

# Persistência do Impacto Socioeconômico e Ambiental da Atividade Minerária em Municípios da Amazônia Legal

**Felipe de Sousa Bastos\***  
UFC-Sobral  
(felipebastos@caen.ufc.br)

**Carlos Alberto Manso†**  
SEPLAG  
(carlos\_manso@caen.ufc.br)

**Rodolfo Finatti‡**  
UFRN  
(rodolfofinatti@alumni.usp.br)

## Área 10: Economia Regional e Urbana

### Resumo

Além da riqueza de seu bioma, a Amazônia brasileira é conhecida também por seu potencial mineral e questões relacionadas a sua exploração estão constantemente presentes no debate político nacional. Diante deste quadro, neste trabalho, busca-se averiguar a persistência do impacto socioeconômico e ambiental provocado pela presença da atividade minerária em municípios da Amazônia Legal. A ideia é testar se a experiência da extração mineral desses municípios reforça ou não a tese de Maldição dos Recursos Naturais – hipótese mais comumente testada com dados de países – e, também, verificar se essa atividade pode ser estatisticamente associada ao aumento do desmatamento nessa região. Para tanto, usou-se a arrecadação de CFEM para identificação dos grupos de tratamento e controle e do PSG e função dose-resposta para a identificação do impacto. Em resumo, observa-se um impacto sobre o PIB per capita e IFDM em formato de U invertido, resultado que reflete um impacto positivo no curto prazo e em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais no longo prazo. Além disso, obtém-se um impacto positivo no curto prazo sobre o desmatamento.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Econômico; Meio Ambiente; Atividade Minerária; Avaliação de Impacto; Função Dose-Resposta.

### Abstract

In addition to the richness of its biome, the Brazilian Amazon is also known for its mineral potential and issues related to its exploration are constantly present in the national political debate. In view of this situation, this work seeks to investigate the persistence of the socioeconomic and environmental impact caused by the presence of mining activity in municipalities in the Legal Amazon. The idea is to test whether or not the experience of mineral extraction in these municipalities reinforces the Natural Resource Curse thesis – the hypothesis most commonly tested with data from countries – and also to verify whether this activity can be statistically associated with the increase in deforestation in this region. For this, the collection of CFEM was used to identify the treatment and control groups, and the PSG and dose-response function to identify the impact. In summary, there is an impact on GDP per capita and IFDM in an inverted U shape, a result that reflects a positive impact in the short term and in favor of the Natural Resource Curse hypothesis in the long term. In addition, a positive short-term impact on deforestation is obtained.

**Keywords:** Economic development; Environment; Mining Activity; Impact Assessment; Dose-Response Function.

**Jel Classification:** Q5, O13, O44, C23.

---

\* Professor dos cursos de Economia e Finanças – UFC-Sobral. Rua Coronel Estanislau Frota, 563 – Bloco I – Centro – Campus de Sobral – Mucambinho, Sobral CE.

† Assistente de Gestão II na Secretaria do Planejamento e Gestão do Ceará (SEPLAG). Avenida General Afonso Albuquerque Lima, S/N – Cambeba, Fortaleza CE.

‡ Pesquisador PNPd (Pós-Doutoral) no Departamento de Políticas Públicas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Lagoa Nova, Natal RN.

# Persistência do Impacto Socioeconômico e Ambiental da Atividade Minerária em Municípios da Amazônia Legal

## Área 10: Economia Regional e Urbana

### 1. Introdução

É possível afirmar que o início da atividade minerária em solo brasileiro deu-se ainda no período colonial. Esse tipo de atividade chegou a ser restrita na colônia brasileira pois permitia vazamentos de renda que facilitaríamos o surgimento de um mercado interno, o que não era interesse da coroa portuguesa.

A partir de então, houve desde corridas pelo ouro até acidentes de proporções catastróficas, ambos eventos relacionados à atividade minerária. No início dos anos 2000, este setor ganhou novo impulso em decorrência do *boom* de *commodities* proporcionado pelo crescimento da demanda de países emergentes, sobretudo a China. A extração mineral é uma atividade importante não só para a economia brasileira, movimentando grandes volumes de dinheiro, interesses e gerando conflitos, de modo que é de suma importância avaliar os impactos que pode causar no bem-estar das populações que vivem em regiões onde está presente. Neste contexto, a Amazônia Legal – AL, daqui em diante – merece destaque, uma vez que mais de 40% de seu território tem potencial para depósito de minerais e a exploração mineral dentro desta área é motivo de constantes debates no congresso nacional.<sup>1</sup>

Apenas no ano de 2019, o valor da produção mineral brasileira foi de 38 bilhões de dólares, representando cerca de 16,8% do PIB Industrial brasileiro. No Comércio Exterior, este setor contribuiu com mais de 32 bilhões em exportações de minérios no mesmo ano (IBRAM, 2019). Segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2008, a AL chegou a ser a segunda maior região exportadora da indústria mineral do Brasil. Apenas no período entre janeiro e agosto daquele ano, Pará e Maranhão responderam por 26% da exportação da indústria extrativa e de transformação mineral da AL, cujo saldo da balança comercial foi superavitário em 6,6 bilhões de dólares, sendo Pará, Maranhão e Amapá líderes em exportações dentro da região (IBRAM, 2008).

A abundância de recursos naturais pode ser percebida a partir de duas perspectivas. Do ponto de vista positivo, a riqueza natural pode fornecer a base para a produção de *commodities*, cujos valores se multiplicam quando seus preços sobem, como se viu durante a primeira metade do século XXI. Por outro lado, pode impor desafios que às vezes parecem fazê-la ser vista como um problema para o desenvolvimento econômico de um país ou região. Esses desafios estão relacionados ao fato de que o desenvolvimento do setor de recursos naturais pode restringir o desenvolvimento de outros setores econômicos (Medina, 2021). Quando isso acontece, a abundância de recursos naturais é vista como negativa para o desenvolvimento e esta situação é conhecida como a Maldição dos Recursos Naturais<sup>2</sup>.

A maldição dos Recursos Naturais possui muitos canais por meio dos quais pode afetar negativamente o crescimento econômico em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento. É possível apontar pelo menos seis deles, quais sejam: tendência negativa de longo prazo nos preços mundiais das *commodities*, volatilidade dos preços, *crowding out* permanente de manufaturas, instituições autocráticas/oligárquicas, instituições anárquicas e doença holandesa cíclica (Asif *et al.*, 2020; Frankel, 2012).

No entanto, como destacado por Frankel (2012) em uma revisão sobre o equilíbrio das evidências empíricas, pode-se afirmar que a Maldição dos Recursos Naturais não é de forma alguma universal e os países/regiões com recursos naturais abundantes não necessariamente apresentarão uma pior performance econômica. Logo, não há consenso na literatura a respeito do tema e os estudos para países têm reportado resultados em direções opostas dependendo do país, recurso natural, recorte de

---

<sup>1</sup> Mais informações em: [Exploração mineral no Amazonas: entenda as dificuldades e potencialidades | Unidades de Conservação no Brasil \(socioambiental.org\)](https://socioambiental.org/pt-br/conservacao-no-brasil/Exploracao-mineral-no-Amazonas-entenda-as-dificuldades-e-potencialidades).

<sup>2</sup> Países com grande riqueza em recursos naturais tendem a crescer mais lentamente do que os países pobres em recursos (Sachs e Warner, 2001).

tempo e estratégia de estimação empregada (Frankel, 2012; Dwumfour e Ntow-Gyamf, 2018; Medina, 2021).

Além disso, embora não seja apontada como sua principal causa, a atividade minerária é com frequência associada ao aumento do desmatamento nas regiões em que existe com maior intensidade. Potapov *et al.* (2017) mostram que a extensão da paisagem florestal intacta global (IFL, no inglês) foi reduzida em 7,2% desde o ano 2000. Os autores encontram uma taxa crescente de redução da área de IFL global, em grande parte impulsionada pela triplicação da perda de floresta tropical da IFL em 2011-2013 em comparação com a de 2001-2003, e apontam a extração de madeira industrial, expansão agrícola, incêndio e mineração/extração de recursos como as principais causas da redução da área de IFL.

Para a floresta amazônica brasileira, Sonter *et al.* (2017) indicam que a perda de 11.670 km<sup>2</sup> entre os anos de 2005 e 2015 está associada direta e indiretamente à atividade minerária, um impacto que é irreversível pelo menos no curto prazo. Os autores apontam também alguns canais que levam a esses impactos, tais como o estabelecimento de infraestrutura de mineração, a expansão urbana para apoiar uma força de trabalho crescente e o desenvolvimento de cadeias de fornecimento de *commodities* minerais.

A mineração de ouro causa alterações significativas no meio ambiente, mas a mineração é frequentemente negligenciada nas análises de desmatamento porque ocupa áreas relativamente pequenas. Como resultado, não se tem uma avaliação abrangente da extensão espacial dos impactos da mineração de ouro nas florestas tropicais (Alvarez-Berríos e Aide, 2015).

Por isso, além da investigação de seu impacto sobre indicadores de crescimento e desenvolvimento econômico, é importante também averiguar de forma acurada se o aumento do desmatamento de fato é uma externalidade negativa que pode estar associada à extração mineral. Esse tipo de investigação é bastante escasso para a economia brasileira em qualquer recorte regional que se possa fazer e também no que se refere à estratégia de estimação do impacto empregada, permitindo-se verificar se existe impacto e qual a sua persistência. Além disso, não é do conhecimento dos autores a existência de estudos que tentem testar a hipótese de Maldição dos Recursos Naturais com o uso de métodos de avaliação de impacto em nível regional.

Assim, neste trabalho, busca-se verificar o impacto socioeconômico e ambiental provocado pela presença da atividade minerária em municípios da AL. Para tanto, utiliza-se a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) como estratégia de identificação dos grupos de tratamento e controle. Embora seja possível dizer que o potencial para o desenvolvimento da atividade minerária é aleatoriamente distribuído entre os municípios da região, existe uma série de questões de ordem político-econômica<sup>3</sup> que são importantes na definição do local em que a extração mineral de fato se concretiza, sobretudo, no exercício legal da atividade. Além disso, o início da atividade de extração nesses municípios acontece em vários momentos distintos no tempo, gerando uma dificuldade adicional para a definição do efeito causal.

