

Efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola na Amazônia Legal: uma análise para a agricultura familiar¹

Jefferson Douglas da Silva Pereira²
Lucas Leão[†]
Jamaika Prado[†]
Caio Henrique Mota Silva Batista[†]

RESUMO

O objetivo deste estudo é mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar nos municípios da Amazônia Legal brasileira nos anos de 2006 e de 2017. Além disso, foi estimado o efeito do desmatamento sobre a produtividade total dos fatores. Para realizar esta análise, foi suposta uma função de produção do tipo Cobb-Douglas em uma versão ampliada. Os principais resultados indicam que o aumento de 1% na proporção de área desmatada acumulada em relação a área total dos municípios da Amazônia Legal aumentaria em 2,88% e em 2,29% a produtividade agrícola por hectare nos anos de 2006 e de 2017, respectivamente. Em relação à PTF, esse aumento resultaria em perdas de 1,65%, em 2006, e ganhos de 0,79%, em 2017. De modo geral, os resultados sugerem que o desmatamento geraria ganhos de produtividade para a agricultura familiar da Amazônia Legal, no curto prazo.

Palavras-chaves: Amazônia Legal; Desmatamento; Agricultura familiar; Função de produção agrícola; PTF agrícola.

Códigos JEL: Q12; Q15; Q18.

ABSTRACT

The objective of this study is to measure the effects of deforestation on the agricultural productivity of family farming establishments in the municipalities of the Brazilian Legal Amazon in the years 2006 and 2017. In addition, the effect of deforestation on total factor productivity was estimated. To perform this analysis, an extended Cobb-Douglas production function was assumed. The main results indicate that a 1% increase in the proportion of accumulated deforested area in relation to the total area of the municipalities of the Legal Amazon would increase agricultural yields per hectare by 2.88% and 2.29% in 2006 and 2017, respectively. In relation to TFP, this increase would result in losses of 1.65% in 2006 and gains of 0.79% in 2017. Overall, the results suggest that deforestation would generate productivity gains for family farming in the Legal Amazon in the short term.

Keywords: Legal Amazon; Deforestation; Family farming; Agricultural production function; Agricultural TFP.

1 INTRODUÇÃO

¹ Os autores agradecem à Capes, ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento.

² Doutorando (a) – PPGE/UFJF

O combate às mudanças climáticas e, sobretudo, ao aquecimento global é tema central na política ambiental internacional. No Brasil, o combate ao desmatamento ilegal da Floresta Amazônica é tido como prioritário nesta luta, em especial, por ter aumentado consideravelmente nos últimos anos. Em 2022, o total acumulado de área desmatada representava 16,6% (838.996,5 km² de 5.068.433 km²) da área total Amazônia Legal³ ante 11,6% em 2001 (587.430,8 km² de 5.068.433 km²), segundo os dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES, 2023). De 2001 a 2022, houve um crescimento de 42,8% desse total acumulado (PRODES, 2023).

O desmatamento na Amazônia Legal é consequência do processo de ocupação do território brasileiro e se intensificou com a construção de estradas ligando o Centro-Sul ao Norte do país, em 1960, e com a implementação de políticas governamentais de integração territorial, entre 1970 e 1980 (ALENCAR et al., 2004; DINIZ et al., 2009). Segundo Margulis (2003), os subsídios fiscais e financeiros predominantes na década de 1970 foram propulsores do processo de desmatamento na Amazônia Legal. A partir da década de 1980, o desflorestamento ganha um caráter espontâneo movido pela lógica da valorização econômica e pela maximização dos resultados privados da exploração dos recursos naturais do território ocupado (DINIZ et al., 2009).

A perda da cobertura vegetal na Amazônia Legal está ligada, principalmente, à expansão da fronteira agropecuária (ALENCAR et al., 2004; ANDERSEN; REIS, 2015; BISPO; PIMENTEL, 2017; DINIZ et al., 2009; MARGULIS, 2003; REIS; MARGULIS, 1991; RIVERO et al., 2009). A sistemática consiste em eliminar a floresta primária e, em seguida, no solo descoberto, implantar sistemas agrícolas ou pecuários (SANTOS, 2008). Apesar de destacar que os grandes e médios fazendeiros respondem por grande parte do desmatamento na Amazônia Legal, Fearnside (2006) aponta que os pequenos agricultores também podem atuar como atores importantes no processo de desflorestamento nos lugares onde estão concentrados.

Hurtienne (2005) e Brondizio et al. (2009) destacam que a participação dos pequenos produtores no desmatamento total da Amazônia Legal é pequena quando comparada com a dos grandes proprietários de terra, contudo, a intensidade com que o desmatamento ocorre dentro da pequena propriedade é maior. Em outras palavras, a proporção de área desmatada em relação ao total da área da propriedade é maior para os pequenos produtores. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, 26% da área da Amazônia Legal (1.310.676,72 km² de 5.068.433 km²) era ocupada por estabelecimentos agropecuários, desse percentual, 21% (283.260 km²) era área de estabelecimentos da agricultura familiar⁴ (IBGE, 2017). Ainda de acordo com os dados do censo, 81% dos estabelecimentos agropecuários (700.610 de 865.852) da região eram classificados como agricultura familiar.

A agricultura familiar é um dos principais usos da terra na Amazônia Legal, sendo praticada por milhares de agricultores em pequena escala, através do sistema de corte e queima da floresta primária ou secundária para fins agrícola (ALENCAR et al., 2004; FREITAS et al., 2013; MARGULIS, 2003). O princípio básico desse sistema é utilizar a biomassa queimada e incorporada no solo como fonte de nutrientes para as atividades agropecuárias (SANTOS, 2008). A maioria dos pequenos agricultores na região utilizam o corte e queima devido, entre outros fatores, à falta de recursos financeiros para recuperar a fertilidade do solo (CASTRO, 2023).

³ A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM delimitada em consonância ao Art. 2o da Lei Complementar n. 124, de 03.01.2007. A Amazônia Legal é composta por 772 municípios, pertencentes aos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, na região Norte, do Mato Grosso, na Região Centro-Oeste, e do Maranhão, na região Nordeste, situados ao oeste do meridiano 44° (IBGE, 2023a).

⁴ A Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, define uma série de critérios para que um agricultor seja considerado como da agricultura familiar, entre eles, não deter área maior que 4 módulos fiscais, cujo tamanho varia entre municípios.

O desmatamento praticado nos estabelecimentos de agricultura familiar ocorre em resposta à baixa produtividade das lavouras, que gera renda insuficiente e incentiva mais desmatamento para aumento de escala ou de produção (STABILE et al., 2020). Essa baixa produtividade está relacionada à falta de infraestrutura básica e de apoio institucional, além de acesso deficiente à assistência técnica, à tecnologia agrícola e aos mercados (ALENCAR et al., 2016).

A conversão de florestas em áreas agricultáveis por meio do processo de corte e queima contribui positivamente para a produtividade agrícola no curto prazo (EHUI; HERTEL, 1992; MULLAN et al., 2018). No longo prazo, contudo, os efeitos dessa conversão são dúbios. Por um lado, essa produtividade declina devido à remoção de matéria orgânica da área desmatada, à sua erosão e ao movimento da atividade agrícola para terras marginais (EHUI; HERTEL, 1992; REGO; KATO, 2018). Por outro lado, o aumento da renda no curto prazo pode aumentar os investimentos em ativos físicos, ampliando a capacidade de geração de renda e de acumulação futura de ativos (MULLAN et al., 2018).

