



O impacto das GLOs ambientais no desmatamento da Amazônia

Nota técnica nº 3/2022



Abril de 2022

Sumário Executivo

- O ritmo de desmatamento da Amazônia aumentou abruptamente no ano de 2019, passando de 7.091 km² ao ano em 2018 para 10.897 km² ao ano;
- Em resposta, o governo federal optou por fazer o uso de GLOs como forma de combater o desmatamento, que são ações das forças armadas brasileiras de caráter episódico, com orçamento vinculado ao Ministério da Defesa, tipicamente utilizadas em questões de segurança pública;
- Os municípios alvos das GLOs foram escolhidos por terem apresentado desmatamento em agosto de 2019 acima do esperado. Esse tipo de escolha gerou o efeito estatístico denominado “regressão

à média”: o desmatamento posterior retornou ao esperado mesmo sem nenhuma intervenção.

- Se comparado com um território livre de GLOs que apresentava um nível equivalente de desmatamento antes de 2019, o território alvo das GLOs não apresenta nenhuma redução substancial durante e após a implementação das operações;
- A evolução do desmatamento nos territórios afetados pelas GLOs não se distingue da evolução nos demais territórios, apontando para a ausência de efetividade das GLOs na redução do desmatamento.
- Esta nota técnica apresenta o primeiro teste direto da efetividade das Operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLOs) no combate ao desmatamento, utilizando a base de dados inédita de microdados de municípios e períodos de tempo de execução das GLOs.

Introdução

O ritmo de desmatamento da Amazônia aumentou abruptamente no ano de 2019, passando de 7.091 km² ao ano em 2018 para 10.897 km² ao ano¹, representando um incremento de 54%. O dia 10 de agosto de 2019, conhecido como “o dia do fogo”, marcou esse salto com a ação orquestrada por fazendeiros para incendiar e desmatar regiões da floresta no entorno da BR-163, no estado do Pará².

Em resposta, o governo federal optou por fazer o uso de Operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLOs) como forma de combater o desmatamento. As GLOs são ações das forças armadas brasileiras de caráter episódico, com orçamento vinculado ao Ministério da Defesa, tipicamente utilizadas em questões de segurança pública. Posteriormente, o governo ainda subordinou o IBAMA, órgão responsável pela maior parte da

1 http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments

2 <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49453037>

fiscalização e combate ao desmatamento, a Comandos militares durante as GLOs.³ Ambas as medidas foram criticadas por especialistas.⁴

Em nota técnica anterior⁵, mostramos que os custos das GLOs são extremamente altos – em 2019 e 2020 foram gastos R\$ 529 milhões com elas – e que o ritmo de desmatamento segue aumentando. Apesar disso, o governo federal mantém o discurso de que as GLOs foram bem sucedidas em amenizar um cenário que poderia ser pior. Com base na resposta ao Requerimento de Informação (RIC) 1147/2021⁶, que solicitou a lista de municípios alvos de GLOs ambientais, realizamos uma análise da efetividade das GLOs através da comparação da evolução do desmatamento em municípios que receberam e que não receberam as operações.

O desmatamento em territórios com e sem GLOs

Até a produção desta Nota Técnica, foram realizadas três operações de Garantia da Lei e da Ordem ambientais: a Verde Brasil, a Verde Brasil 2 e a Samaúma. A análise do efeito desta última fica comprometida pelo curto período disponível após sua execução: ela se estendeu até o final de agosto de 2021, deixando menos de um ano de dados para avaliação da sua eficácia. Por esse motivo, optamos por analisar as duas primeiras, que têm início no final de agosto de 2019 e se estenderam até abril de 2021. A Figura 1 mostra um mapa dos municípios da Amazônia Legal destacando quais deles foram alvos de cada GLO.

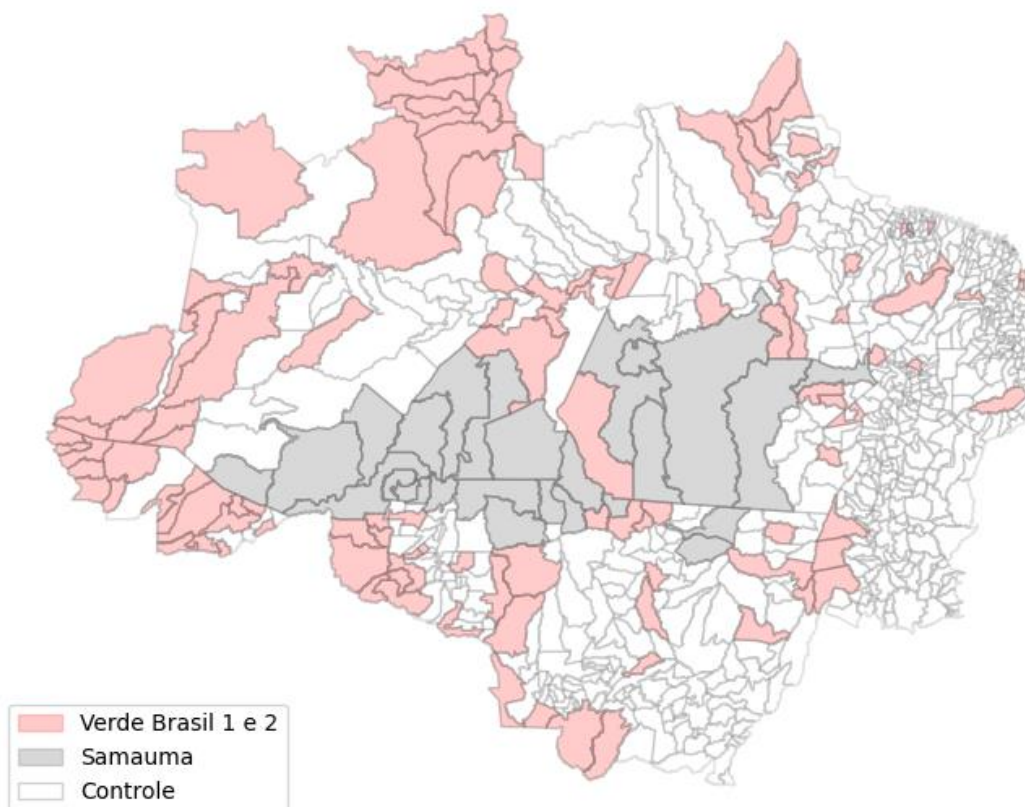
3 <https://oeco.org.br/noticias/acoes-do-ibama-e-icmbio-na-amazonia-serao-subordinadas-aos-militares-decreta-bolsonaro/>