Para superar essas dificuldades, recorre-se ao uso do *Generalized Propensity Score (GPS)* e da função dose-resposta e analisa-se o efeito médio do tempo em que a atividade minerária é praticada nesses municípios sobre seus indicadores socioeconômicos – PIB *per capita*, Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e suas componentes e incremento de desmatamento. Os principais resultados apontam um impacto positivo no curto prazo sobre a atividade econômica, mas essa tendência se reverte após alguns anos, fato que é evidência em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais. Este resultado é verificado também sobre o desenvolvimento local. Além disso, os resultados apontam que é possível associar a extração mineral ao aumento do desmatamento local no curto prazo.

Além desta introdução, este trabalho possui mais quatro seções. A seguir é explorada a literatura empírica relacionada aos impactos da extração minerária no desenvolvimento econômico e desmatamento. Em seguida, apresentam-se os aspectos metodológicos e os resultados encontrados. Por fim, são tecidos alguns comentários finais.

---

<sup>3</sup>Como concessão de licenciamento e infraestrutura pré-existente na região a ser explorada.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1 Atividade Minerária e Desenvolvimento Econômico

Não existe consenso na literatura empírica quanto à validade da hipótese de Maldição do Recursos Naturais, de modo que têm se observado evidências em ambas as direções e, portanto, não se pode afirmar que esta hipótese é de forma alguma universal e que os países/regiões com recursos naturais abundantes necessariamente apresentarão uma pior performance econômica, conforme destaca Frankel (2012). A seguir, são apresentados alguns achados para o período recente.

Em estudo para 7 países latino-americanos, Sachs e Warner (1999) apresentam evidências de que os *booms* de recursos naturais às vezes são acompanhados pelo declínio do PIB *per capita*. Sachs e Warner (2001) sumarizam a evidência existente até então em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais. Seus resultados mostram que há pouca evidência direta de que variáveis geográficas ou climáticas omitidas expliquem a maldição, ou que haja um viés resultante de algum outro impedimento de crescimento não observado. Segundo os autores, os países com abundância de recursos tendiam a ser economias de preços altos e, como consequência, tendiam a perder o crescimento liderado pelas exportações.

Com dados para 107 países em desenvolvimento no período de 1960-1999, Smith (2004) analisa os efeitos da riqueza do petróleo no fracasso do regime ditatorial, protestos políticos e guerra civil. Seus resultados apontam que a riqueza do petróleo está fortemente associada ao aumento da durabilidade do regime, mesmo quando se controla pela repressão, e com menores probabilidades de guerra civil e protesto anti-Estado.

Barbier (2005), a partir de um modelo de dois setores de expansão de fronteira de recursos naturais<sup>4</sup> e crescimento econômico em uma pequena economia aberta e dependente de recursos naturais, demonstra que a expansão da fronteira levará inevitavelmente a um padrão de expansão e queda de desenvolvimento de longo prazo, mesmo que os termos de troca da economia ou os preços das *commodities* permaneçam inalterados. Nesse arcabouço teórico, inicialmente é sempre ótimo para a economia escolher a taxa máxima de expansão da fronteira e, assim, garantir um *boom* econômico imediato, mas que tende a se reverter no futuro.

Sala-i-Martin e Subramanian (2013) analisam a experiência nigeriana. Com análise *cross-section*, os autores mostram que o desenvolvimento institucional atrofiado (corrupção, governança fraca, busca de renda e pilhagem) é um problema intrínseco aos países que possuem recursos naturais como petróleo ou minerais e esses fatores em conjunto podem ser uma barreira para o crescimento de longo prazo.

Ge e Lei (2013) estudam como um aumento na produção dos setores de mineração afeta a renda familiar e a pobreza na economia chinesa. A partir de um método de decomposição multiplicador dentro de uma estrutura de matriz de contabilidade social (*SAM*, no inglês), a decomposição revela que o desenvolvimento da mineração tem impactos positivos mais significativos nas famílias de alta e média renda do que nas famílias de baixa renda. Além disso, a decomposição incorporada à medida de pobreza de Foster, Greer e Thoebecke (FGT) mostra que o setor de carvão contribui mais para o alívio da pobreza e que o grupo de famílias de baixa renda é o menor beneficiário do desenvolvimento da mineração.

Com uso do estimador de GMM, Dwumfour e Ntow-Gyamf (2018) examinam a hipótese da maldição dos recursos na relação entre recursos naturais, desenvolvimento financeiro e qualidade institucional de 38 países africanos no intervalo de 2000 a 2012. Seus resultados mostram que, na África, o impacto das rendas dos recursos naturais no desenvolvimento financeiro é ambíguo, isto é, depende em grande parte do indicador de desenvolvimento financeiro usado. A maldição de recursos é vista quando um Z-score é usado como indicador de desenvolvimento financeiro. Em particular, a maldição dos recursos sobre o desenvolvimento financeiro é observada na África Subsaariana, países de baixa renda e países de renda média, mas não na região norte da África.

---

<sup>4</sup> Esse desenvolvimento econômico baseado na fronteira é caracterizado por um padrão de investimento de capital, inovação tecnológica e instituições sociais e econômicas dependentes da abertura de novas fronteiras de recursos naturais, uma vez que as existentes foram fechadas e esgotadas (Barbier, 2005).

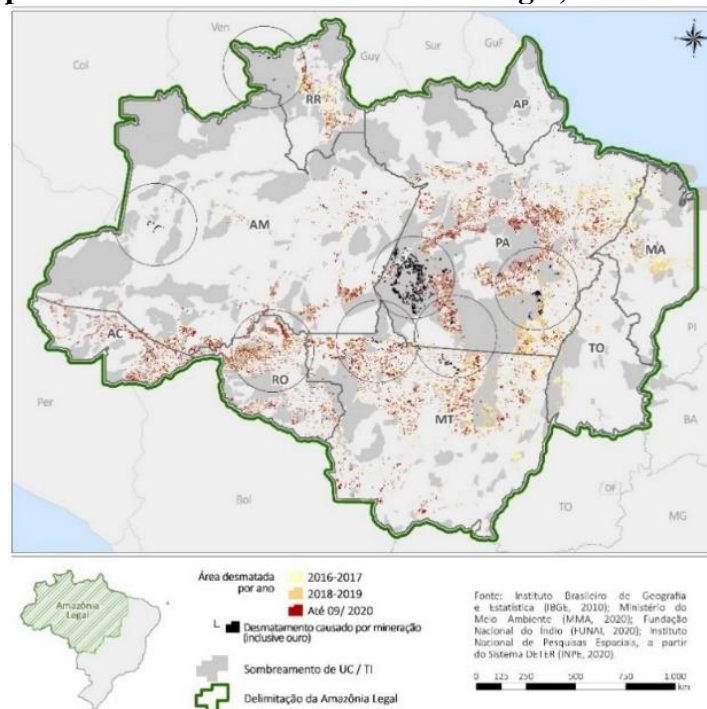
Medina (2021) investiga como o setor de mineração afeta algumas variáveis macroeconômicas no Chile. A partir de evidências econométricas semiestruturais, os autores calculam os efeitos de mudanças no preço do cobre e na produção do setor, além de avaliarem o impacto de choques no setor a partir de um modelo macroeconômico estrutural. Seus resultados apontam que o desenvolvimento do setor de mineração no Chile tem sido benéfico para o PIB não minerário – que exclui a contribuição do setor –, investimento, receita fiscal e mercado de trabalho. O autor aponta a importância das interligações produtivas do setor de mineração e a regra fiscal como fatores que explicam a capacidade do Chile de escapar da Maldição dos Recursos Naturais.

## 2.2 Atividade Minerária e Meio Ambiente

Com o uso de imagens de satélite Landsat de 1986 a 2002, para mapear a mudança da cobertura da terra e entrevistas de campo com agricultores para entender as implicações dos meios de subsistência da mudança da cobertura da terra relacionada à mineração, Schueler, Kuemmerle e Schröder (2011) estudam as mudanças na cobertura da terra devido à mineração de ouro na superfície do Gana Ocidental, uma das principais regiões de mineração de ouro do mundo. Seus resultados mostraram que a mineração de superfície resultou em desmatamento de 58%, uma perda substancial de terras agrícolas, da ordem de 45%.

Em estudo realizado no distrito de Chingola, na Zâmbia, centro de operações das minas de cobre Konkola e Lubumbashi, Mwitwa *et al.* (2012) verificam a relação entre mineração de cobre, gestão florestal e meios de subsistência baseados na floresta. Uma abordagem multilocal foi utilizada para consultas com diversos atores nos níveis local, distrital e nacional, e com comunidades dependentes da floresta nas periferias das cidades e em áreas remotas onde as minas obtêm madeira. Seus resultados mostraram que a mineração afeta as florestas desde o desmatamento durante o desenvolvimento de áreas verdes e o fornecimento de madeira de alta qualidade até as pressões sobre as florestas através do efeito de atração populacional das cidades mineiras. Os impactos nas comunidades florestais foram em grande parte negativos e os grandes investimentos em mineração contrastaram fortemente com os níveis de pobreza e degradação ambiental.

**Mapa 1: Desmatamento na Amazônia Legal, de 2016 a 2020**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em uma avaliação regional do desmatamento relacionado à mineração de ouro no bioma de floresta tropical úmida da América do Sul, Alvarez-Berríos e Aide (2015) analisam os padrões de

mudança florestal em locais de mineração de ouro entre 2001 e 2013 e avaliam a proximidade do desmatamento da mineração de ouro às áreas protegidas (APs). Seus resultados mostram que aproximadamente 1.680 km<sup>2</sup> de floresta tropical úmida foram perdidos nesses locais em que a mineração é praticada no período entre 2001 e 2013. Além disso, o desmatamento foi significativamente maior durante o período de 2007-2013, e isso pode estar associado ao aumento da demanda global por ouro após a crise financeira internacional.

Sonter *et al.* (2017) usam *Propensity Score Matching (PSM)* para tentar identificar os determinantes do desmatamento na Floresta Amazônica Brasileira no período de 2005 a 2015. Seus resultados revelam desmatamento extensivo, significativo até 70 km dos limites do arrendamento, causado por operações de mineração industrial em grande escala na floresta amazônica brasileira. No mapa acima exibe-se o desmatamento na Amazônia Legal (AL) no período recente, 2016 a 2020, com destaque para o que foi causado pelo garimpo.