Os estudos empíricos têm divergido sobre os efeitos que o desmatamento tem na produtividade agrícola. Empregando um modelo de correção de erros (MCE) durante o período de 1962 a 2010, Ehuitché (2015) encontrou um efeito negativo para Costa do Marfim: um aumento de 1% na área desmatada reduz a produtividade agrícola em 5,37% no longo prazo; no curto prazo, o resultado também foi negativo, contudo não significativo. Os resultados encontrados por Sulumba e Bila (2016) para Nigéria, no período de 1975 a 2010, usando um MCE, corroboram com esse resultado. Os autores encontraram que 1% de aumento no desflorestamento resulta em uma queda de 1,7% na produtividade agrícola no longo prazo e de 0,7% no curto prazo. Por outro lado, Chopra et al. (2022), usando técnicas econométricas de painel⁵, encontraram um efeito positivo na ordem de 1,54%, no longo prazo, para perda de cobertura florestal sobre a produtividade agrícola dos países que fazem parte da Associação das Nações do Sudeste Asiático.

Para o Brasil, há poucos estudos que analisam os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola. Carvalho et al (2016), apesar de não investigarem esses efeitos diretamente, encontram evidências de que a perda de cobertura florestal na Amazônia Legal tem efeito positivo sobre o Produto Interno Bruto (PIB). Por meio de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) interregional, os autores identificaram uma contribuição positiva da área desmatada na Amazônia Legal, entre 2006 e 2011, para o PIB do Brasil e da região na ordem de 0,14% e de 0,32%, respectivamente. Além disso, Carvalho et al. (2016) estimaram o efeito de uma política de controle do desmatamento entre 2012 e 2020, que resultaria em perdas de PIB de 0,06% para o país e 0,07% para a Amazônia Legal, reforçando o efeito positivo do desmatamento sobre a produção agregada.

Ferreira Filho et al. (2015), por sua vez, trazem resultados não só para o PIB agregado, como também para o PIB do setor agropecuário. Os autores utilizaram um modelo dinâmico de EGC multirregional para o Brasil e identificaram que uma política de desmatamento zero a partir de 2015 reduziria o PIB nacional em 0,09% e em 0,75% o da agricultura, entre 2005 e 2025. Na direção contrária a esses resultados, França (2021) encontrou que uma política de desmatamento zero, no período de 2019 a 2030, resulta em uma elevação acumulada de 1,13% na renda do setor agropecuário brasileiro.

Com enfoque na região amazônica, Oliveira et al. (2013), por meio de modelos simplificados de clima e de uso da terra, simularam os efeitos do desmatamento sobre a produtividade da soja e das pastagens na Amazônia Legal para o período de 2041 a 2060. Os autores projetaram uma perda de produtividade de 30% para as pastagens e de 24% para a soja em um cenário em que a área desmatada alcance 47% em 2050. Esses resultados negativos são

⁵ Para mais detalhes da metodologia utilizada, consultar Chopra et al. (2022).

corroborados por Leite-Filho et al. (2021) que, usando uma abordagem multiescalar, projetaram perdas anuais de US\$ 1 bilhão para a agropecuária da parte sudeste da Amazônia brasileira no período de 2015 a 2050, considerando um cenário em que a perda florestal nessa região chega a 56% em 2050.

De modo mais específico, com vistas a identificar os impactos do desflorestamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos familiares da Amazônia Legal, Mullan et al. (2018) acompanharam 106 famílias do município de Ouro Preto do Oeste, no estado de Rondônia, entre os anos de 1996 e 2009. A partir de uma versão dinâmica do modelo de produção das famílias, os autores estimaram em 1,1% o efeito positivo do desmatamento sobre a produtividade agrícola dessas famílias.

O desmatamento ocorre como resposta à baixa produtividade agrícola e representa um aumento na disponibilidade de terras agricultáveis. Nesse sentido, a perda de cobertura florestal indica a ampliação do fator terra na função de produção. Os efeitos dessa ampliação sobre a Produtividade Total dos Fatores (PTF) agrícolas ainda são poucos explorados. Gomes (2007) encontra efeitos positivos do desmatamento sobre a PTF do setor agropecuário na Amazônia Legal. Nas estimativas obtidas no modelo de efeitos fixos, via métodos dos momentos generalizados, o autor encontrou que o aumento de 1% na taxa de desflorestamento da Amazônia Legal eleva a PTF em 0,032%. Segundo Gomes (2007), isso ocorre porque várias cadeias produtivas passam a ser contempladas com o desmatamento.

A literatura mostra que os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola podem ser positivos ou negativos, a depender do escopo espacial analisado. No Brasil, independentemente do sinal desses efeitos, um fato concreto é a perda de cobertura vegetal para dar lugar, sobretudo, a atividades do setor agropecuário. Só em 2022, na Amazônia Legal foram desflorestados 11.568 km², o que equivale a duas vezes a área do Distrito Federal (IBGE, 2023b; PRODES, 2023). Esse número pode aumentar, tendo em conta que as tendências populacionais e o consequente aumento do consumo de alimentos requerem o aumento da produção agrícola (STEVANOVIC *et al.*, 2016).

O desflorestamento que é praticado pelos pequenos produtores na Amazônia Legal parece estar relacionado, principalmente, a uma busca por ganho de produtividade no setor agrícola decorrente da dificuldade de mecanismos que favoreçam ganhos de produtividade. Nesse sentido, se o desmatamento afeta positivamente essa produtividade, a perda de cobertura florestal pode ser intensificada na Amazônia Legal por duas vias. Uma é como forma de recuperar a produtividade da agricultura que tende a diminuir com o passar do tempo em decorrência da perda de fertilidade do solo. Outra, como maneira de elevar a renda oriunda dessas atividades. Destarte, este estudo apresenta a seguinte problemática: qual o efeito do desmatamento na Amazônia Legal sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários classificados como sendo da agricultura familiar?

Com base nesse questionamento, adotam-se duas hipóteses sobre os impactos do desmatamento sobre a produtividade agrícola na Amazônia Legal. Na primeira delas, assume-se que o desflorestamento afeta positivamente a produtividade da agricultura. Isto porque, ao aumentar a disponibilidade de terra agricultável, a produção agrícola pode ser expandida e aumentar sua produção e, conseqüentemente, seus retornos. A segunda hipótese assume que os efeitos do desmatamento na produtividade total dos fatores agrícola é também positivo, já que aumentar a disponibilidade do fator terra pode melhorar a combinação de fatores de produção e elevar a produção mais que proporcionalmente.

Assim, este estudo tem por objetivo mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar da Amazônia Legal brasileira nos anos de 2006 e de 2017. Ademais, busca-se investigar os efeitos da perda de cobertura florestal sobre a PTF desses estabelecimentos. Isto, pois, diante das diversificações nas carteiras de insumos agrícolas dos últimos anos, torna-se relevante considerar na análise,

além da produtividade agrícola pura (pautada no fator terra, apenas), um conceito mais abrangente que abarque todos os insumos, inclusive o progresso tecnológico e a eficiência técnica empregados na produção agrícola, também conhecido como PTF (CHEN; GONG, 2021; RUTTAN, 2002).

