benefícios também podem ajudar aqueles menos afetados pelo desastre a construir resiliência contra perdas moderadas de renda, como as resultantes de danos às lavouras. Segundo, quanto mais extremo o desastre natural, mais heterogêneos são seus efeitos sobre os indivíduos. Isso destaca a relação não linear observada em diferentes níveis de severidade da seca e reforça a importância dos controles dinâmicos para a compreensão desses efeitos.

De fato, conseguimos conciliar esses dois resultados contrastantes na literatura. Acreditamos que nossa estratégia de identificação única nos permite observar com precisão o efeito das mudanças climáticas sobre as unidades individuais, possibilitando assim a distinção dessas características heterogêneas.

Tabela 10: Decisão de migração de membros de famílias produtoras agropecuárias no CadÚnico e DAP/PRONAF entre 2015 e 2020: efeitos da seca por quantil (1%) da distribuição de chuva e benefício do Bolsa Família.

Precipitação em DPs para a estação de cultivo (Nov a Abr)	Migrou	Dentro	Entre
Geocoordenadas dos endereços mudaram entre:			
<i>t e t+1</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0047 (0,0010)	0,0029 (0,0009)	0,0019 (0,0004)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	7%	5%	17%
<i>t e t+1 ou t+2</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0058 (0,0011)	0,0029 (0,0010)	0,0030 (0,0005)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	4%	5%	13%
<i>t e t+1, t+2 ou t+3</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0030 (0,0009)	0,0004 (0,0009)	0,0030 (0,0004)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	2%	0%	10%

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e precipitação do CHIRPS. Precipitação em desvios-padrão (DP) para a estação de cultivo (novembro a abril) no nível da grade. Estimação por painel OLS com efeitos fixos de indivíduo e ano, e controles ao nível do indivíduo, domicílio, município e local de origem. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas representam: “Migrou” – endereços com coordenadas geográficas diferentes entre períodos de tempo; “Dentro” – coordenadas geográficas diferentes dentro de um mesmo município; e “Entre” – coordenadas geográficas diferentes em municípios distintos. Os efeitos relativos estão em negrito para aqueles significativos ao nível de 1%.

Tabela 11: Decisão de migração de membros de famílias produtoras agropecuárias no CadÚnico e DAP/PRONAF entre 2015 e 2020: efeitos da seca por quantil (10%) da distribuição de chuva e benefício do Bolsa Família.

Precipitação em DPs para a estação de cultivo (Nov a Abr)	Migrou	Dentro	Entre
Geocoordenadas dos endereços mudaram entre:			
<i>t e t+1</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0028 (0,0005)	-0,0031 (0,0004)	0,0002 (0,0002)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-4%	-5%	2%
<i>t e t+1 ou t+2</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0047 (0,0005)	-0,0052 (0,0005)	0,0004 (0,0002)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-3%	-4%	2%
<i>t e t+1, t+2 ou t+3</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0102 (0,0005)	-0,0103 (0,0004)	0,0002 (0,0002)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-5%	-6%	1%

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e precipitação do CHIRPS. Precipitação em desvios-padrão (DP) para a estação de crescimento (novembro a abril) no nível da grade. Estimação por painel OLS com efeitos fixos de indivíduo e ano, e controles ao nível do indivíduo, domicílio, município e local de origem. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas representam: “Migrou” – endereços com coordenadas geográficas diferentes entre períodos de tempo; “Dentro” – coordenadas geográficas diferentes dentro de um mesmo município; e “Entre” – coordenadas geográficas diferentes em municípios distintos. Os efeitos relativos estão em negrito para aqueles significativos ao nível de 1%.