Embora existam na literatura especializada importantes pesquisas relacionadas à AL, bem como sobre o impacto da presença da atividade minerária em algumas regiões do país, nota-se que, com exceção a Sonter *et al.* (2017), há uma escassez de análises de impacto decorrentes da atividade minerária sobre os municípios da AL, tanto com relação ao seu impacto socioeconômico quanto ao seu impacto ambiental. O quadro abaixo traz um resumo desses estudos os quais foram de extrema importância para a definição das covariadas que deveriam ser consideradas na análise do impacto da extração mineral.

**Quadro 1: Estudos Relacionados à Atividade Minerária e ao Desmatamento em Regiões Brasileiras e na AL**

Autor(es)	Região/Período	Metodologia	Objetivos/Resultados
Carvalho (2016)	Distrito Diamantino	Regressão Descontínua	Analisa o efeito de longo prazo sobre o desenvolvimento econômico de instituições mineradoras no Brasil Colonial. Seus resultados mostram efeito positivo do tratamento sobre a renda por domicílio, alfabetização de adultos e densidade de luz (obtida através de imagens de satélite).
Vasconcelos (2015)	Floresta Amazônica/1990-2012	Análise estatística de correlação seguida da aplicação da análise multivariada discriminante com o método <i>stepwise</i>	Busca identificar os determinantes do desmatamento da floresta amazônica brasileira. Os resultados obtidos reportam que, em ordem de importância, os principais determinantes do desmatamento são: Bovinos, Malha Viária, População, Extração da Madeira e Área de Lavoura.
Nahas et al. (2019)	Municípios Mineradores de Minas Gerais/2000-2010	Indicadores de economia regional e urbana e um modelo de painel espacial	Analisa os efeitos líquidos da mineração sobre a complexificação produtiva dos maiores municípios mineradores de Minas Gerais. Houve redução relativa e absoluta dos diferenciais regionais possuídos pelos municípios com alta intensidade mineral, especialmente aqueles mais próximos a Belo Horizonte. Tal fenômeno foi observado tanto com relação aos diferenciais regionais de concentração produtiva, <i>spillovers</i> tecnológicos quanto em relação aos diferenciais regionais de especialização e diversificação, transbordamentos de conhecimento, conferindo consistência aos resultados empíricos obtidos e evidenciando o empobrecimento produtivo ocorrido nesses municípios durante o período do superciclo mineral.
Sant'anna e Young (2010)	575 municípios da Amazônia Legal	MQO	Comprovar empiricamente a relação entre conflitos rurais e desmatamento na fronteira amazônica. Os resultados mostram que desmatamento e violência estão associados e corroboram a hipótese de que ambos resultam de má definição dos direitos de propriedade.

Delazeri (2016)	49 Municípios do Arco Verde - Amazônia Legal/2008-2012	Efeitos Fixos	Determinar as principais causas do desmatamento nos municípios do Arco Verde. Os resultados indicam que a pecuária é o principal determinante no incremento do desmatamento nos municípios analisados e a expansão da lavoura de soja não é significativa para explicá-lo.
Padrão, Lirio e Lima (2016)	Acre (Amazônia Legal)	Índice de Degradação (ID)	Determinar o nível de desmatamento de cada município e identificar as regiões de maior risco ambiental. Concluiu-se que a área leste do estado, que está inserida no arco do desmatamento, apresenta níveis críticos de desmatamento, com cerca de 70% do território desflorestado em função, principalmente, da conversão de floresta em áreas de cultivo e pastagens.
Assunção, Gandour e Rocha (2015)	Municípios Amazônicos/2002-2009	Efeitos Fixos	Investiga a contribuição dos preços de produção agrícola e políticas para a redução do desmatamento na Amazônia na década de 2000. Os resultados mostram que as políticas de conservação implementadas a partir de 2004 e 2008 contribuíram significativamente para a contenção do desmatamento. Simulações contrafactuais sugerem que as políticas de conservação evitaram aproximadamente 73.000 km <sup>2</sup> de desmatamento, ou 56% do total de desmatamentos que teriam ocorrido de 2005 a 2009 se as políticas adotadas no início de 2004 e 2008 não tivessem sido introduzidas.
Assunção et al. (2019)	Amazônia Brasileira	<i>Dif-in-Dif</i>	Estuda o impacto da concessão de crédito rural – condicionada, a partir de 2008, a exigências mais rígidas como uma tentativa de conter o desmatamento - no desmatamento. Os resultados estimados mostram que a mudança de política levou a uma redução substancial do desmatamento, principalmente em municípios onde a pecuária é a principal atividade econômica.
Santos, Braga e Homma (2008)	Polos de produção agropecuária no estado do Acre, Amazônia Brasileira	Logit Multinomial	Identificar os condicionantes de desmatamentos nos principais polos de produção agropecuária familiar. Os resultados demonstram que maior disponibilidade de mão de obra familiar, acesso a crédito, maior patrimônio, maior ocorrência de contratação de trabalho e titulação definitiva dos lotes de terra são fatores causais de maior desmatamento e que maior tamanho do lote e maior nível de consciência ambiental por parte dos produtores são fatores que atuam para a menor proporção de terra desmatada nas pequenas propriedades. Os resultados mostram que melhoria na renda e riqueza das famílias não tem resultado em maior preservação das matas nativas nas regiões estudadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. Aspectos Metodológicos

#### 3.1 Fonte dos Dados

Com o intuito de se obter a maior acurácia possível nas estimações, os dados usados nesta pesquisa foram extraídos de diversas fontes. As informações sobre PIB *per capita* (PIBpc), Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (VABagro)<sup>5</sup> e a densidade demográfica (Dens. Demog) foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados de Transferências da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Naturais e contribuição da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), bem como informações tributárias de Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) e o Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN)<sup>6</sup> foram obtidos por meio da Secretaria do Tesouro Nacional (STN) e da

<sup>5</sup> Esses e todos os demais valores monetários usados na pesquisa foram deflacionados pelo IPCA, tendo a média de 2017 como referência.

<sup>6</sup> Informações para o período 2010-2012 foram corrigidas com dados do site Compara Brasil.

Agência Nacional de Mineração (ANM). Já os dados relacionados ao desenvolvimento econômico municipal, o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e suas componentes – IFDM-Educação (Educ), IFDM-Saúde (Saúde) e IFDM-Emprego & Renda (Emprego) –, foram obtidos junto à Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan). O Número de estabelecimentos comerciais e industriais por município (CF) foi obtido no banco de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). A Incidência de dengue por município (Incid. Dengue), utilizada como *proxy* para qualidade institucional, foi obtida junto ao Ministério da Saúde. As informações sobre o incremento anual de desmatamento em quilômetros quadrados (Desmat)<sup>7</sup> foram obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A taxa de homicídios municipal por 100 mil habitantes (Violência) foi obtida junto ao DATASUS. Por fim, a distância do município em relação a capital do estado a que o município pertence (Distmerc) – *proxy* para distância para o mercado – é definida como a distância, projetada em linha reta a partir do centro urbanizado de um determinado município em relação à capital do estado e foi calculada vetorialmente usando geoprocessamento a partir da base de centros urbanos do IBGE. O recorte temporal da amostra foi condicionado pelas informações do IFDM e suas componentes, de modo que a amostra é composta por todos os municípios da AL<sup>8</sup> no intervalo entre 2005 e 2016.

### 3.2 Estratégia Econométrica

A estratégia econométrica para identificação do impacto socioeconômico e ambiental causado pela presença da atividade de extração mineral nos municípios da AL foi desenvolvida pioneiramente por Imbens (2000) e Hirano e Imbens (2004) no contexto de avaliação do efeito do valor de um prêmio lotérico nos ganhos de trabalho subsequentes. Desde então, este método tem sido empregado em uma série de contextos, como na avaliação do efeito de políticas de desacoplamento sobre a produção agrícola (Esposti, 2017), da obtenção de mais créditos no primeiro ano do ensino superior nas taxas de transferência de alunos que começam em faculdades comunitárias americanas (Doyle, 2011) e de transferências de Fundos Constitucionais sobre o crescimento do emprego e salários (Oliveira, Menezes e Resende, 2018), por exemplo.

De modo semelhante a Hirano e Imbens (2004), em que, apesar da atribuição aleatória do tratamento, existem fatores que podem afetar o resultado de interesse, enviesando os resultados, nesta pesquisa, reconhecendo que fatores de ordem político-econômica podem afetar a atribuição do tratamento, adota-se estratégia de estimação análoga. Portanto, utiliza-se o método de avaliação de impacto conhecido como *Generalized Propensity Score (GPS)*, seguindo a abordagem de Bia e Mattei (2008) e Guardabascio e Ventura (2014). A suposição feita para identificar o efeito médio do tratamento, para cada nível de tratamento, é a de que o ajuste para diferenças de pré-tratamento resolve o problema de fazer inferências causais<sup>9</sup>. A seguir é descrita passo a passo a estratégia de identificação dos grupos de tratamento e controle e a metodologia de estimação empregada.

Antes de mais nada, foi necessário identificar as cidades nas quais havia a presença da mineração. Para isso, utilizou-se a CFEM<sup>10</sup>, de modo que os municípios em que houve registro dessa contribuição, a partir de algum momento no período entre 2003 e 2016, foram considerados pertencentes ao grupo de tratamento desde então<sup>11</sup>. Dos 772 municípios da AL, 325 passam a compor o grupo de tratamento em algum momento do período amostral. As demais cidades da Amazônia Legal fazem parte do chamado grupo de controle. Em seguida, constrói-se uma variável de tratamento categórica, que assumiu os valores reportados na Tabela 1, em função do ano em que a presença da

---

<sup>7</sup> Conforme destaca Assunção *et al.* (2019), os dados anuais gerados pelo PRODES não se referem a um ano civil. No caso, o desmatamento é definido como a área de floresta em quilômetros quadrados desmatada durante os 12 (doze) meses anteriores a agosto de um determinado ano. Assim, os valores usados nesta pesquisa devem ser vistos como uma aproximação da área desmatada anualmente em cada município da Amazônia Legal.

<sup>8</sup> As capitais estaduais foram excluídas da amostra.

<sup>9</sup> Suposição de ignorabilidade fraca. Para mais informações, ver Imbens (2000).