Esse entendimento é fundamental para o planejamento e aprimoramento de políticas públicas ambientais, industriais e agrícolas que visem conter o avanço do desmatamento na Amazônia Legal e manter ou elevar a produtividade agrícola dos agricultores familiares dessa localidade. Para realizar a análise de produtividade, faz-se uso de uma função de produção do tipo *Cobb-Douglas* considerando retornos constantes de escala, porém em uma versão ampliada que cobre mais aspectos da produção agrícola (CHOPRA et al., 2022).

Dois motivos principais justificam a investigação de como o desmatamento afeta a produtividade agrícola da agricultura familiar na Amazônia Legal. O primeiro diz respeito ao papel que a produção advinda dos agricultores familiares tem na segurança alimentar do país, já que ela representa grande parte dos alimentos consumidos pelos brasileiros. O segundo refere-se ao fato de a área ser uma das mais afetadas pelo desmatamento no Brasil, o que pode alterar o balanço ambiental do país e do mundo. Assim, a análise retoma duas questões relevantes para a discussão de planejamento e sustentabilidade ambiental nacional: a preservação do meio ambiente e a segurança alimentar.

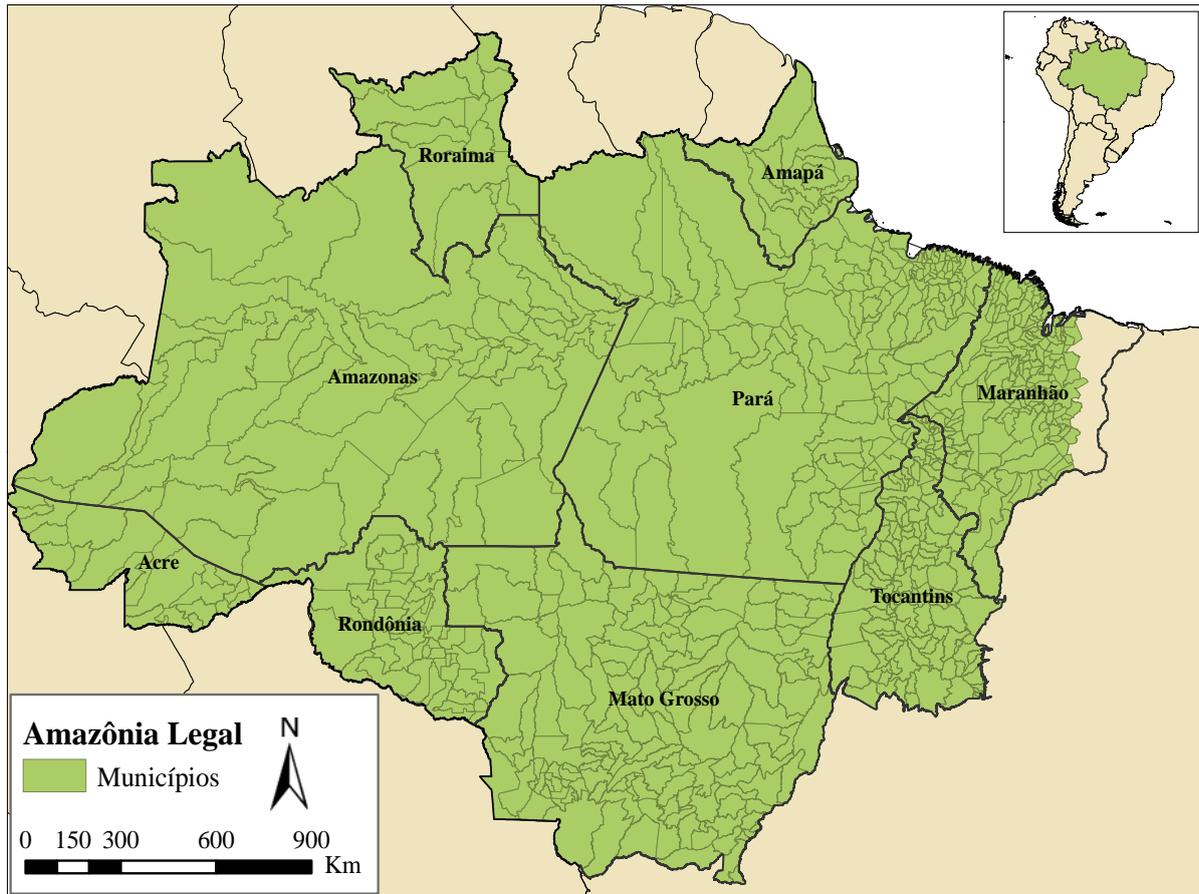
Este estudo pode contribuir para o debate sobre problemas ambientais e produtividade agropecuária na Amazônia Legal. Até onde se sabe, a investigação é pioneira ao considerar em seu escopo de análise apenas os estabelecimentos classificados como agricultura familiar, em especial, quando se leva em conta a participação dessa modalidade na produção de produtos agrícolas e no desmatamento. Em relação aos controles climáticos utilizados nas estimativas, os dados apresentam maior precisão, por serem extraídos de imagens de satélite e georreferenciados para cada município. Assim, dispensam a necessidade de imputação de dados, que é o que ocorre quando se usa informações das estações meteorológicas. Em termos de estratégias de desenvolvimento sustentável, os resultados podem auxiliar no planejamento de políticas públicas que visem conter o desmatamento e ampliar a produtividade da agricultura familiar.

Além desta introdução, o estudo se divide em cinco seções. A segunda apresenta uma caracterização socioeconômica e ambiental da Amazônia Legal brasileira. A terceira traz as informações relacionadas à metodologia e à base de dados utilizadas. Na quarta, são apresentados os resultados e, por fim, a quinta seção tece algumas considerações finais.

2 CARACTERIZAÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL

A Amazônia Legal define a extensão geográfica de jurisdições que estão sob a atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), delimitada a partir dos preceitos redigidos na Lei Complementar nº124 de 2007 (IBGE, 2023^a). Sua área territorial é de 5,01 milhões de km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro e abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins e parte do Maranhão (municípios situados a oeste do Meridiano 44°), com um total de 772 municípios (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição geográfica dos municípios da Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores.

Além de abrigar todo o bioma amazônico, a área contém 20% do bioma cerrado e parte do pantanal mato-grossense (CAMPOS; FARIA; LÍRIO, 2022). Em termos demográficos, a Amazônia Legal possui, de acordo com o Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2023b), cerca de 26,64 milhões de habitantes, equivalendo a 13,12% da população do Brasil. De acordo com os dados de 2015, a composição da população na região era de 72% na área urbana e 28% na área rural. Economicamente, a região representou, no ano de 2020, aproximadamente 9,9% do PIB brasileiro e 10,2% do Valor Adicionado Bruto (VAB) (IBGE, 2022). Na composição do VAB, o setor agropecuário responde por 14,7% do VAB da Amazônia Legal, e por 22,7% do VAB do setor no Brasil. Esses números (Tabela 1) mostram a importância do setor agropecuário da Amazônia Legal para o Brasil.