4 <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2019/11/19/discurso-politico-alimentou-piora-diz-ex-presidente-do-ibama.ghtml>

5 http://dados.movimentoacredito.org/notas_tecnicas/Nota_Tecnica_Desmatamento_e_Orcamento.pdf

6 <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2298361>

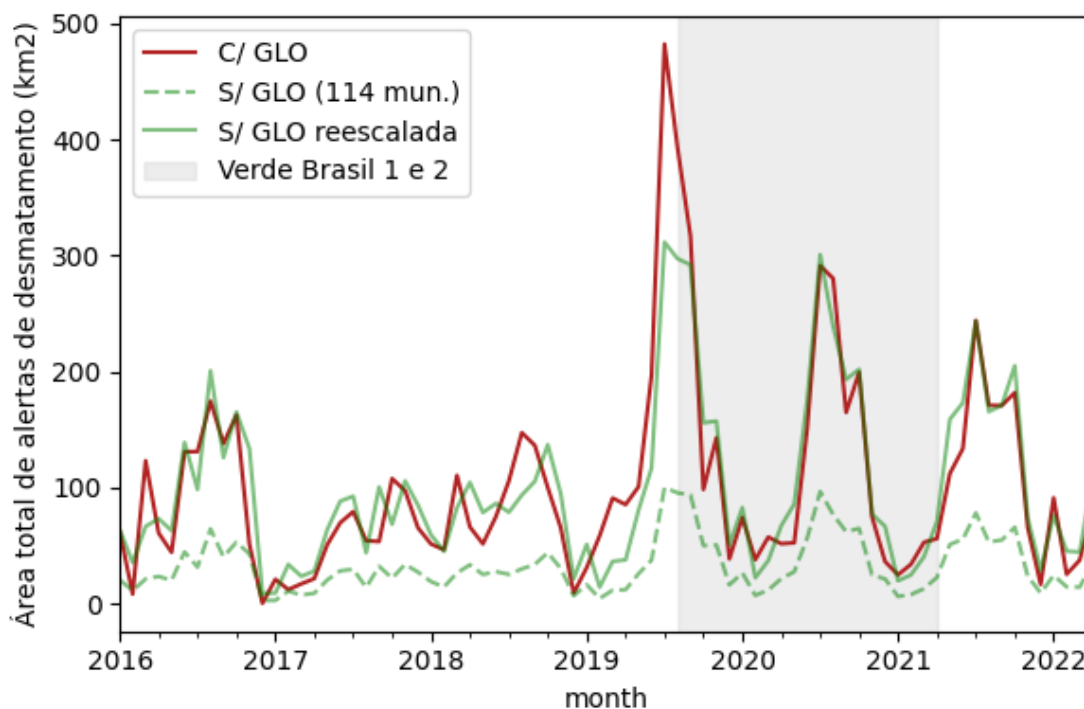
Figura 1: Municípios da Amazônia Legal, com aqueles alvos das operações Verde Brasil 1 e 2 ressaltados em rosa. Os em branco foram considerados do grupo controle, sem GLOS. Os em cinza foram alvo da operação Samaúma.



#PraCegoVer: Mapa da Amazônia Legal, com municípios alvos das GLOs identificados. Os municípios que receberam a operação Samaúma encontram-se no centro, e os que receberam as operações Verde Brasil 1 e 2 encontram-se razoavelmente dispersos, com uma ligeira concentração ao longo das fronteiras internacionais.

A Figura 2 mostra, por mês, o total da área com alertas de desmatamento emitidos pelo sistema Deter do INPE para os 114 municípios que foram alvos apenas das operações Verde Brasil 1 e 2, em vermelho. Como referência para comparação, também mostramos com as linhas verdes as áreas de alerta dos 619 municípios que não foram alvos de nenhuma GLO, multiplicados por dois fatores diferentes. Em todos os casos, o aumento do desmatamento de 2019 em diante é patente.