<sup>10</sup> Uma limitação deste estudo é que esta estratégia de identificação da presença da atividade não permite a inclusão de municípios em que a atividade é praticada ilegalmente.

<sup>11</sup> No contexto dos métodos de avaliação de impacto, os grupos de tratamento e controle são definidos, respectivamente, como os grupos em que as unidades individuais estão sujeitas e não-sujeitas à política pública em análise.



atividade minerária passou a ser identificada no município por meio da arrecadação da CFEM – por exemplo, se uma cidade registra arrecadação do CFEM em 2003, o valor de  $T_{it}$  crescerá até atingir o valor 14 no último ano da amostra, 2016. Por outro lado, se não houve arrecadação da CFEM pelas substâncias ouro ou diamante em momento algum, é atribuído o valor 0.

**Tabela 1: Variável de Tratamento**

$T_{it}$	$t_{it}(\text{fracionado})$
0	0.0000
1	0.0714
2	0.1429
3	0.2143
4	0.2857
5	0.3571
6	0.4286
7	0.5000
8	0.5714
9	0.6429
10	0.7143
11	0.7857
12	0.8571
13	0.9286
14	1.0000

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de informações da CFEM.

Nota: Na última coluna, as informações foram normalizadas para 14 anos de exposição.

Emprega-se, então, uma transformação conveniente na variável de tratamento, normalizando-a 14 anos de exposição, conforme se vê na segunda coluna da Tabela 1. Esse recurso foi empregado sem perda de capacidade de análise pois, assim, é possível definir o tratamento como uma variável discreta  $t_{it} \in [0,1]$ , definida como a proporção de tempo em que o município foi exposto à atividade de extração mineral. Portanto,  $t_{it}$  é uma variável fracionária pertencente ao intervalo  $[0,1]$  em que quanto mais próxima de 1, significa que mais tempo o município esteve exposto a atividade minerária. Assim, caso  $t_{it} = 0$ , significa que não há presença de atividade legal no referido município no período considerado.

O passo seguinte é identificar o impacto da presença da atividade minerária tendo o método *Propensity Score* como referência. Este método permite escolher, no grupo de controle, a cidade<sup>12</sup> mais adequada para comparação com o município pertencente ao grupo de tratamento. Como a atividade minerária legal se inicia em vários anos distintos na amostra, isto é, os municípios foram expostos à presença da mineração a partir de momentos distintos, utiliza-se o método *GPS*, identificando os efeitos decorrentes da extração de ouro e diamante a partir de uma função dose-resposta.

Como é comum na literatura da área, a implementação do método *GPS* foi realizada em três etapas. Primeiro, estimou-se o escore  $r(t, x)$ , o qual é a densidade condicional do tratamento dado as covariadas,  $f_{T|X}(t|x)$ , em que o vetor de covariadas,  $x$ , é escolhido de acordo com os *outcomes* em análise, ou seja, em consonância com as variáveis de resultado PIB *per capita*, IFDM, IFDM-educação, IFDM-saúde, IFDM-emprego & renda e incremento de desmatamento. Os parâmetros foram estimados através de um modelo linear generalizado, o qual maximiza uma versão logarítmica de uma função Bernoulli de quase-máximo verossimilhança<sup>13</sup> (Bernoulli QML). Portanto, para todo  $i$  assume-se que

$$E(T_i|X_i) = F(\beta'X_i) \tag{1}$$

<sup>12</sup> Pelo menos um município, mas não necessariamente apenas um.

<sup>13</sup> Para mais informações, ver Papke e Wooldridge (1996).

em que  $F(\cdot)$  é uma função Logit<sup>14</sup>. Em todos os casos são incluídas nas estimações *dummies* temporais,  $\lambda_t$ , que assumem valor 1 para o ano  $t$  e zero caso contrário, para controlar o efeito de choques macroeconômicos comuns aos municípios.

Para cada *outcome*, foram escolhidos os seguintes conjuntos de covariadas. Para o PIB *per capita* (PIB<sub>pc</sub>) utilizam-se as componentes do IFDM<sup>15</sup>, educação (*proxy* para capital humano), saúde e Emprego (*proxy* para o mercado de trabalho/ambiente de negócios); a capacidade de arrecadação municipal, medida pela participação da soma entre o IPTU e o ISSQN no PIB (Cap. Arrecadação). Como *proxy* para o Capital Físico *per capita*, usa-se o número de estabelecimentos comerciais e industriais por município obtidos na RAIS em termos *per capita* (CF<sub>pc</sub>). Por fim, incluem-se também a densidade demográfica e a Incidência de dengue por município como *proxy* para a qualidade das instituições, das regras do jogo. A qualidade institucional é um importante determinante do crescimento e desenvolvimento econômico já consolidada na literatura. A *proxy* aqui empregada é usada em Nogueira (2019) na construção de um índice de qualidade institucional.

No caso do IFDM, o vetor de covariadas é composto pelo incremento de área desmatada como *proxy* para o Desmatamento, a taxa de homicídios municipal por 100 mil habitantes como *proxy* para Violência, a Capacidade de Arrecadação, a densidade demográfica, o capital físico *per capita* e Qualidade Institucional.

Já para suas componentes, tem-se: (i) IFDM-Educação: Violência, IFDM-Saúde, Capacidade de Arrecadação e Incidência de Dengue; (ii) IFDM-Saúde: Desmatamento, densidade demográfica, IFDM-Educação, Capacidade de Arrecadação e Incidência de Dengue; e (iii) IFDM-Emprego & Renda: IFDM-Saúde, IFDM-Educação, Capacidade de Arrecadação, densidade demográfica, Capital Físico *per capita* e Incidência de Dengue.

Para o Incremento de Desmatamento, utiliza-se a participação do Valor Adicionado Bruto da Agropecuária no PIB (VAB<sub>agro</sub>/PIB). Alguns estudos apontam a agropecuária como um importante determinante do desmatamento. Assunção, Gandour e Rocha (2015) e Assunção *et al.* (2019) usam o preço de produtos agrícolas com intuito de observar seu efeito sobre o desmatamento. Já Delazeri (2016) utiliza o efetivo do rebanho bovino municipal, calculado pela Pesquisa Pecuária Municipal e a área plantada de soja, as áreas plantadas de milho, arroz e mandioca e a área plantada de lavoura permanente, calculadas pela Pesquisa Agrícola Municipal. A densidade demográfica e o IFDM-Educação, pois Delazeri (2016) identifica a importância dessas variáveis como fatores relevantes para explicar o desmatamento. A autora utiliza o número total de matrículas efetuadas na educação de jovens e adultos, do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Usa-se também a Violência e a Distância para o Mercado. Sant'anna e Young (2010) consideram essas *proxies* como possíveis determinantes do desmatamento. Finalmente, utilizam-se como covariadas também: Capital Físico *per capita* e Incidência de Dengue.

Após a estimação do score de propensão, estima-se a expectativa do *outcome* ( $Y_i$ ) condicional ao tratamento ( $T_i$ ) e o *GPS* ( $R = r(T, X)$ ), como uma função flexível desses dois argumentos, permitindo uma aproximação polinomial de até terceira ordem. Na versão mais complexa desse modelo, tem-se:

$$\varphi\{E(Y_i|T_i, R_i)\} = \alpha_0 + \alpha_1 T_i + \alpha_2 T_i^2 + \alpha_3 T_i^3 + \alpha_4 R_i + \alpha_5 R_i^2 + \alpha_6 R_i^3 + \alpha_7 T_i R_i \quad (2)$$

onde  $\varphi(\cdot)$  é uma função link que relaciona o previsor,  $\psi(T_i, R_i; \alpha)$  e a expectativa condicional,  $E(Y_i|T_i, R_i)$ . A fim de evitar a escolha *ad hoc* da especificação da equação anterior<sup>16</sup>, para cada variável de resultado foram estimados modelos permitindo polinômios de segunda e terceira ordem

<sup>14</sup> Emprega-se a distribuição binomial como família e a distribuição logística como função link.

<sup>15</sup> O IFDM é um índice que oscila entre zero e um e mede o nível de desenvolvimento de cada localidade, classificando-a como de desenvolvimento baixo, regular, moderado ou alto.

<sup>16</sup> Erros-padrão são estimados por *bootstrap*.

para a variável de tratamento e o *GPS*. A eq. (2) foi estimada para o *GPS* de cada um dos *outcomes* sob investigação.

Por fim, estima-se a função dose-resposta a partir da média da expectativa condicional estimada sobre o *GPS* em cada nível de tratamento de interesse. Mais especificamente, para se obter uma estimativa da função dose-resposta inteira, estimam-se os *outcomes* potenciais médios para cada nível de tratamento:

$$E\{\hat{Y}(t)\} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}\{t, \hat{r}(t, X_i)\} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi^{-1}[\hat{\psi}\{t, \hat{r}(t, X_i); \hat{\alpha}\}] \quad (3)$$

onde  $\hat{\alpha}$  é o vetor de parâmetros estimados na segunda etapa. Além disso, foram realizados testes para avaliar a propriedade de balanceamento.

#### 4. Análise e Discussão dos Resultados

A seguir são apresentadas as funções dose-resposta estimadas para as variáveis de resultado de PIB *per capita*, IFDM e o incremento anual de desmatamento. Opta-se sempre por uma especificação permitindo segunda e terceira ordem para o tratamento e o *GPS* na estimação da expectativa condicional do resultado dado o tratamento ( $t_{it}$ ) e o *GPS*,<sup>17</sup> definida na eq. (2). Os intervalos de tratamento foram divididos em quatro subintervalos, [0, 0,21], [0,29, 0,50], [0,57, 0,79] e [0,86, 1], com aproximadamente 6.559, 1.300, 882 e 379 observações em cada, respectivamente. Além das covariadas mencionadas na seção anterior, em todas as estimações incluiu-se também um conjunto de *dummies* temporais com o intuito de captar o efeito de choques macroeconômicos comuns. Por exemplo, durante o período de 2007-2013 houve aumento da demanda global por ouro por conta da crise financeira internacional (Alvarez-Berriós e Aide, 2015).