No que se refere aos indicadores de desenvolvimento socioeconômico da Amazônia Legal, nota-se, na Tabela 2, que a região apresenta níveis menores que os do Brasil. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) médio para a região é de 0,70. No comparativo por áreas sociais, tem-se, em ordem decrescente, os valores médios de 0,75, 0,70 e 0,66 para o IDHM Longevidade, o IDHM Educação e o IDHM Renda, respectivamente. De acordo com a classificação do Atlas do Desenvolvimento Humano, o IDHM é considerado alto quando varia de 0,70 a 0,79 e é considerado médio quando gravita entre 0,60 e 0,69 (PNUD, 2013). Portanto, o IDHM Renda para a Amazônia Legal é médio e os IDHM Longevidade e Educação são considerados altos.

Tabela 1 – Dados geográficos, econômicos e demográficos da Amazônia Legal

| Variável | Amazônia Legal | % do Brasil |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|
| Área (em km ²) | 5,0 milhões | 59,1% |
| Nº de municípios | 772 | 13,9% |
| População total (hab) – 2022 | 26,6 milhões | 13,1% |
| População urbana (hab) – 2015 | 19,9 milhões (72,0%) | - |
| População rural (hab) – 2015 | 7,8 milhões (28,0%) | - |
| PIB da Amazônia Legal – 2020 | 752,93 bilhões | 9,9% |
| Valor Adicionado Bruto (VAB) | 670,5 bilhões | 10,2% |
| VAB Serviços | 241,9 bilhões (36,1%) | 6,9% |
| VAB Adm., Saúde e Educ. Pública | 147,8 bilhões (22,0%) | 12,9% |
| VAB Indústria | 182,0 bilhões (27,1%) | 12,3% |
| VAB Agropecuária | 98,8 bilhões (14,7%) | 22,7% |

Fonte: (IBGE, 2022; SUDAM, 2020).

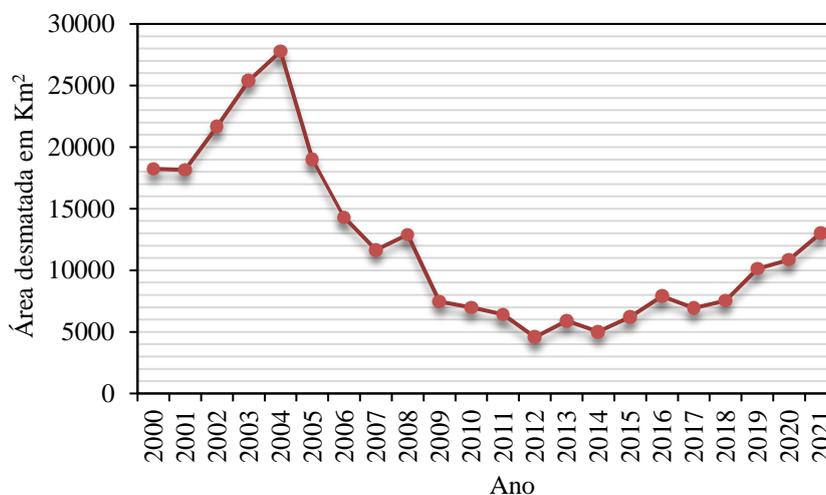
Tabela 2 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

| Variável | Amazônia* | Brasil |
|------------------|-----------|--------|
| IDHM 2021 | 0,70* | 0,77 |
| IDHM Renda | 0,66* | 0,72 |
| IDHM Longevidade | 0,75* | 0,82 |
| IDHM Educação | 0,70* | 0,76 |

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano (2021).

*O IDHM da Amazônia é a média dos IDHM dos estados da região.

Até 2020, cerca de 63% da Amazônia Legal era coberta por florestas, 19% por vegetação nativa não florestal, 2% pela rede hidrográfica e 16% por áreas desmatadas em relação à sua área total (SANTOS; SALOMÃO; VERÍSSIMO, 2021). Nas últimas duas décadas de medição e monitoramento do desmatamento, destacam-se os anos de 2004 e de 2012 como os respectivos maior (27.772 km²) e menor (4.571 km²) valor para a área desmatada, como pode ser visto no Gráfico 1. A partir de 2012, a área desmatada tem crescido constantemente, em 2021, o desmatamento atingiu 13.038 km², sendo o maior valor registrado desde 2006.

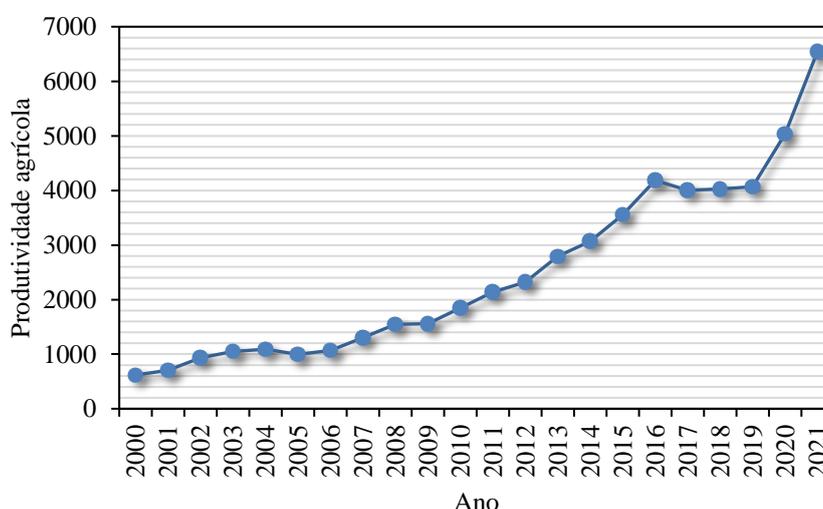
Gráfico 1 – Evolução da área desmatada (km²) na Amazônia Legal de 2000 a 2021

Fonte: PRODES (2023).

Entre os estados brasileiros com maior proporção de área desmatada em relação ao país, no ano de 2020, destacam-se Pará (26,44%), Mato Grosso (12,86%) e Maranhão (12,08%), todos pertencentes, por completo ou em partes, à Amazônia Legal. Dentre os dez municípios do Brasil que mais desmataram em 2020, seis estão no Pará, três no Amazonas e um em Rondônia (AZEVEDO *et al.*, 2021).

Os impactos do desmatamento incluem a perda da biodiversidade, além da redução da precipitação e a contribuição para o aquecimento global (CAMPOS; FARIA; LÍRIO, 2022). Por outro lado, alguns autores defendem que, no curto prazo, a conversão de florestas em áreas agricultáveis pode contribuir positivamente para a produtividade agrícola (e.g. Ehui e Hertel, 1992; Mullan *et al.*, 2018). O Gráfico 2 mostra que houve aumento da produtividade agrícola da Amazônia Legal, atingindo seu pico em 2021, ano em que o desmatamento também foi o mais acentuado desde 2006, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 2 – Evolução da produtividade agrícola na Amazônia Legal de 2000 a 2021



Fonte: IBGE (2022).

Nota: A variável produtividade é o valor total da produção agrícola (em mil reais) por hectare.

3 METODOLOGIA

Esta seção está dividida em duas subseções. A primeira descreve os dados e as variáveis utilizadas nesta pesquisa. A segunda apresenta a estratégia empírica adotada neste estudo.