Figura 2: Área dos alertas mensais de desmatamento no território dos 114 municípios alvos das GLOs Verde Brasil 1 e 2, em comparação com municípios que não receberam GLOs.



#PraCegoVer: Comparação entre três séries temporais de áreas de alerta de desmatamento, cobrindo o período de janeiro de 2016 a abril de 2022. Uma série para os 114 municípios alvos das GLOs; e outras duas para territórios sem GLOs, sendo uma com área equivalente a de 114 municípios e outra com área média de alerta similar à série dos alvos das GLOs. Em comparação com a série dos alvos das GLOs, a dos 114 municípios sem GLOs apresenta o mesmo padrão temporal, mas com magnitude bastante atenuada, enquanto que a de área média similar aparece praticamente sobreposta tanto antes quanto durante e depois das GLOs; exceção é o mês de agosto de 2019, no qual os municípios alvos das GLOs apresentam um pico de alertas de desmatamento.

A linha verde tracejada mostra as áreas multiplicadas por 114/619, ou seja, a área de desmatamento dos municípios sem GLOs se eles estivessem em mesmo número que os municípios com GLOs. Em comparação com a linha vermelha, fica evidente que a taxa de desmatamento dos municípios que foram alvos das GLOs é maior que a dos demais. Isso acontece tanto pelo fato de os municípios serem tipicamente maiores quanto pela maior intensidade de desmatamento em seus territórios.

A linha verde contínua mostra as áreas do território sem GLOs multiplicadas por um fator que a sobrepõe à linha vermelha. Vemos que ambas as curvas são extremamente parecidas, evidenciando uma dinâmica

mais ou menos padrão em toda a Amazônia. Também é possível notar que as áreas de alerta de ambos os territórios apresentam praticamente a mesma magnitude antes, durante e depois das GLOs, ou seja: **se comparado com um território livre de GLOs que apresentava um nível equivalente de desmatamento antes de 2019, o território alvo das GLOs não apresenta nenhuma redução substancial durante e após a implementação das operações.**

Exceção à semelhança entre as curvas vermelha e verde contínua é o pico de desmatamento ao redor de julho de 2019, muito mais pronunciado no território alvo das GLOs. A análise apresentada no apêndice desta nota técnica indica que o critério de escolha dos municípios alvos das GLOs foi justamente o desmatamento acima do esperado nesses meses que antecedem o início da operação Verde Brasil. Em casos como esse, o normal é que logo em seguida ocorra o fenômeno de regressão à média⁷, que consiste no retorno da medida – a área de alerta de desmatamento, neste caso – ao patamar esperado simplesmente por flutuação estatística, sem relação causal com qualquer intervenção. É exatamente isso que parece ocorrer nos meses de setembro e outubro de 2019.

Para estimarmos a eficácia das GLOs de maneira mais quantitativa, utilizamos o método econométrico denominado Diferenças em Diferenças⁸. A ideia desse método é avaliar os efeitos de um “tratamento” (neste caso, as GLOs) comparando a evolução temporal de um grupo teste (aquele que recebe o tratamento) com a evolução temporal de um grupo controle (aquele que não recebe o tratamento). Como o período analisado é o mesmo para ambos os grupos e ele parte de um instante pré para um pós tratamento, esperamos que a diferença de trajetória dos dois grupos seja devida exclusivamente ao tratamento dado. A adequabilidade desse método ao problema do desmatamento é discutida no apêndice.

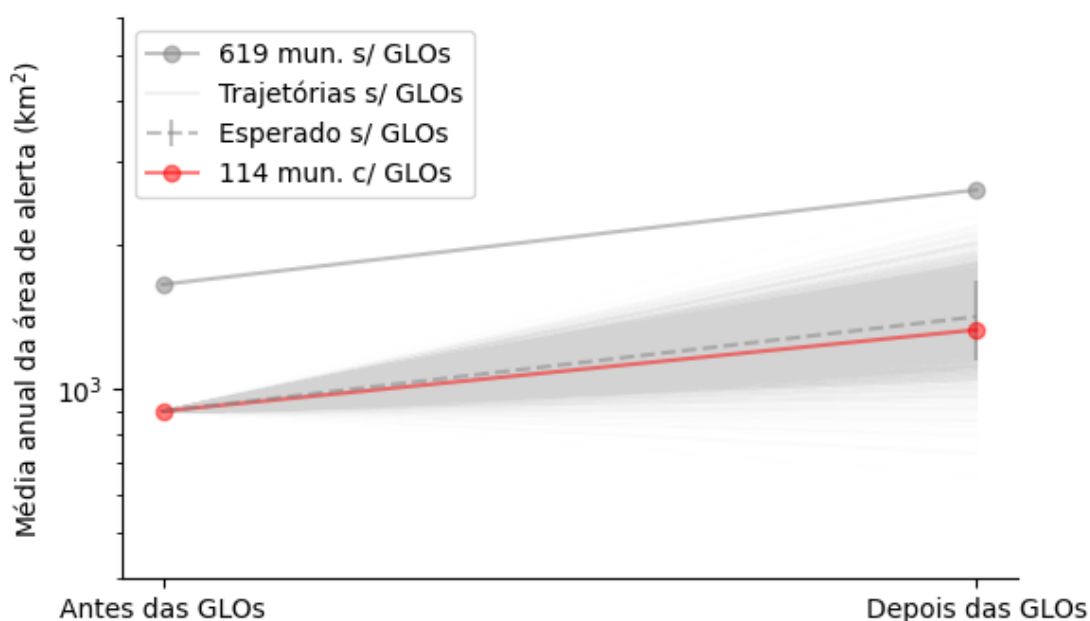
A Figura 3 compara como a média anual da área dos alertas de desmatamento evoluiu de uma época anterior às GLOs (de abril de 2016 a março de 2019) a uma posterior às GLOs (de maio de 2021 a abril de 2022)