Os resultados dos testes de diferença de média antes e após o balanceamento dos dados – para avaliar a propriedade de balanceamento<sup>18</sup>, assim como os resultados da equação da expectativa condicional do resultado dado o tratamento e o *GPS* estimada, estão disponíveis nas tabelas 2, 3 e 4, no apêndice. A propriedade de balanceamento para cada um dos subintervalos foi satisfeita em todos os casos. Antes do balanceamento, o valor absoluto das estatísticas t para o teste de diferença de média era superiores a 1,96 em aproximadamente 80% dos casos e, após o balanceamento, esse percentual se reduz para 64%, 63% e 54% nos casos do PIB*pc*, IFDM e desmatamento, respectivamente. A função dose-resposta (*DRF*, no inglês) está sempre à esquerda em cada figura reportada, enquanto a curva de efeito médio do tratamento (*ATE*, no inglês) fica à direita. A curva *ATE* pode ser interpretada como a curva de derivada da função dose-resposta.

O impacto da extração mineral sobre o PIB *per capita* municipal apresenta impacto positivo nos anos iniciais (até aproximadamente 5 ou 6 anos) robusto à especificação da expectativa condicional. Após esse período, essa tendência se reverte e o impacto torna-se negativo em relação aos municípios do grupo de controle. Esse achado é também uma evidência em favor da hipótese de Maldição dos Recursos naturais em nível local, corroborando a evidência para países de Sachs e Warner (1999), Sachs e Warner (2001), Sala-i-Martin e Subramanian (2013) e Smith (2004). Por se tratar de um estudo intranacional, os possíveis mecanismos por meio dos quais a atividade extrativa pode estar retardando o desenvolvimento local são através de um *crowding out* permanente de manufaturas, desenvolvimento de instituições autocráticas/oligárquicas e de instituições anárquicas nessa região (Asif *et al.*, 2020; Frankel, 2012).

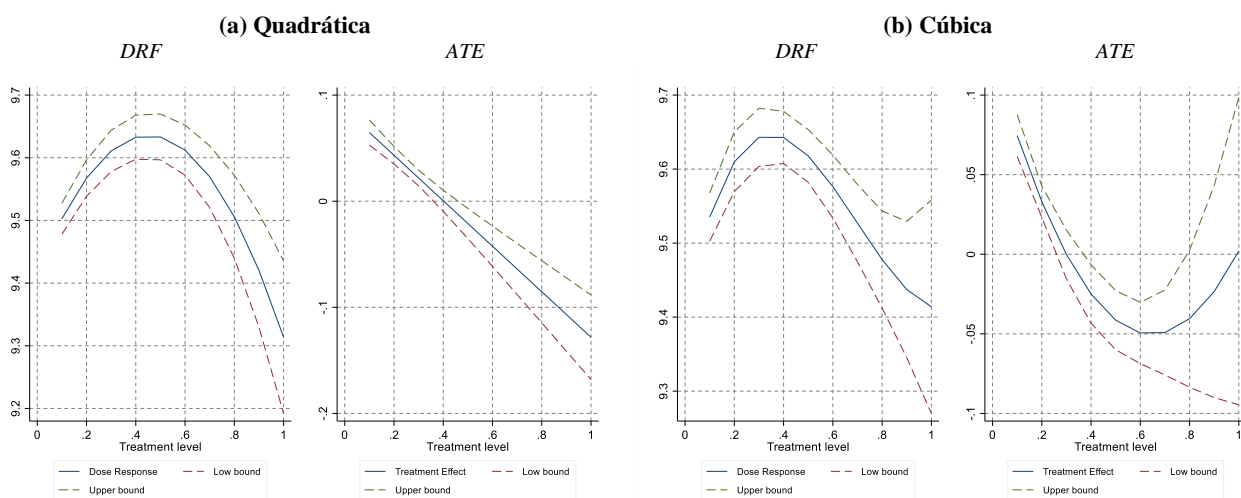
<sup>17</sup> A especificação linear foi testada pelos autores, mas os intervalos de confiança não se ajustaram bem à função do efeito médio do tratamento, o que gera muita incerteza quanto ao resultado observado e sinaliza que esta não é a especificação mais adequada.

<sup>18</sup> Consiste em testar se a média condicional das variáveis de pré-tratamento dado o *GPS* não é diferente entre as unidades que pertencem a um determinado intervalo de tratamento e as unidades que pertencem a todos os outros intervalos de tratamento.

No contexto municipal, instituições políticas ruins podem implicar em uma oferta ineficiente de bens e serviços públicos, de modo que este resultado pode ser um sinal de que a receita pública municipal transferida para os municípios expostos à atividade de extração mineral não tem sido alocada de forma eficiente na oferta de serviços educacionais, de saúde e segurança municipal, por exemplo. Do ponto de vista econômico, uma vez que em geral a atividade extrativa é concentradora de renda, elites locais nesses municípios podem ter sido fortalecidas pelas rendas geradas e se apropriado do poder político municipal, usando-o a seu favor em detrimento do restante da população, fato que também pode ter prejudicado o desempenho econômico municipal no longo prazo.

Além disso, observando estes resultados à luz da experiência chilena (Medina, 2021), pode-se dizer que são uma evidência também de que a atividade de extração na AL não foi capaz de gerar as conexões produtivas necessárias e nem há regras fiscais bem consolidadas nesses municípios para permitir que não caíssem nessa armadilha da Maldição dos Recursos Naturais.

**Figura 1: Função Dose-Resposta e Efeito do Tratamento sobre o Log do PIB per capita**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: 1. a propriedade de balanceamento é satisfeita a um nível menor que 0.01. 2. as linhas tracejadas inferior e superior indicam o intervalo de confiança de 95% (IC) construídos a partir de 1.000 replicações de *bootstrap*. 3. as capitais inseridas na Amazônia Legal foram excluídas da amostra.

Na figura 2, tem-se o impacto da exposição dos municípios da AL à extração mineral sobre o IFDM. Pode-se observar que há um impacto positivo e decrescente sobre o desenvolvimento municipal, de até aproximadamente 5 anos robusto à especificação adotada. Essa tendência também se reverte após esse período inicial, reforçando a evidência em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais observada para o PIB *per capita*.

É interessante investigar também sobre que dimensão do IFDM a atividade mineral exerce maior influência. Portanto, calcula-se o impacto da presença da atividade sobre o IFDM-Educação, IFDM-Saúde e o IFDM-Emprego & Renda<sup>19</sup>. Não são observados impactos importantes sobre as dimensões educacionais e de saúde do indicador, pois, após um impacto inicial positivo e decrescente para os municípios com exposição de até 3 anos, o impacto se torna estatisticamente insignificante. É possível visualizar uma reversão na tendência de impacto positivo inicial, entretanto, o ajuste dos ICs piora muito, gerando bastante incerteza quanto ao resultado encontrado.

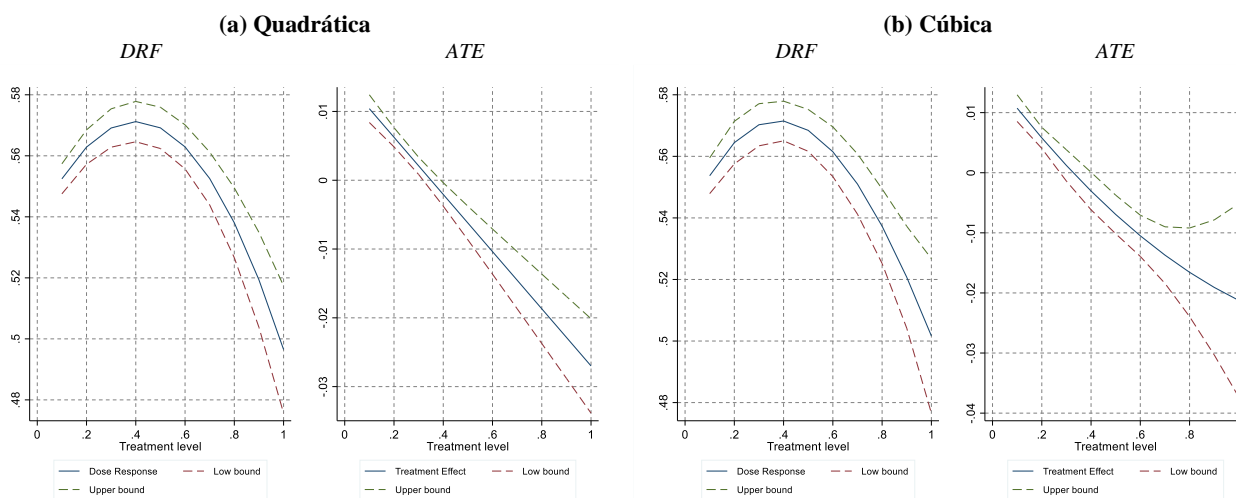
Por outro lado, a dimensão de mercado de trabalho<sup>20</sup> do índice revela comportamento semelhante ao do IFDM agregado. Após um impacto inicial positivo para até 6 anos de exposição

<sup>19</sup> Figura 4, no apêndice.

<sup>20</sup> O IFDM-Emprego e Renda possui duas dimensões, a de Emprego, que avalia a capacidade de geração de emprego formal e o nível de absorção da mão de obra local, e a de Renda, que acompanha a geração e sua distribuição no mercado de trabalho do município. Cada uma dessas dimensões representa 50% do IFDM Emprego & Renda. Esse índice é construído a partir dos seguintes indicadores: geração de emprego formal, taxa de formalização do mercado de trabalho,

aproximadamente, essa tendência positiva se reverte e observa-se um impacto negativo. Pode-se então afirmar que existe um impacto positivo no curto prazo e negativo no longo prazo sobre o mercado de trabalho relacionado à exposição municipal à atividade minerária.

**Figura 2: Função Dose-Resposta e Efeito do Tratamento sobre o IFDM**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: 1. a propriedade de balanceamento é satisfeita a um nível menor que 0.01. 2. as linhas tracejadas inferior e superior indicam o intervalo de confiança de 95% (IC) construídos a partir de 1.000 replicações de *bootstrap*. 3. as capitais inseridas na Amazônia Legal foram excluídas da amostra.