3.1 Base de dados e variáveis

Os dados empregados são do tipo *cross-section* e apresentam informações para 748 municípios em 2006 e 740 municípios em 2017 da Amazônia Legal brasileira. As informações relacionadas à produtividade agrícola, à mão de obra, ao uso de fertilizantes, agrotóxicos e maquinário foram obtidas a partir dos censos agropecuários de 2006 e de 2017, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006, 2017). Os dados censitários, em cada município, dizem respeito aos estabelecimentos agropecuários classificados como pertencentes à agricultura familiar. A variável de desmatamento é a proporção de área desmatada acumulada em relação à área total do município e foi obtida a partir do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES/INPE).

Para identificar como o desmatamento afeta o valor da produção e a produtividade total dos fatores, este estudo baseia-se nos estudos de Chopra *et al.* (2022) e Gomes (2007), respectivamente. A variável dependente, a produtividade agrícola, corresponde ao valor total, em mil reais, da produção das lavouras permanentes e temporárias dos estabelecimentos da agricultura familiar dividido pela área total colhida, em hectares. Os insumos de produção são: maquinário, medido pela quantidade total de máquinas por hectare; trabalho, que é a quantidade total de trabalhadores por hectare; adubo é o percentual de estabelecimentos familiares que utilizam adubos na sua produção; e agrotóxico é o percentual de estabelecimentos familiares que utilizam agrotóxicos na sua produção.

Em relação aos dados climáticos, o ERA5 – *Land* fornece estimativas horárias de dados atmosféricos, de ondas oceânicas e da superfície terrestre por meio do conjunto de dados global produzidos pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) do *Copernicus Emergency Management Service*, disponibilizado gratuitamente pelo *Climate Data Store* (COPERNICUS, 2022). Os dados estão no formato *netcdf4*, em uma resolução horizontal de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, ou seja, isso significa que cada *pixel* representa cerca de 9km x 9km da superfície terrestre. As variáveis não climáticas estão em nível municipal, por isso os dados climáticos foram agregados para o nível do município, utilizando as observações dos centroides municipais para cada variável nos anos de 2006 e de 2017.

A variável temperatura representa a média anual e está em graus *Celsius*. A radiação é a média anual da radiação solar, medida em *joules*. A umidade é a temperatura média anual em graus *Celsius* do ponto de orvalho. A evaporação é a quantidade anual média de evaporação do solo descoberta no topo da superfície da terra. Por último, a precipitação é a média anual do volume acumulado de chuva em milímetros. Quadro 1 a seguir, resume esse conjunto de informações.

Quadro 1 – Descrição das variáveis e fontes de dados

| Variável | Definição | unidade | Fonte |
|----------------------|--|--------------|---------------------------|
| Produtividade | Valor total da produção das lavouras permanentes e temporárias dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar por hectare. | R\$ (mil)/ha | Censo agropecuário / IBGE |
| Maquinários | Quantidade total de maquinário (tratores, semeadeiras/plantadeiras, colheitadeiras, adubadeiras e/ou distribuidoras de calcário) dos estabelecimentos agropecuários por hectare. | Ha | Censo agropecuário / IBGE |
| Trabalho | Quantidade total de trabalhadores dos estabelecimentos agropecuários por hectare. | Ha | Censo agropecuário / IBGE |
| Adubos | Percentual de estabelecimentos que usam adubo. | % | Censo agropecuário / IBGE |
| Agrotóxicos | Percentual de estabelecimentos que usam agrotóxicos. | % | Censo agropecuário / IBGE |
| Desmatamento | Proporção de área desmatada dos municípios | C° | PRODES/INPE |
| Temperatura | Temperatura média anual | C° | ERA5/Copernicus |
| Radiação | Média anual da radiação solar | J | ERA5/Copernicus |
| Umidade | Temperatura média anual no ponto de orvalho | C° | ERA5/Copernicus |
| Evaporação | Quantidade média anual de evaporação do solo descoberta no topo da superfície da terra | mm | ERA5/Copernicus |
| Precipitação | Precipitação média anual | Mm | ERA5/Copernicus |

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Estratégia empírica

Esta subseção descreve os modelos e métodos utilizados para mensurar os efeitos do desmatamento na produtividade agrícola e na Produtividade Total dos Fatores (PTF) da agricultura familiar nos municípios da Amazônia Legal. As estimativas dos modelos são obtidas

por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com erros-padrão robustos, a fim de corrigir possíveis problemas de heterocedasticidade. A estratégia empírica adotada consiste em três etapas.

Na primeira, estima-se uma função de produção agrícola do tipo Cobb-Douglas em uma versão ampliada, como em Chen e Gong (2021) e Chopra *et al.* (2022):

$$Y = F(X, \beta) + PTF = X\beta + PTF \quad (1)$$

em que y é o valor da produção agrícola por hectare; a função $f(X, \beta)$ é utilizada para medir a relação insumo-produto do processo de produção agrícola, onde $X = c(l, p, a, m)$ representa os vetores de insumos agrícolas, l = mão de obra por hectare; p = agrotóxico, medido em percentual de uso de agrotóxico; a = adubo, medido em percentual de uso de adubo, m = máquinas por hectare; o vetor $\beta = c(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4)$ contém os coeficientes de insumos; e PTF contabiliza a produtividade total dos fatores agrícolas. A formulação econométrica adotada é a seguinte:

$$y_i = \alpha + \beta_1 l_i + \beta_2 p_i + \beta_3 a_i + \beta_4 m_i + u_i + v_i \quad (2)$$

em que cada município é representado pelo índice $i = 1, \dots, n$, enquanto as variáveis estão expressas em logaritmo natural e são escritas em letras minúsculas.

Na segunda etapa, a produtividade total dos fatores é derivada a partir da função de produção (2). Neste estudo, a PTF é representada pelo resíduo de Solow, conforme Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Van den Broeck (1977). A forma de derivá-la é a seguinte: $ptf = \exp(\alpha - u_i)$, onde α é o intercepto e u_i representa a ineficiência técnica.

A última etapa consiste em estimar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola familiar (valor da produção total agrícola da agricultura familiar em mil reais por hectare) e sobre a PTF. Espera-se que o aumento do desmatamento tenha efeitos positivos tanto na produtividade agrícola quanto na PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal. Isso ocorre porque o aumento da disponibilidade de terra pode levar a um aumento na produção agrícola e seus rendimentos. Em relação à PTF, a expansão da terra cultivada pode ampliar a produção a partir de uma melhora na combinação dos insumos de produção. Pressupõe-se que outros fatores que afetam a produtividade e a PTF, mas que são capturados pelos erros, não estejam correlacionados, em média, com fatores climáticos e geográficos (CHEIN, 2019). A estimação da última etapa se dá por:

$$ptf_i = \alpha + desm_i + v_i \quad (3)$$

$$produtividade_i = \alpha + desm_i + v_i \quad (3.1)$$

em que, ptf e $produtividade$ representam o logaritmo da PTF e o valor da produção agrícola, respectivamente, no município i ; $desm$ é a proporção de área desmatada acumulada em relação à área total do município i ; v_i é o termo de erro. As especificações da equação (3) e (3.1) é o modelo de base dessa etapa.