7 https://en.wikipedia.org/wiki/Regression_toward_the_mean

8 https://en.wikipedia.org/wiki/Difference_in_differences

para o território dos 114 municípios alvos das GLOs e para os 619 municípios sem GLOs. Ambos os territórios apresentam um aumento na área anual de alertas, conforme já esperado a partir da Figura 2.

Figura 3: Comparação da evolução do desmatamento no território que recebeu GLOs com a evolução em territórios que não receberam GLOs.



#PraCegoVer: a escala vertical é logarítmica e representa a média anual da área de alertas de desmatamento. A escala horizontal é temporal e marca apenas um período anterior e outro posterior às GLOs. Quatro pontos indicam as médias anuais: para antes e depois do período das GLOs e para os municípios alvo e não-alvo das GLOs. Ambos os conjuntos de municípios apresentam um aumento da área de alertas, numa evolução quase paralela. Um feixe formado por 2.000 linhas parte do ponto que representa os alvos pré-GLOs e terminam em alturas diferentes no período pós-GLOs, mostrando possíveis comportamentos de territórios compostos por 114 municípios sem GLOs. O ponto que representa os alvos pós-GLOs encontra-se no meio deles.

Com base no comportamento observado para os 619 municípios sem GLOs, representado pela linha cinza contínua, traçamos o comportamento esperado para os 114 municípios com GLOs caso eles seguissem a mesma dinâmica, isto é, no caso de o efeito das GLOs ser nulo. Esse comportamento esperado é representado pela linha cinza tracejada, paralela à linha cinza contínua.

Embora o território alvo das GLOs tenha um crescimento de desmatamento ligeiramente abaixo do esperado, ele está muito bem contemplado pela incerteza do método, representada pela barra de erro vertical em cinza, na ponta direita da linha tracejada. **Isso significa que não encontramos evidências de efetividade das GLOs. Em outras palavras, seu efeito é compatível com nenhum efeito.**

Para exemplificar isso de maneira mais clara, a Figura 3 mostra, em linhas cinzas finas, a trajetória de 2.000 seleções aleatórias de 114 municípios que não foram alvos das GLOs, ajustadas para partirem do mesmo ponto inicial dos municípios alvos das GLOs. Vemos que o território alvo das GLOs apresenta um comportamento bastante típico desses municípios, sem nenhuma diferença significativa.

Conclusões

Até o melhor do nosso conhecimento, **esta Nota Técnica apresenta o primeiro teste direto da eficácia das Operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLOs) ambientais no combate ao desmatamento.** Utilizando a lista de municípios e períodos de tempo que receberam GLOs, obtida através do RIC 1147/2021, a evolução do desmatamento nessas áreas foi comparada com a evolução em um grupo de municípios controle.

Na comparação entre municípios teste e controle, as GLOs ambientais não demonstraram nenhuma capacidade significativa de redução do desmatamento. A evolução do desmatamento nos municípios que receberam GLOs é típica dos municípios não afetados por elas. As conclusões deste trabalho se somam às das notas técnicas anteriores, revelando o alto custo e baixo (ou nenhum) impacto das GLOs na redução do desmatamento.

Apêndice explicativo

Características do desmatamento e do modelo adotado

A avaliação da evolução do ritmo de desmatamento na Amazônia foi feita com dados de alertas do Deter, um sistema que monitora todas as regiões da Amazônia Legal a cada cinco dias, aproximadamente, a partir de imagens de satélites. É importante lembrar que a detecção do desmatamento numa certa localidade e a emissão de um alerta são afetados pela ocorrência de nuvens que impedem a observação do solo. As nuvens – que apresentam sazonalidade anual, ocorrendo em maior volume na virada do ano – fazem com que a área de alertas de desmatamento seja sistematicamente menor que a área de desmatamento real, além de introduzir flutuações aleatórias nas áreas dos alertas. Isso dificulta a comparação de ritmos de desmatamento entre épocas diferentes, por exemplo.