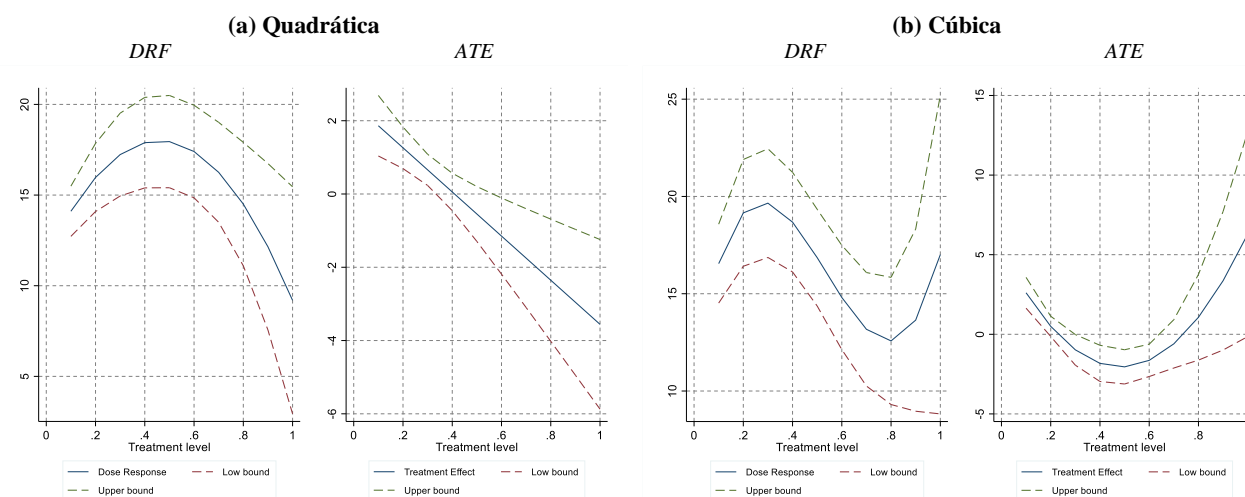
A partir do conjunto de resultados observados para o PIB *per capita*, IFDM e IFDM-Emprego e Renda, é possível dizer que a atividade minerária exerceu um impacto positivo no curto prazo, mas negativo no longo prazo – significativamente negativo a partir de aproximadamente entre 6 e 7 anos em todos os casos –, sobre o desenvolvimento e nível de atividade dos municípios da AL. Logo, pode-se afirmar que a curva de impacto da atividade minerária sobre a atividade econômica municipal apresentou um formato de U invertido, com evidência em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais no longo prazo para municípios da AL. Esse resultado empírico vai na direção da modelagem teórica construída em Barbier (2005), na qual inicialmente é sempre ótimo para a economia escolher a taxa máxima de expansão da fronteira, proporcionando maior crescimento no curto prazo, mas esse resultado não consegue se manter no longo prazo.

Finalmente, estuda-se a dinâmica de uma já conhecida externalidade negativa provocada pela atividade extrativa, o desmatamento. Como se observa na figura 3, pode-se afirmar que municípios da AL expostos por até entre 3 e 4 anos à atividade minerária experimentaram maior desmatamento. Esse resultado corrobora aquele encontrado em Sonter *et al.* (2017) para a floresta amazônica brasileira. A partir de então, muito pouco se pode afirmar pois não se observa um padrão claro para o impacto pois os efeitos trabalham em direções opostas dependendo da forma funcional adotada para a expectativa condicional e, além disso, observa-se uma piora no ajuste dos ICs.

Diante do quadro observado, pode-se dizer que, ao abordar os efeitos da atividade minerária sobre o PIB *per capita*, desenvolvimento e desmatamento, este estudo contribui para o debate em torno do estímulo à produção mineral no Brasil. Se por um lado, o estímulo à produção mineral pode estar no centro dos desenhos de políticas públicas pela necessidade de dotar o país com matérias-primas suficientes para sustentar internamente o crescimento econômico, gerando grandes quantidades de divisas via exportação, por outro, ao mostrar que os efeitos positivos sobre PIB *per capita* e IFDM tendem a se dissipar e tornar-se negativo no longo prazo e, principalmente, por demonstrar que existe efeito negativo sobre o desmatamento no curto prazo, esta pesquisa corrobora

a tese da vulnerabilidade ambiental da região amazônica, caracterizada por grandes rios e pela vastidão e complexidade da floresta tropical, o que determina riscos elevados devidos a possíveis impactos negativos decorrentes da retirada de recursos minerais. Portanto, é necessário que o arcabouço institucional – que vem sendo dilapidado pelo menos desde 2019 – seja reconstruído e fortalecido a fim de mitigar essa externalidade negativa provocada pela extração mineral. Além disso, é necessário também a construção de um arcabouço institucional relacionado à elaboração de regras fiscais eficientes, com incentivos para que as receitas geradas pela extração sejam gastas de forma eficiente nas funções básicas municipais e que proporcione um ambiente de negócios favorável ao empreendedorismo – facilitando a interligação entre setores produtivos – para que os municípios dessa região consigam escapar dessa Maldição dos Recursos Naturais.

**Figura 3: Função Dose-Resposta e Efeito do Tratamento sobre o Desmatamento**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: 1. a propriedade de balanceamento é satisfeita a um nível menor que 0.01. 2. as linhas tracejadas inferior e superior indicam o intervalo de confiança de 95% (IC) construídos a partir de 1.000 replicações de *bootstrap*. 3. as capitais inseridas na Amazônia Legal foram excluídas da amostra.

Tendo em vista que, além da atividade minerária, em alguns municípios da AL, existem também atividades como a extração petrolífera e de gás natural, foram realizados alguns exercícios em que o modelo básico foi estimado com a inclusão de uma variável adicional. Foram realizadas estimações incluindo a participação de Transferências da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Naturais<sup>21</sup>, deduzida da CFEM, no PIB. Essa variável, chamada de Outros Recursos Naturais, tem o intuito de controlar o efeito relacionado à presença de atividades ligadas à abundância de outros recursos naturais. Além disso, o modelo básico foi estimado com uma definição de subintervalos de distribuição do tratamento alternativo<sup>22</sup>. Em ambos os casos, não houve mudanças significativas nos resultados, os quais estão disponíveis sob requisição.

## 5. Considerações Finais

Buscou-se, neste trabalho, averiguar a persistência do impacto socioeconômico e ambiental provocado pela presença da atividade minerária em municípios da AL. A ideia era testar se a experiência da extração mineral dos municípios reforça ou não a tese de Maldição dos Recursos

<sup>21</sup> Esta rubrica corresponde a soma das Cota-Parte de Royalties da Compensação Financeira pela Produção de Petróleo (Lei nº 7.990/89), Cota-Parte da Compensação Financeira de Recursos Hídricos, Cota-Parte da CFEM, Cota-Parte do Fundo Especial do Petróleo (FEP) e Outras Transferências Decorrentes de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Naturais.

<sup>22</sup> Os subintervalos de tratamento foram redivididos nos seguintes subintervalos: [0, 0,14], [0,21, 0,43], [0,50, 0,71] e [0,79, 1], com aproximadamente 6.182, 1.392, 980 e 566 observações em cada, respectivamente.

Naturais – hipótese mais comumente testada com dados de países – e, também, verificar se essa atividade pode ser estatisticamente associada ao aumento do desmatamento dessa região. Para tanto, usou-se a arrecadação de CFEM, para identificação dos grupos de tratamento e controle, e do PSG e função dose-resposta para a identificação do impacto.

Em resumo, observou-se impacto positivo e decrescente devido à atividade minerária sobre o PIB *per capita* no curto prazo. Este impacto foi estatisticamente significativo para os municípios expostos à atividade até aproximadamente 5 e 6 anos. A partir daí essa tendência se reverte e observa-se um impacto negativo. Resultado semelhante é observado para o IFDM e seu subíndice relacionado ao mercado de trabalho. Esse conjunto de evidências permite afirmar que a curva de impacto da atividade minerária sobre o desenvolvimento e nível de atividade comportou-se como um U invertido, com evidência em favor da hipótese de Maldição dos Recursos Naturais no longo prazo.

É necessário levar em consideração ainda as externalidades negativas ambientais geradas pela presença da atividade na região, sendo o desmatamento sua manifestação mais clara. Os resultados apontam que a atividade minerária contribui para o aumento anual do desmatamento para municípios expostos por um período de até entre 3 e 4 anos.

Uma agenda de pesquisa futura consiste na definição mais precisa da variável de desmatamento nos moldes de Bragança e Dahis (2021) e, também, em um esforço para exploração dos mecanismos por meio dos quais a atividade minerária afeta as variáveis socioeconômicas em estudo e o desmatamento. Um possível caminho seria averiguar se o impacto negativo de longo prazo pode ser explicado pela ausência de interligações produtivas (Medina, 2021), por meio de um efeito *crowding out* sobre o setor de manufaturados ou pela via institucional (Frankel, 2012). Quanto ao impacto sobre o desmatamento, pode-se, além dos mecanismos de transmissão do efeito já conhecidos, explorar a possibilidade de canais adicionais como o da política, sugerido por Bragança e Dahis (2021) para o caso da agricultura, os quais mostram com uso de regressão descontínua que, antes da implementação do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), prefeitos ligados à agricultura tinham incentivos a serem lenientes com o avanço do desmatamento em troca de benefícios eleitorais.

## Referências Bibliográficas

ALVAREZ-BERRÍOS, N. L.; AIDE, T. M. Global Demand for Gold is another Threat for Tropical Forests. *Environmental Research Letters*, v. 10, 2015.

ASIF, M.; KHAN, K. B.; ANSER, M. K.; NASSANI, A. A.; ABRO, M. M. Q.; ZAMAN, K. Dynamic Interaction between Financial Development and Natural Resources: Evaluating the ‘Resource curse’ Hypothesis. *Resources Policy*, v. 65, p. 1-14, 2020.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? *Environment and Development Economics*, v. 20, p. 697-722, 2015.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R.; ROCHA, R. The Effect of Rural Credit on Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon. *The Economic Journal*, v. 130, p. 290–330, 2019.

BARBIER, E. B. Frontier Expansion and Economic Development. *Contemporary Economic Policy*, v. 23, n. 2, p. 286-303, 2005.

BRAGANÇA, A.; DAHIS, R. Cutting Special Interests by the Roots: Evidence from the Brazilian Amazon. Working Paper 004. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021.

BIA M.; MATTEI, A. A Stata Package for the Estimation of the Dose-response Function through Adjustment for the Generalized Propensity Score. *The Stata Journal*, v. 8, n. 3, p. 354-373, 2008.