Para isolar os impactos do desmatamento nos resultados agrícolas (PTF e produtividade), são incorporados controles climáticos nas equações (3) e (3.1), a fim de evitar a superestimação ou subestimação desses impactos (CHEN; GONG, 2021). As equações podem ser reescritas da seguinte forma:

$$ptf_i = \alpha + desm_i + \gamma_i + v_i \quad (4)$$

$$produtividade_i = \alpha + desm_i + \gamma_i + v_i \quad (4.1)$$

em que, γ_i representa os termos lineares e quadráticos da média diária de radiação, umidade,

vento v, vento h e precipitação.

A principal vantagem dessa abordagem empírica é a capacidade de mensurar a produtividade total dos fatores levando em consideração todos os insumos, o que proporciona uma melhor medida de progresso técnico e eficiência técnica no setor agrícola (GONG, 2020; CHEN; GONG, 2021).

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados do estudo e está dividida em duas subseções. A primeira delas condensa as principais estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nesta pesquisa. A segunda descreve e discute as estimativas encontradas a partir das estimações dos modelos adotados.

4.1 Estatísticas descritivas

A Tabela 2 resume as principais estatísticas descritivas para as variáveis consideradas. Em 2006, em média, os agricultores familiares da Amazônia Legal utilizaram 0,104 máquinas e 0,106 trabalhadores para gerar produtividade agrícola de R\$ 281,00 em um hectare de terra, a preços de 2006. Em 2017, foram utilizadas 0,113 máquinas e 0,287 trabalhadores para produzir R\$ 543,00 por hectare, a preços de 2017. As proporções de estabelecimento da agricultura familiar que utilizaram agrotóxicos e fertilizantes em 2006 foi de 23,4% e de 20,1%, respectivamente. No ano de 2017, tais proporções foram de respectivos 36,2% e 37,4%.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas

| Variável | Ano | | | | | | | |
|--------------------------|----------|---------------|----------|----------|----------|---------------|----------|---------|
| | 2006 | | | | 2017 | | | |
| | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| Produtividade | 0,281 | 0,402 | 0,100 | 4,713 | 0,543 | 1,075 | 0,100 | 19,159 |
| Maquinário | 0,104 | 0,006 | 0,100 | 0,167 | 0,113 | 0,061 | 0,100 | 1,016 |
| Trabalhadores | 0,106 | 0,290 | 0,006 | 5,376 | 0,287 | 2,228 | 0,006 | 58,882 |
| Agrotóxicos | 0,234 | 0,154 | 0,100 | 1,194 | 0,362 | 0,212 | 0,100 | 0,945 |
| Fertilizantes | 0,201 | 0,139 | 0,100 | 1,026 | 0,374 | 0,017 | 0,100 | 1,131 |
| Desmatamento | 0,355 | 0,331 | 0,000 | 1,004 | 0,372 | 0,337 | 0,000 | 1,005 |
| Temperatura | 25,942 | 0,776 | 22,328 | 27,471 | 26,511 | 0,839 | 23,022 | 28,309 |
| Evaporação | -119,385 | 56,334 | -459,733 | -29,997 | -118,661 | 58,338 | -479,519 | -28,542 |
| Precipitação | 680,536 | 239,596 | 312,257 | 2368,763 | 642,949 | 233,077 | 289,237 | 2196,4 |
| Radiação | 1694696 | 671969 | 256059 | 2701155 | 1742543 | 680451 | 243401 | 2760545 |
| Total Observações | | | 748 | | | | 740 | |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se fazer uma comparação dos valores médios da produtividade e de cada insumo utilizado na produção agrícola para os anos de 2006 e 2017. Entre 2006 e 2017, por hectare, o número de trabalhadores aumentou em 2,7 vezes, o total de maquinário utilizado em 1,1 vez, e o percentual de estabelecimentos que fazem uso de

agrotóxicos e de fertilizantes cresceu, respectivamente, 1,5 e 1,9 vez. Em termos nominais, a produtividade se elevou em 1,9 vez no período. Em resumo, de 2006 a 2017 houve um aumento no uso de insumos de produção (maquinário, trabalhadores, agrotóxicos e fertilizantes).

Em relação à variável de interesse deste estudo, o desmatamento, mensurado como proporção de área desmatada acumulada em relação à área total do município, a Tabela 2 mostra que em 2006 essa proporção foi de 35,5%, enquanto em 2017 foi de 37,2%. Houve um aumento de 4,8% da proporção desmatada entre esses dois anos. Os valores de mínimo e máximo dessa variável para ambos os anos mostram que o desmatamento é mais intenso em alguns municípios do que em outros.

Por fim, a Tabela 2 também apresenta as estatísticas descritivas para as variáveis climáticas utilizadas neste estudo. A média de temperatura dos municípios da Amazônia Legal entre 2006 e 2017 elevou-se em 0,6 °C (saiu de 25,9 °C para 26,5 °C). A média de evaporação foi de -119,4 mm, em 2006, e -118,7 mm em 2017. De 2006 para 2017, houve uma queda de 5,5% na média anual de precipitação nos municípios da Amazônia Legal, passando de 680,5 mm para 642,9 mm. Por fim, a média da intensidade de radiação solar nesses municípios foi de 1694696 J, em 2006, para 1742543 J, em 2017.

4.2 Estimativas da PTF agrícola familiar para os municípios da Amazônia Legal

Nesta subseção são apresentadas as estimativas da função de produção agrícola e da produtividade total dos fatores (PTF) para os estabelecimentos da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal para os anos de 2006 e 2017. A primeira etapa da estratégia empírica deste estudo consiste em estimar a função de produção agrícola, cujos resultados estão dispostos na Tabela 3. Tanto em 2006 quanto em 2017, os coeficientes estimados foram estatisticamente significantes a um nível de 1%, exceto o insumo agrotóxico, em 2006. Em ambos os anos, os insumos de produção apresentaram efeitos positivos sobre a produtividade agrícola, com exceção de agrotóxicos. O segundo passo da estratégia empírica consiste na estimação da PTF agrícola a partir dos resíduos obtidos da função de produção estimada.

Tabela 3 – Resultados das estimativas da função produção para 2006 e 2017

| Variável | Ano | |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| | 2006 | 2017 |
| | I | II |
| lnMaquinário | 2,311*** (0,639) | 0,739*** (0,248) |
| lnTrabalhadores | 0,401*** (0,0253) | 0,649*** (0,0210) |
| lnAgrotóxicos | -0,0608 (0,0426) | -0,156*** (0,0271) |
| lnFertilizantes | 0,194*** (0,0457) | 0,664*** (0,0551) |
| Constante | 5,020*** (1,413) | 2,563*** (0,565) |
| Observações | 748 | 740 |
| R-quadrado | 0,367 | 0,6962 |
| Teste F | 89,09 | 436,69 |
| Prob > F | 0,0000 | 0,0000 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

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

4.3 Efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola e sobre a PTF da agricultura familiar na Amazônia Legal

A Tabela 4 mostra os efeitos do desmatamento acumulado sobre a produtividade agrícola por hectare da agricultura familiar na Amazônia Legal. Na especificação sem controles, verifica-se que o aumento de 1% na área desmatada acumulada aumentaria a produtividade agrícola em 3,65% (coluna I) e em 3,04% (coluna II) nos anos de 2006 e 2017, respectivamente. Ao adicionar controles climáticos, que podem afetar a produtividade da agricultura, o acréscimo de 1% no desflorestamento acumulado também teria efeitos positivos sobre a produção. Contudo, em um percentual menor: 2,88% (coluna III), em 2006, e 2,29% (coluna IV), em 2017.