Apesar dessas dificuldades, entende-se que é possível utilizar os dados do Deter para comparar de maneira estatística (i.e. admitindo a existência de variações aleatórias nas medidas) a evolução temporal das áreas de alerta em regiões diferentes assumindo que a sazonalidade média é a mesma em todo o território monitorado pelo Deter. Esse entendimento é descrito pelo modelo abaixo para a área de alerta $d_m(t)$ emitido para um território m no mês t :

$$d_m(t) = \alpha_m \lambda(t) [1 + \epsilon_m(t)],$$

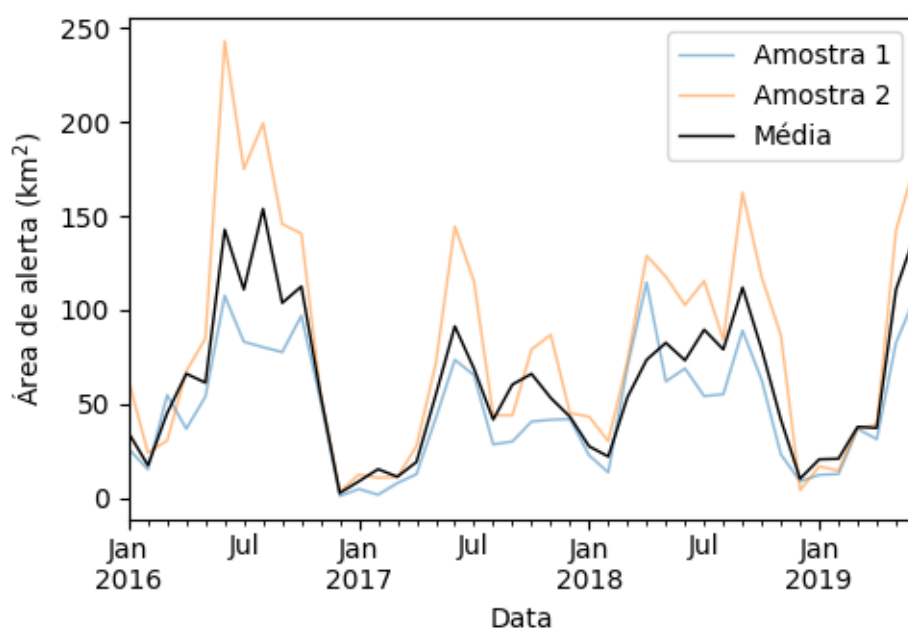
onde $\lambda(t)$ é o comportamento médio dos alertas ao longo do tempo (mês a mês), α_m é um fator que modula o tamanho da área dos alertas para o território m e $\epsilon_m(t)$, o termo de erro, são flutuações específicas em torno do comportamento médio.

O modelo acima enfatiza um aspecto importante: que o comportamento dos alertas de desmatamento em diferentes territórios é basicamente o mesmo, a menos de um fator de escala. A Figura A1 demonstra esse fato: os alertas de desmatamento em dois conjuntos diferentes de municípios seguem um padrão semelhante à média da

Amazônia legal, a menos de um fator que “estica” ou “comprime” o tamanho das áreas em alerta⁹.

Considerações teóricas a respeito dos dados de desmatamento e a análise dos resíduos do modelo acima demonstram que estes são proporcionais à $\sqrt{\alpha_m \lambda(t)}$. Isso significa que o termo de erro $\epsilon_m(t)$ é heteroscedástico e proporcional a $1/\sqrt{\alpha_m \lambda(t)}$. Essa propriedade, embora aumente a variância dos parâmetros de ajuste no caso da utilização do método dos mínimos quadrados simples, não torna essas estimativas viesadas. A Figura A2 mostra que a diferença entre a área observada e a área média escalada $\alpha_m \lambda(t)$ (i.e. os resíduos do modelo) tem amplitude que cresce com esta última.

Figura A1: Área de alertas de desmatamento por mês, para a média dos 760 municípios da Amazônia Legal e para dois conjuntos de 114 municípios selecionados aleatoriamente.

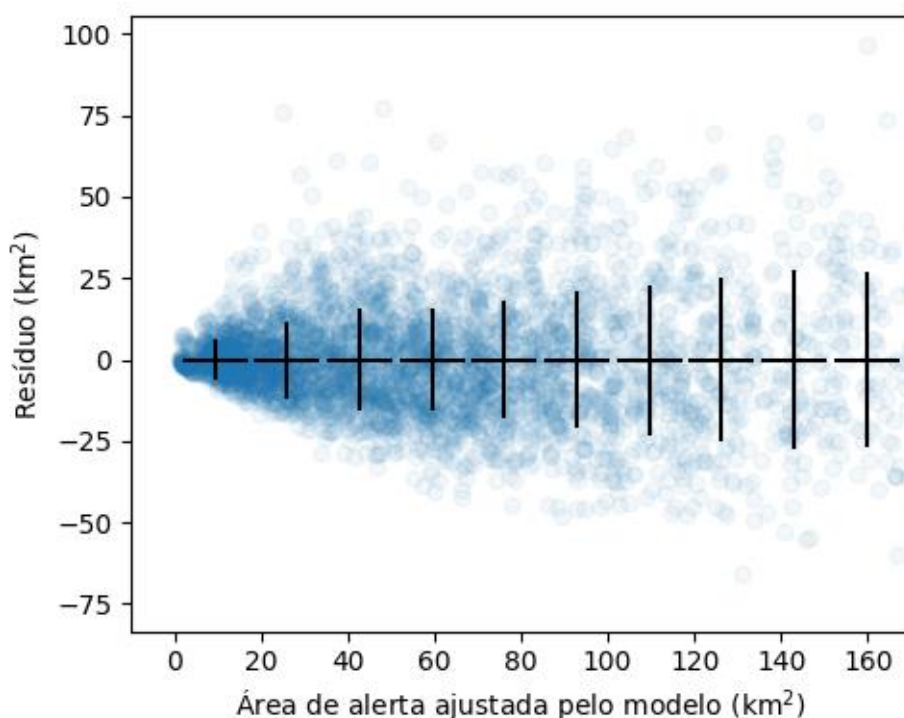


#PraCegoVer: Gráfico da área de alerta de desmatamento mensal em função do tempo, cobrindo