CARVALHO, M. S. de. Diamonds are Forever: Log-Run Effects of Mining Institutions in Brazil. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 65. 2016.

DELAZERI, L. M. Determinantes do Desmatamento nos Municípios do Arco Verde – Amazônia Legal: uma abordagem econométrica. *Economia-Ensaios*, v. 30, n. 2, p. 11-34, 2016.

DOYLE, W. R. Effect of Increased Academic Momentum on Transfer Rates: An Application of the Generalized Propensity Score. *Economics of Education Review*, v. 30, p. 191-200, 2011.

DWUMFOUR, R. A.; NTOW-GYAMF, M. Natural Resources, Financial Development and Institutional Quality in Africa: Is There a Resource Curse? *Resources Policy*, v. 59, p. 411-426, 2018.

ESPOSTI, R. The Empirics of Decoupling: Alternative Estimation Approaches of the Farm-level Production Response. *European Review of Agricultural Economics*, v. 44, n. 3, p. 499-537, 2017.

FIRJAN. Anexo Metodológico – 2018 – Ano base 2016. 2018. Disponível em: [Download IFDM | Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal](#).

FRANKEL, J. A. The Natural Resource Curse: A Survey of Diagnoses and Some Prescriptions. HKS Faculty Research Working Paper Series RWP12-014, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 2012.

GE, J.; LEI, Y. Mining Development, Income Growth and Poverty Alleviation: A Multiplier Decomposition Technique Applied to China. *Resources Policy*, v. 38, p. 278-287, 2013.

GUARDABASCIO B, VENTURA M. Estimating the Dose–Response Function through a Generalized Linear Model Approach. *The Stata Journal*. v. 14, n. 1, p. 141-158, 2014.

HIRANO, K.; IMBENS, G. W. The Propensity Score with Continuous Treatments. In *Applied Bayesian Modeling and Causal Inference from Incomplete-Data Perspectives*, ed. A. Gelman and X.-L. Meng, p. 73-84. West Sussex, England: Wiley InterScience, 2004.

IMBENS, G. W. The Role of the Propensity Score in Estimating Dose-Response Functions. *Biometrika*, v. 87, n. 3, p. 706–10, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Balança Comercial Mineral da Amazônia - Período: janeiro a agosto de 2008. IBRAM, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Informações sobre a Economia Mineral Brasileira 2020 – Ano base 2019. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2020.

MEDINA, J. P. Mining Development and Macroeconomic Spillovers in Chile. *Resources Policy*, v. 70, p. 1-26, 2021.

MWITWA, J.; GERMAN, L.; MUIIMBA-KANKOLONGO, A.; PUNTODEWO, A. Governance and sustainability challenges in landscapes shaped by mining: Mining-forestry linkages and impacts in the Copper Belt of Zambia and the DR Congo. *Forest Policy and Economics*, v. 5, p. 9-30, 2012.



NAHAS, M. M.; SIMÕES, R. F.; GOLGHER, A. B.; RIBEIRO, L. C. de S. Especialização e diversificação produtiva: um modelo de painel espacial para a indústria extrativa mineral em Minas Gerais, 2000-2010. *Nova Economia*, v. 29, n. 1, p. 7-40, 2019.

NOGUEIRA, L. V. Ensaio sobre Crescimento Econômico: Instituições de Ensino Superior; Qualidade das Finanças Públicas; Abertura. Tese (Doutorado em Economia) – Centro de Aperfeiçoamento de Economistas do Nordeste, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

OLIVEIRA, G. R.; MENEZES, R. T.; RESENDE, G. M. Efeito Dose Resposta do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) no Estado de Goiás. *Nova Economia*, v.28, n.3, p.965-1000, 2018.

PADRÃO, G. de A.; LIRIO, V. S.; LIMA, J. E. de. Determinantes do Desmatamento na Amazônia Legal: Um Estudo de Caso do Estado do Acre. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 8, n. 1, 2016.

PAPKE, L. E.; WOOLDRIDGE, J. M. Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401(K) Plan Participation Rates. *Journal of Applied Econometrics*, v.11, p. 619-632, 1996.

POTAPOV, P.; HANSEN, M. C.; LAESTADIUS, L.; TURUBANOVA, S.; YAROSHENKO, A.; THIES, C.; SMITH, W.; ZHURAVLEVA, I.; KOMAROVA, A.; MINNEMEYER, S.; ESIPOVA, E. The Last Frontiers of Wilderness: Tracking Loss of Intact Forest Landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances*, v. 3, n. 1, 2017.

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. The Big Push, Natural Resource Booms and Growth. *Journal of Development Economics*, v. 59, p. 43-76, 1999.

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. The curse of Natural Resources. *European Economic Review*, v. 45, p. 827-838, 2001.

SALA-I-MARTIN, X.; SUBRAMANIAN, A. "Addressing the Natural Resource Curse: An Illustration from Nigeria. *Journal of African Economies*, Centre for the Study of African Economies (CSAE), v. 22, n. 4, p. 570-615, 2013.

SANT'ANNA, A. A.; YOUNG, C. E. F. Direitos de Propriedade, Desmatamento e Conflitos Rurais na Amazônia. *Economia Aplicada*, v. 14, n. 3, p. 381-393, 2010.

SANTOS, J. C. dos; BRAGA, M. J.; HOMMA, A. K. O. Determinantes de Desmatamento em Polos de Produção Agropecuária no Estado do Acre, Amazônia Brasileira. In: SOBER - XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, 2008.

SCHUELER, V.; KUEMMERLE, T.; SCHRÖDER, H. Impacts of Surface Gold Mining on Land Use Systems in Western Ghana. *AMBIO*, v. 40, p. 528-539, 2011.

SMITH, B. Oil Wealth and Regime Survival in the Developing World, 1960–1999. *American Journal of Political Science*, v. 48, n. 2, p. 232-246, 2004.

SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRETT, D. J.; GALFORD, G. L.; MORAN, C. J.; SOARES-FILHO, B. S. Mining Drives Extensive Deforestation in the Brazilian Amazon. *Nat Commun* v. 8, n. 1013, p. 1-7, 2017.

## APÊNDICE

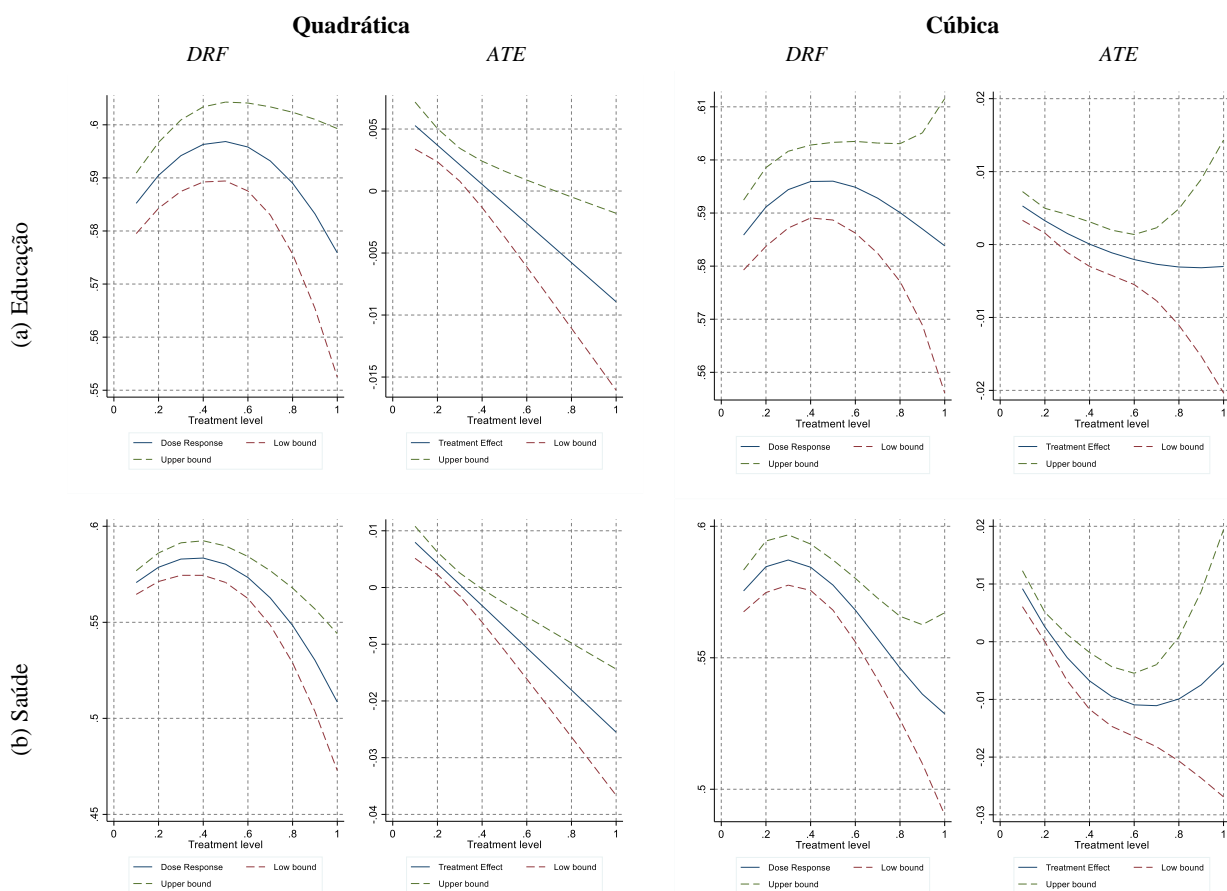
**Tabela 2: Teste de Diferença de Média antes do Balanceamentos dos Dados**