Os resultados dispostos na Tabela 4 confirmam a hipótese de que o desflorestamento afeta positivamente a produtividade agrícola. Assim, este estudo corrobora com Ehui e Hertel (1992) ao mostrar evidências de que a conversão de florestas em áreas agricultáveis eleva os retornos da agricultura familiar. Isso pode estar relacionado a um ganho de fertilidade do solo em decorrência do incremento de biomassa na terra como fonte de nutrientes (SANTOS, 2008).

Tabela 4 – Efeitos do desmatamento na produtividade da agricultura familiar na Amazônia Legal

| Variável | Ano | | | |
|----------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 2006 I | 2017 II | 2006 III | 2017 IV |
| lnDesmatamento | 0,0364*** (0,00983) | 0,0304** (0,0131) | 0,0288*** (0,00919) | 0,0229** (0,0116) |
| Temperatura | | | -2,256* (1,298) | 0,443 (1,505) |
| Temperatura2 | | | 0,0437* (0,0254) | -0,0140 (0,0285) |
| Precipitação | | | -0,000358 (0,000341) | 0,00177*** (0,000500) |
| Precipitação2 | | | 0,0205 (0,0237) | -0,109*** (0,0395) |
| Evaporação | | | -0,00434** (0,00218) | -0,0138*** (0,00282) |
| Evaporação2 | | | -3,29e-07 (5,00e-06) | -1,81e-05*** (6,56e-06) |
| Radiação | | | -1,82e-06*** (2,42e-07) | -2,26e-06*** (3,10e-07) |
| Radiação2 | | | 0*** (0) | 0*** (0) |
| Constante | -1,718*** (0,0326) | -1,267*** (0,0453) | 28,32* (16,61) | -3,531 (19,85) |
| Observações | 748 | 740 | 748 | 740 |
| R-quadrado | 0,0142 | 0,0059 | 0,1882 | 0,2320 |
| Teste F | 13,74 | 5,37 | - | - |
| Prob > F | 0,0002 | 0,0208 | - | - |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Ainda que utilizando metodologias distintas, as estimativas dos modelos principais deste estudo (colunas III e IV da Tabela 4) vão no mesmo sentido daquelas encontradas por Mullan et al. (2018) para famílias da Amazônia Legal. Contudo, tanto em 2006 quanto em 2017, a magnitude dessas estimativas é superior ao 1,1% encontrado por esses autores. Ainda que utilizando metodologias distintas os resultados desta pesquisa encontram respaldo nos estudos de Chopra et al. (2022), para Associação das Nações do Sudeste Asiático, e de Ferreira Filho et al. (2015), para o Brasil. Em contrapartida, Sulumba e Bila (2016) encontram, para a Nigéria, perda de produção de 0,7% na agricultura quando se eleva a perda de cobertura florestal em 1%. Do mesmo modo, França (2021) encontrou que uma política de desmatamento zero resulta em ganho de 1,13% no setor agropecuário.

A Tabela 5 apresenta as estimativas dos efeitos do desmatamento sobre a PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal. Observa-se, nas colunas I e II, que o aumento de 1% no desflorestamento acumulado resultaria em perda de 1,23% na PTF agrícola, em 2006, e ganhos de 0,92%, em 2017, sem levar em conta os controles climáticos. Ao considerá-los, essas estimativas são de -1,65% e de 0,79% em 2006 e em 2017, respectivamente.

Tabela 5 – Efeitos do desmatamento na PTF da Agricultura Familiar na Amazônia Legal

| Variável | Ano | | | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 2006 I | 2017 II | 2006 III | 2017 IV |
| InDesmatamento | -0,0123* (0,00664) | 0,0092** (0,00414) | -0,0165** (0,00697) | 0,0079** (0,00387) |
| Temperatura | | | 0,4140 (0,865) | 0,4380 (0,352) |
| Temperatura2 | | | -0,0080 (0,0169) | -0,0083 (0,00654) |
| Precipitação | | | -0,0007*** (0,000202) | 0,0001 (9,42e-05) |
| Precipitação2 | | | 0,0510*** (0,0145) | -0,0129* (0,00774) |
| Evaporação | | | 0,0008 (0,00134) | -0,0009** (0,000417) |
| Evaporação2 | | | 3,54e-06 (3,16e-06) | -1,76e-06* (9,08e-07) |
| Radiação | | | -1,05e-07 (1,79e-07) | -2,00e-07** (7,78e-08) |
| Radiação2 | | | 0 (0) | 0* (0) |
| Constante | 0,264*** (0,0173) | 1,247*** (0,0152) | -4,572 (11,04) | -4,433 (4,725) |
| Observações | 748 | 740 | 748 | 740 |
| R-quadrado | 0,003 | 0,013 | 0,0267 | 0,0668 |
| Teste F | 3,45 | 4,89 | . | . |
| Prob > F | 0,0638 | 0,0273 | . | . |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Entre parênteses está o erro padrão robusto.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Os efeitos da relação desflorestamento sobre a PTF agrícola são poucos explorados na literatura. Em se tratando, da PTF da agricultura familiar dos municípios da Amazônia Legal

não há evidências empíricas até o momento de escrita deste estudo. Contudo, Gomes (2007) analisou essa relação considerando a PTF do setor agropecuário da Amazônia Legal, e encontrou efeitos positivos da taxa de desmatamento sobre a PTF na ordem de 0,032% para cada um 1% de aumento nessa taxa. Esse resultado positivo corrobora com a estimativa para 2017 deste estudo.

As estimativas da PTF encontradas para 2017 confirmam a hipótese de que o efeito do desmatamento sobre a produtividade total dos fatores seria positivo. Contudo, o que se encontrou para 2006 refuta essa hipótese. Presume-se que, em 2006, ampliar a disponibilidade de terra não resultaria em uma melhor combinação dos fatores de produção no processo produtivo da agricultura familiar de modo a elevar a produção, mantendo o nível dos demais fatores. Por outro lado, em 2017 essa ampliação parece ter melhorado combinação dos fatores de produção, elevando a produção agrícola familiar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O combate às mudanças climáticas tem sido tema das principais discussões ambientais internacionais. No Brasil, o desmatamento da floresta amazônica é um dos grandes problemas a ser enfrentado, sobretudo, dada a expansão da fronteira agropecuária na Amazônia Legal. O desmatamento praticado pelos agricultores familiares parece estar ligado a uma busca por ganho de produtividade na agricultura. Nesse sentido, este estudo buscou mensurar os efeitos do desmatamento sobre a produtividade agrícola dos estabelecimentos agropecuários da agricultura familiar da Amazônia Legal brasileira nos anos de 2006 e 2007. Para isso, foram utilizadas nas estimações econométricas variáveis relacionadas à atividade agrícola, ao desmatamento e ao clima.

Os principais resultados mostraram que o aumento de 1% na área de desmatamento acumulado elevou a produtividade agrícola da agricultura familiar da Amazônia Legal em 2,88%, em 2006, e em 2,29% em 2017. No que diz respeito ao efeitos sobre a PTF, esse aumento provocou queda de 1,65%, em 2006, e elevação de 0,79%, em 2017. Em relação à produtividade agrícola, a hipótese estabelecida de efeito positivo do desflorestamento foi atestada. Contudo, no que tange à PTF, apenas em 2017 a hipótese de ganhos foi verificada.