9 Optamos por analisar os agregados mensais dos alertas para conjuntos de municípios e não para municípios individualmente pois, dessa maneira, as áreas dos alertas tornam-se maiores e sua distribuição mais simétrica e bem comportada. No caso de municípios individuais, a distribuição das áreas dos alertas apresenta pico em zero e valores muito extremos. Vale lembrar que as áreas não podem ser negativas.

o período de janeiro de 2016 a junho de 2019. Todas as séries apresentadas têm sazonalidade anual, com alta no meio do ano. O padrão seguido pelas duas amostras é bastante semelhante ao padrão da média, mas uma possui uma amplitude maior e a outra, menor.

Figura A2: Resíduos do modelo para a área de alerta de desmatamento em função da área prevista pelo ajuste. As linhas pretas horizontais identificam intervalos nos quais o desvio padrão dos resíduos foi calculado, este representado pelas linhas pretas verticais.



#PraCegoVer: Gráfico de dispersão com os resíduos do ajuste do modelo aos dados no eixo vertical e a área de alerta prevista pelo modelo na horizontal. Da esquerda para a direita, os pontos começam concentrados em torno de resíduo zero e vão aumentando a dispersão a medida que a área de alerta aumenta.

Os municípios alvos das GLOs

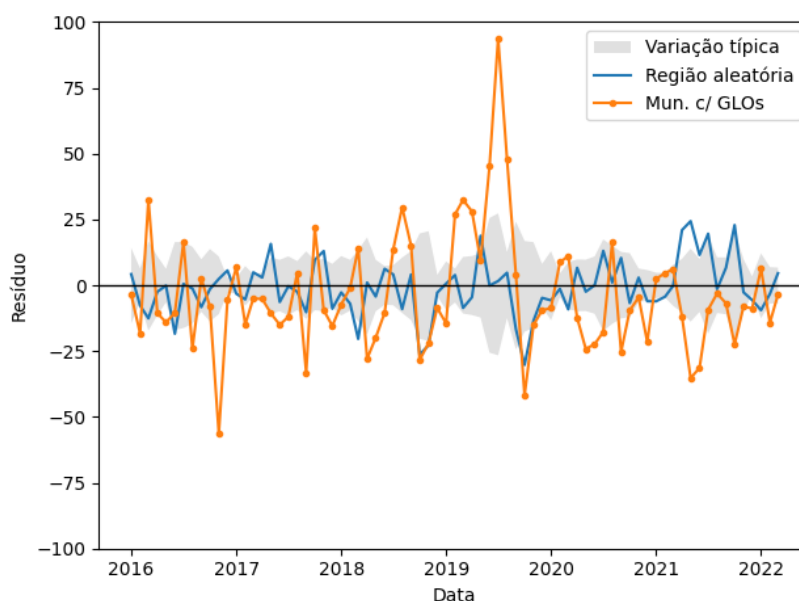
Segundo resposta ao RIC 1147/2021, até o momento da realização deste estudo existiram três operações de Garantia da Lei e da Ordem contra o desmatamento na Amazônia: a Verde Brasil, que funcionou entre 24 de agosto e 24 de outubro de 2019 e atuou em 67 municípios; a Verde Brasil 2, que funcionou entre 14 de abril de 2020 e 30 de abril de 2021 e atuou em

109 municípios; e a Samaúma, que funcionou de 28 de junho a 31 de agosto de 2021 e atuou em 27 municípios. Existe uma grande superposição entre a área de atuação das operações: 63% dos municípios da operação Verde Brasil também receberam a Verde Brasil 2, e 63% dos municípios da Samaúma haviam sido alvo da Verde Brasil 2.

Para termos um período maior de análise pós GLOs, escolhemos selecionar para estudo apenas as operações de maior impacto e que encerraram mais cedo: as operações Verde Brasil 1 e 2, que juntas cobrem 114 municípios e funcionaram de 24 de agosto de 2019 a 30 de abril de 2021. Esses municípios foram considerados da amostra teste, enquanto que os municípios que não foram alvo de nenhuma GLO – nem mesmo da Samaúma – foram considerados da amostra de controle.

Os municípios alvos das operações Verde Brasil 1 e 2 não foram escolhidos de maneira aleatória ou desconectada com os alertas de desmatamento anteriores. Na realidade, os dados indicam que eles foram escolhidos exatamente por apresentarem alertas acima do esperado no mês anterior ao início das operações. A Figura A3 mostra os resíduos do modelo matemático para os municípios alvos das operações Verde Brasil 1 e 2 – isto é, as variações observadas além do esperado – e os compara com resíduos de conjuntos aleatórios de municípios.

Figura A3: Resíduos do ajuste do modelo matemático à área dos alertas dos 114 municípios alvos das operações Verde Brasil 1 e 2, em laranja, e de 114 municípios aleatórios, em azul. A região cinza mostra o desvio padrão observado para a seleção de 114 municípios aleatórios.