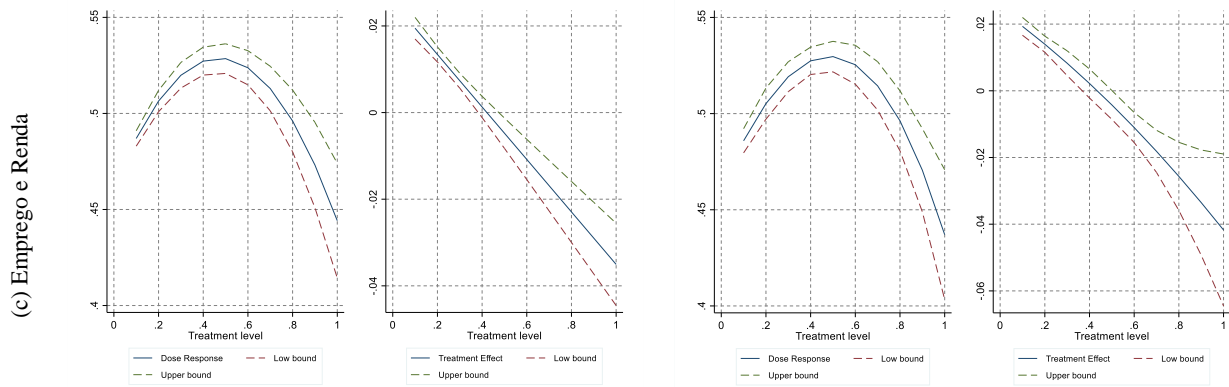
Covariadas	<i>Intervalo do Tratamento</i>							
	<i>[0.0000, 0.2143]</i>		<i>[0.2857, 0.5000]</i>		<i>[0.5714, 0.7857]</i>		<i>[0.8571, 1.0000]</i>	
	Dif. Méd	Valor-t	Dif. Méd	Valor-t	Dif. Méd	Valor-t	Dif. Méd	Valor-t
CapArrec	-0.0016	-7.9957	0.0011	3.9571	0.0014	4.6259	0.0016	5.8923
Educ	-0.0722	-27.4487	0.0262	7.7729	0.0658	16.6617	0.1093	26.5892
Saude	-0.0745	-19.7443	0.0291	6.0195	0.0625	10.0165	0.1154	18.1961
Emprego	-0.0525	-16.5120	0.0447	10.8268	0.0542	9.3270	0.0158	2.6186
CFpc	-0.0046	-21.4173	0.0023	8.7771	0.0036	9.5686	0.0057	13.2893
Incidengue	-129.4003	-6.1340	129.0966	5.5156	103.6545	3.6635	90.7714	1.4231
Densdemog	-21.6008	-5.5745	8.8651	1.9183	15.2180	2.0809	35.3945	3.2749
Desmat	-1.2984	-1.4721	4.2867	3.3704	-1.7986	-1.5263	-1.6387	-1.4006
Violencia	-6.7090	-12.7506	1.5864	2.4100	3.6441	4.2781	10.9126	10.8344
VABagro/PIB	0.0001	20.2070	0.0000	-9.4316	-0.0001	-9.4653	-0.0001	-10.8409
Distmerc	-3.4675	-0.6263	12.8598	1.7751	3.3567	0.3532	-19.7336	-1.9440

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: é realizada a comparação entre a média da covariada pertencente a um determinado intervalo com a média dos demais subintervalos, como em Hirano e Imbens (2004).

**Figura 4: Função Dose-Resposta e Efeito do Tratamento sobre os Componentes do IFDM**





Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: 1. a propriedade de balanceamento é satisfeita a um nível menor que 0.01. 2. as linhas tracejadas inferior e superior indicam o intervalo de confiança de 95% (IC) construídos a partir de 1.000 replicações de *bootstrap*. 3. as capitais inseridas na Amazônia Legal foram excluídas da amostra. 4. Resultados para uma especificação de segunda ordem da expectativa condicional do *outcome*. 5. Os resultados dos testes que verificam a propriedade de balanceamento estão disponíveis sob requisição.

**Tabela 3: Balanceamento dado o GPS**

		Intervalo do Tratamento							
		[0.0000, 0.2143]		[0.2857, 0.5000]		[0.5714, 0.7857]		[0.8571, 1.0000]	
		Dif. Méd	Valor-t <sup>#</sup>	Dif. Méd	Valor-t	Dif. Méd	Valor-t	Dif. Méd	Valor-t
ln(PIBpc)	Covariadas								
	CapArrecad	0.0004 0.0002	2.2622	-0.0005 0.0002	-2.5888	-0.0005 0.0003	-1.8462	-0.0006 0.0005	-1.2555
	Educ	0.0046 0.0021	2.2265	-0.0035 0.0022	-1.6370	-0.0300 0.0038	-7.8084	-0.0533 0.0075	-7.1043
	Saude	0.0040 0.0033	1.2225	-0.0060 0.0033	-1.8037	-0.0132 0.0055	-2.3888	-0.0461 0.0106	-4.3588
	Emprego	0.0135 0.0023	5.8008	-0.0217 0.0026	-8.4453	-0.0061 0.0039	-1.5766	0.0672 0.0075	8.9917
	CFpc	0.0011 0.0002	6.8056	-0.0011 0.0002	-6.0332	-0.0008 0.0003	-3.2307	-0.0003 0.0005	-6.4295
	Incidengue	43.7190 14.1290	3.0943	-56.123 16.9800	-3.3052	-79.7080 25.0750	-3.1788	62.5300 45.7040	1.3681
Densdemog	4.5494 1.2704	3.5812	-6.6677 1.7760	-3.7544	-2.7628 2.2272	-1.2405	2.0180 3.3317	0.6057	
IFDM	CapArrecad	0.0003 0.0001	2.5058	-0.0005 0.0002	-2.7544	-0.0005 0.0002	-2.4088	-0.0001 0.0004	-0.3599
	Desmat	0.1459 0.7172	0.2035	-1.7268 0.8157	-2.1171	2.7312 1.1610	2.3524	3.6640 2.2360	1.6386
	Violencia	0.5880 0.3025	1.9438	-0.9332 0.3434	-2.7177	-0.1118 0.4936	-2.2645	-0.3976 0.9388	-0.4235
	CFpc	0.0008 0.0001	6.5473	-0.0010 0.0002	-6.5106	-0.0004 0.0002	-1.8432	0.0012 0.0004	2.9375
	Incidengue	26.1370 11.8210	2.2110	-30.1660 14.4450	-2.0883	-45.2820 19.6130	-2.3087	52.8730 41.7620	1.2661
	Densdemog	5.0414 1.3101	3.8482	-6.9100 1.7897	-3.8609	-3.4866 2.2231	-1.5684	1.2974 3.1458	0.4124
Desmat	VABagro/PIB	0.0000 0.0000	-1.2477	0.0000 0.0000	5.8376	0.0000 0.0000	-2.0334	0.0000 0.0000	-3.5847
	Educ	0.0079 0.0019	4.2106	-0.0038 0.0019	-1.9365	-0.0211 0.0029	-7.2218	-0.0343 0.0059	-5.8190
	Distmerc	-0.2235 4.3941	-0.0509	-3.2881 4.6276	-0.7105	8.3785 6.6048	1.2686	47.2430 12.3350	3.8298

Densdemog	4.8728 1.4986	3.2516	-5.5342 1.8691	-2.9608	-1.732 2.0801	-0.8327	2.3626 2.9586	0.7986
Violencia	0.7472 0.3359	2.2245	-0.7014 0.3719	-1.8861	-0.1774 0.4969	-0.3570	-1.7456 0.9527	-1.8322
CFpc	0.0012 0.0001	8.2486	-0.0010 0.0002	-6.1718	-0.0002 0.0002	-0.94915	0.0005 0.0004	1.2717
Incidengue	31.7390 12.9870	2.4439	-40.042 14.8600	-2.6946	-12.331 19.0850	-0.6461	90.5880 34.5980	2.6183

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: # Valor-t para igualdade de médias. Desvios-padrão abaixo das diferenças de média.

**Tabela 4: Coeficientes Estimados da Função Dose-Resposta**

	Quadrática			Cúbica		
	Coef.	Desvio-padrão	valor-p	Coef.	Desvio-padrão	valor-p
<i>PIB per capita</i>						
<i>T</i>	1,0482	0,0828	0,0000	1,6043	0,1842	0,0000*
<i>T</i> <sup>2</sup>	-1,0724	0,1293	0,0000	-2,9156	0,5731	0,0000*
<i>T</i> <sup>3</sup>				1,3957	0,4373	0,0010*
<i>GPS</i>	2,0880	0,1659	0,0000	0,8498	0,3150	0,0070*
<i>GPS</i> <sup>2</sup>	0,5482	0,3564	0,1240	5,6136	1,1289	0,0000*
<i>GPS</i> <sup>3</sup>				-5,2777	1,1033	0,0000*
<i>T</i> × <i>GPS</i>	-0,4464	0,2682	0,0960	-0,4603	0,2686	0,0870***
$\alpha_0$	9,0232	0,0166	0,0000	9,0830	0,0222	0,0000*
<i>IFDM</i>						
<i>T</i>	0,1433	0,0135	0,0000	0,1656	0,0302	0,0000*
<i>T</i> <sup>2</sup>	-0,2078	0,0215	0,0000	-0,2818	0,0924	0,0020**
<i>T</i> <sup>3</sup>				0,0578	0,0703	0,4110
<i>GPS</i>	0,7061	0,0287	0,0000	0,7095	0,0580	0,0000*
<i>GPS</i> <sup>2</sup>	-0,4714	0,0569	0,0000	-0,4776	0,1925	0,0130**
<i>GPS</i> <sup>3</sup>				0,0022	0,1776	0,9900
<i>T</i> × <i>GPS</i>	0,1129	0,0447	0,0120	0,1096	0,0449	0,0150**
$\alpha_0$	0,4216	0,0033	0,0000	0,4210	0,0046	0,0000
<i>Desmatamento</i>						
<i>T</i>	26,0156	6,2377	0,0000	68,2864	13,6967	0,0000*
<i>T</i> <sup>2</sup>	-30,1203	8,8929	0,0010	-168,2487	41,5547	0,0000*
<i>T</i> <sup>3</sup>				104,8309	31,1408	0,0010*
<i>GPS</i>	-113,7299	12,3900	0,0000	-208,7888	26,3639	0,0000*
<i>GPS</i> <sup>2</sup>	142,9492	24,6801	0,0000	517,9138	93,0096	0,0000*
<i>GPS</i> <sup>3</sup>				-382,1288	90,2387	0,0000*
<i>T</i> × <i>GPS</i>	8,0264	17,2766	0,6420	4,5209	17,2638	0,7930
$\alpha_0$	26,1628	1,3939	0,0000	31,0729	1,9547	0,0000*

Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: \*, \*\*, \*\*\* Significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.