As análises sobre desmatamento e produtividade agrícola da agricultura familiar no Brasil são escassas. Quando se trata do efeito da perda de cobertura florestal na PTF agrícola dos agricultores familiares, até o momento de escrita deste estudo, não há evidências empíricas. Este supre essa lacuna e apresenta as primeiras estimativas desses efeitos para a agricultura familiar da Amazônia Legal.

O desmatamento na Amazônia Legal contribui positivamente para a produção agrícola da agricultura familiar no curto prazo. Neste sentido, uma vez que se percebe os ganhos com o desflorestamento, no curto prazo, é possível que os agricultores familiares recorram a esta prática sempre que a renda da agricultura cair na tentativa de recuperá-la, já que o acesso ao crédito, à assistência técnica e aos mercados são escassos. Essa maior disponibilidade de terra para prática da agricultura mostrou resultados dúbios no curto prazo para PTF, o que pode indicar uma sensibilidade dessa variável em relação à composição dos fatores de produção.

Conciliar ganhos de produtividade agrícola para a agricultura familiar e combate ao desmatamento requer uma combinação de políticas públicas agrícolas e ambientais. É preciso garantir infraestrutura básica e apoio institucional para que os agricultores familiares gozem de uma maior facilidade de acesso ao crédito, aos mercados e às novas tecnologias agrícolas. A assistência técnica também é importante para aumento da PTF por meio de um melhor uso de outros fatores de produção, que não necessariamente a terra.

Ressaltam-se algumas limitações do estudo. A primeira delas diz respeito à estrutura dos dados (*cross-section*), que não permite o controle de efeitos fixos e nem capturar efeitos de

longo prazo, apenas variações transversais e de curto prazo. Isto se dá em decorrência de parte dos dados utilizados nas estimações a serem obtidos do censo agropecuário. A segunda limitação refere-se ao uso da variável de desmatamento, que está disponível apenas em nível municipal e não no nível do estabelecimento, em especial, àqueles da agricultura familiar. Por isso, é importante reforçar que as estimativas encontradas aqui são do efeito do desmatamento a nível de município sobre a produtividade e PTF agrícolas dos estabelecimentos da agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. et al. **Desmatamento na Amazonia: indo alem da emergencia cronica**. [s.l.: s.n.]. p. 89

ALENCAR, A. et al. **Desmatamento nos Assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades**. Disponível em: <<https://ipam.org.br/bibliotecas/desmatamento-nos-assentamentos-da-amazonia-historico-tendencias-e-oportunidades/>>. Acesso em: 3 jul. 2023.

ANDERSEN, L. E.; REIS, E. J. **Deforestation, development, and government policy in the Brazilian Amazon: An econometric analysis**. [s.l.] Discussion Paper, 2015. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/220158>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

AZEVEDO, Tasso *et al.* Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020. *Mapbiomas*, p. 93, 2021. Disponível em: <<http://alerta.mapbiomas.org>>.

BISPO, L. G.; PIMENTEL, G. A. AGRICULTURA NA AMAZÔNIA LEGAL E SUA RELAÇÃO COM O DESMATAMENTO: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS CENSOS DEMOGRÁFICOS E AGROPECUÁRIOS DE 1996 E 2006. **Revista de Administração de Roraima - RARR**, v. 7, n. 2, p. 244–267, 2017.

BRASIL. **Lei no 11.326**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm>. Acesso em: 11 jul. 2023.

BRONDIZIO, E. et al. Pequenos Produtores eo Desmatamento Na Amazônia. **Amazonia and Global Change: Geophysical Monograph Series**, v. 186, 2009.

CAMPOS, Ana Luisa Malatesta; FARIA, Weslem Rodrigues; LÍRIO, Viviani Silva. Tipologia dos municípios da Amazônia Legal. *Geosul*, v. 37, n. 81, p. 252–288, 31 maio 2022. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/66047>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

CASTRO, A. A. DE. Análise econômica de sistemas agroflorestais e sua contribuição para a renda familiar em estabelecimentos agrícolas familiares, São Domingos do Araguaia-PA. 7 mar. 2023.

CHEIN, Flávia. Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas. 2019.

CHOPRA, R. et al. The role of renewable energy and natural resources for sustainable agriculture in ASEAN countries: Do carbon emissions and deforestation affect agriculture productivity? **Resources Policy**, v. 76, p. 102578, 1 jun. 2022.

DINIZ, M. B. et al. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 121–151, 2009.

EHUI, S. K.; HERTEL, T. W. Testing the impact of deforestation on aggregate agricultural productivity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 38, n. 3, p. 205–218, 1 fev. 1992.

FREITAS, J. DA L. et al. COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE USO DA TERRA DE AGRICULTORES FAMILIARES NA AMAZÔNIA. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 3, n. 1, p. 100–108, 8 jul. 2013.

HURTIENNE, Thomas Peter. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. 2005.

IBGE, I. B. DE G. E. E. **Censo agropecuário**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>>. Acesso em: 3 jul. 2023.

IBGE, I. B. DE G. E. E. **Amazônia Legal | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 3 jul. 2023a.

IBGE, I. B. DE G. E. E. **Áreas Territoriais**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html>>. Acesso em: 6 jul. 2023b.

IBGE. *Amazônia Legal*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 11 jul. 2023a.

IBGE. *Censo Agropecuário - 2017*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?t=destaques>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

IBGE. Censo Demográfico 2022 - População e domicílios: Primeiros Resultados. p. 75, 2023b. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102011.pdf>>.

IBGE. *Produto Interno Bruto dos Municípios 2020*. . [S.l: s.n.], 2022. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=p&o=30&i=P&c=21>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasil: Banco Mundial, 2003.

MULLAN, K. et al. Converting Forests to Farms: The Economic Benefits of Clearing Forests in Agricultural Settlements in the Amazon. **Environmental and Resource Economics**, v. 71,

n. 2, p. 427–455, 1 out. 2018.

PRODES. **PRODES - Desflorestamento nos Municípios**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

PNUD. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro*. [S.l: s.n.], 2013.

Disponível em:

<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/data/rawData/publicacao_atlas_municipal_pt.pdf>.

REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 20, n. 3, 15 maio 2018.

REIS, E. J.; MARGULIS, S. Perspectivas econômicas do desflorestamento da Amazônia. **<http://www.ipea.gov.br>**, maio 1991.

RIVERO, S. et al. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, p. 41–66, 2009.

SANTOS, J. C. DOS. Sustentabilidade socioeconômica e ambiental de sistemas de uso da terra da Agricultura Familiar no Estado do Acre. 19 maio 2008.

STABILE, Marcelo CC et al. Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. **Land use policy**, v. 91, p. 104362, 2020.

SUDAM. *Síntese de indicadores da Amazônia Legal*. . Belém: [s.n.], 2020.

SULUMBE, Ibrahim A. Bila Y. IM. Analysis of the Impact of Deforestation on Agricultural Productivity in Nigeria: An Error Correction Modeling Approach. **J. Biol., Agric. Healthcare**, v. 6, n. 19, p. 1-6, 2016.