#PraCegoVer: Resíduos da região alvo das GLOs em comparação com resíduos de regiões aleatórias, apresentados em função do tempo, de janeiro de 2016 a abril de 2022. Para o alvo das GLOs, nota-se um resíduo muito acima do esperado no mês de agosto de 2019. Nos demais meses, os resíduos são mais próximos do esperado por uma seleção aleatória.

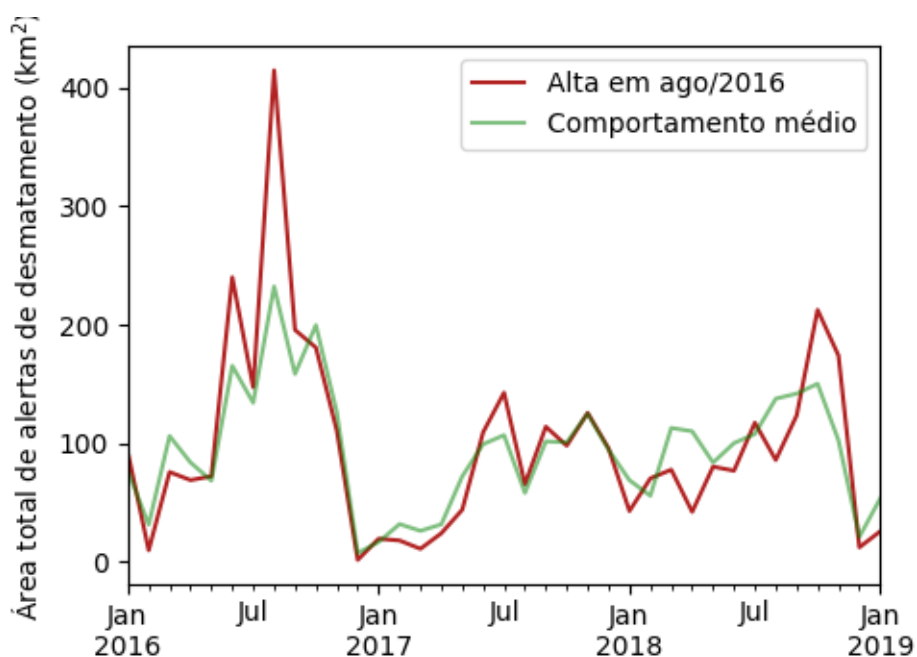
Na figura acima, é evidente que o conjunto de municípios alvo das operações Verde Brasil 1 e 2 se destaca pela alta de desmatamento, muito além do previsto, em torno do mês de julho de 2019. Uma análise de significância estatística mostrou que o desmatamento nessa época não é explicável para uma seleção aleatória de municípios. Ou seja: os municípios foram escolhidos justamente por apresentarem essa alta, o que é plausível enquanto forma de o governo responder à alta do desmatamento.

Outro aspecto importante da Figura A3 é que os resíduos das demais épocas são bastante mais próximos do esperado, tanto antes quanto depois do início da Operação Verde Brasil. Isso indica que a alta de desmatamento de julho de 2019 é uma flutuação estatística e não um fenômeno sistemático. Isso significa que não seria apropriado avaliar a efetividade das GLOs comparando o desmatamento após as operações com o desmatamento imediatamente anterior a elas (isto é, no entorno do mês de

julho de 2019) devido ao fenômeno de regressão à média¹⁰: dado que os municípios alvo das GLOs foram escolhidos justamente por apresentarem um desmatamento acima do esperado para os meses de junho a agosto de 2019, existe uma grande chance de os desmatamentos seguintes serem mais baixos e próximos do esperado mesmo que nenhuma intervenção seja feita.

Para exemplificar o fenômeno de regressão à média, selecionamos o conjunto de 114 municípios que apresentaram as maiores altas de desmatamento em agosto de 2016, e acompanhamos os alertas posteriores. A Figura A4 desvela como uma amostra selecionada pelos seus valores extremos tende a retornar ao comportamento esperado nos instantes posteriores.

Figura A4: Comparação entre amostra de municípios selecionados por apresentarem alta de alertas em agosto de 2016 e a média mensal de alertas de todos municípios, colocada na mesma escala da amostra.



#PraCegoVer: Gráfico de duas séries temporais cobrindo o período de janeiro de 2016 a janeiro de 2019. Ambas as séries praticamente se sobrepõem em todo o período, com exceção de agosto de 2016, quando a série correspondente aos municípios com as maiores altas de desmatamento