A.5 Titulares dos Benefícios nas Famílias

Agora, a análise foca na decisão individual de migração entre os titulares de benefícios sociais. Esses indivíduos são tipicamente os principais provedores de suas famílias, o que os coloca em uma posição central para tomar decisões de migração. A Tabela 12 apresenta os resultados para membros de famílias de produtores agropecuários expostos aos 1% dos eventos de seca mais severos, enquanto a Tabela 13 apresenta os resultados para as decisões de migração de indivíduos expostos aos 10% dos eventos de seca mais severos. Os resultados são semelhantes aos que incluem todos os membros da família, mas apresentam maior magnitude para decisões de migração entre municípios e menor magnitude para migrações dentro dos municípios.

Esses resultados podem ser compreendidos à luz do nosso modelo de migração, no qual os titulares de benefícios tendem a migrar para distâncias mais longas em busca de melhores oportunidades econômicas, enquanto outros membros da família podem preferir migrações de curta distância.

Tabela 12: Decisão de migração dos titulares de famílias produtoras agropecuárias no CadÚnico e DAP/PRONAF entre 2015 e 2020: efeitos da seca por quantil (1%) da distribuição de chuva e benefício do Bolsa Família.

Precipitação em DPs para a estação de cultivo (Nov a Abr)	Migrou	Dentro	Entre
Geocoordenadas dos endereços mudaram entre:			
<i>t e t+1</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0056 (0,0013)	0,0039 (0,0012)	0,0018 (0,0006)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	9%	7%	18%
<i>t e t+1 ou t+2</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0069 (0,0014)	0,0037 (0,0013)	0,0033 (0,0006)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	6%	3%	16%
<i>t e t+1, t+2 ou t+3</i>			
Bolsa Família * Seca Extrema (1%)	0,0025 (0,0012)	-0,0002 (0,0011)	0,0029 (0,0005)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	1%	0%	10%

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e precipitação do CHIRPS. Precipitação em desvios-padrão (DP) para a estação de crescimento (novembro a abril) no nível da grade. Estimação por painel OLS com efeitos fixos de indivíduo e ano, e controles ao nível do indivíduo, domicílio, município e local de origem. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas representam: “Migrou” – endereços com coordenadas geográficas diferentes entre períodos de tempo; “Dentro” – coordenadas geográficas diferentes dentro de um mesmo município; e “Entre” – coordenadas geográficas diferentes em municípios distintos. Os efeitos relativos estão em negrito para aqueles significativos ao nível de 1%.

Tabela 13: Decisão de migração de membros de famílias produtoras agropecuárias no CadÚnico e DAP/PRONAF entre 2015 e 2020: efeitos da seca por quantil (10%) da distribuição de chuva e benefício do Bolsa Família.

Precipitação em DPs para a estação de cultivo (Nov a Abr)	Migrou	Dentro	Entre
Geocoordenadas dos endereços mudaram entre:			
<i>t e t+1</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0017 (0,0006)	-0,0021 (0,0005)	0,0002 (0,0002)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-3%	-4%	2%
<i>t e t+1 ou t+2</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0053 (0,0006)	-0,0057 (0,0006)	0,0002 (0,0003)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-4%	-5%	1%
<i>t e t+1, t+2 ou t+3</i>			
Bolsa Família * Seca Severa (10%-1%)	-0,0110 (0,0006)	-0,0111 (0,0006)	0,0002 (0,0002)
Efeito Relativo (Δ % Média da Variável Dep. dado β)	-6%	-7%	1%

Fonte: Autores, com dados do CadÚnico, DAP/PRONAF e precipitação do CHIRPS. Precipitação em desvios-padrão (DP) para a estação de crescimento (novembro a abril) no nível da grade. Estimação por painel OLS com efeitos fixos de indivíduo e ano, e controles ao nível do indivíduo, domicílio, município e local de origem. Migração de indivíduos em famílias de produtores agropecuários vulnerabilizados entre 2015 e 2020. As colunas representam: “Migrou” – endereços com coordenadas geográficas diferentes entre períodos de tempo; “Dentro” – coordenadas geográficas diferentes dentro de um mesmo município; e “Entre” – coordenadas geográficas diferentes em municípios distintos. Os efeitos relativos estão em negrito para aqueles significativos ao nível de 1%.