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Regression_toward_the_mean

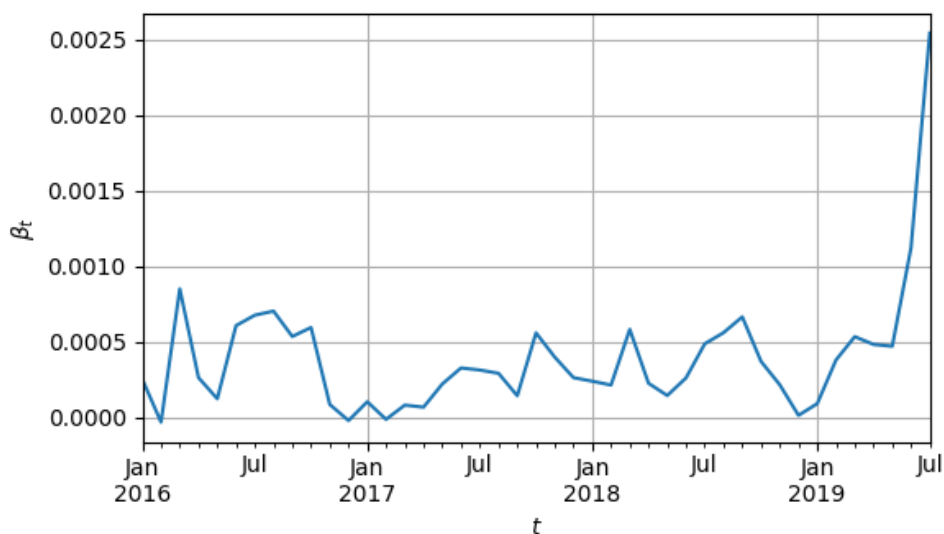
apresentam um pico acentuado, destoando da média.

Uma outra maneira de identificar como os alertas de desmatamento foram utilizados para selecionar os municípios que seriam alvo das GLOs é aplicar um modelo de regressão logística aos alertas de desmatamento dos municípios anteriores a agosto de 2019 para classificar os municípios em alvos ou não de GLOs. Para cada município m , a regressão logística combina linearmente as áreas dos alertas $x_t^{(m)}$ para obter a chamada função de decisão:

$$d^{(m)} = \beta_0 + \sum_t \beta_t x_t^{(m)}.$$

Quanto maior for $d^{(m)}$, maior a chance de o município ser considerado alvo de GLO. A Figura A5 mostra que, de maneira geral, desmatamentos em qualquer época contribuem para um município virar alvo das GLOs, o que mostra que estes tendem a ser municípios historicamente mais ativos no desmate. Mas, além disso, vemos que a importância de um mesmo nível de desmatamento é cerca de cinco vezes maior se ocorrido no mês de julho de 2019, confirmando que este foi um critério essencial para a escolha dos alvos das GLOs.

Figura A5: Coeficientes da função de decisão, que multiplicam as áreas dos alertas de desmatamento em cada mês para classificar um município como alvo ou não de GLO.



#PraCegoVer: Gráfico de linha, com os meses de janeiro de 2016 a julho de 2019 no eixo horizontal e o valor do coeficiente da regressão logística no eixo vertical. Para todos os meses, a linha oscila entre 0 e 0,0007, com exceção de junho e julho de 2019, quando alcança 0,0012 e 0,0025, respectivamente.

Metodologia para verificação da efetividade das GLOs

A efetividade das GLOs foi verificada com o método de Diferenças em Diferenças¹¹. Para demonstrar a aplicabilidade desse método ao problema atacado nesta nota técnica, vamos estender o modelo matemático para o desmatamento $d_m(t)$ incorporando o efeito das GLOs, representado pelo parâmetro β :

$$d_m(t) = \alpha_m \lambda(t) [1 + \beta \theta(m \in G, t > t_0)] [1 + \epsilon_m(t)],$$

onde $\theta(m \in G, t > t_0)$ é uma função com valor 1 caso o município m pertença ao conjunto G de municípios que receberam GLOs e o instante t seja posterior ao término das GLOs, t_0 . Caso contrário, seu valor é zero. Um valor de β compatível com zero aponta para a possível inefetividade das GLOs, enquanto que um valor negativo e estatisticamente diferente de zero demonstra a sua efetividade na redução do desmatamento.

Aplicando a função logarítmica à equação acima, temos:

$$\log[d_m(t)] = \log(\alpha_m) + \log[\lambda(t)] + \log[1 + \beta \theta(m \in G, t > t_0)] + \log[1 + \epsilon_m(t)].$$

Vemos que $\log[d_m(t)]$ apresenta a forma esperada pelo método das Diferenças em Diferenças: os grupos teste e controle apresentam trajetórias no tempo paralelas, a menos do efeito aditivo da intervenção $\log[1 + \beta \theta(m \in G, t > t_0)]$, pois a única outra dependência temporal sistemática aparece através do termo $\log[\lambda(t)]$, comum a ambos. A Figura A6 mostra que essa propriedade é observada para os dados dos municípios que receberam GLOs (grupo teste) e que não receberam (grupo controle).

Figura A6: Comparação da evolução temporal do logaritmo da área média desmatada por município, em km², para os grupos de municípios que receberam (grupo teste) e que não receberam (grupo controle) GLOs, antes da implementação

¹¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Difference_in_differences

das GLOs.



#PraCegoVer: Gráfico com duas linhas. Ambas apresentam muitas oscilações, mas essas oscilações caminham de maneira mais ou menos paralela.

Pelo método de Diferenças em Diferenças, o estimador de $B \equiv \log(1 + \beta)$ tem a forma:

$$\hat{B} = \{\log[d_G(t > t_0)] - \log[d_G(t < t_0)]\} - \{\log[d_C(t > t_0)] - \log[d_C(t < t_0)]\},$$

onde os subscritos G e C indicam os municípios que receberam e que não receberam as GLOs, respectivamente. Isso significa que o estimador de β é:

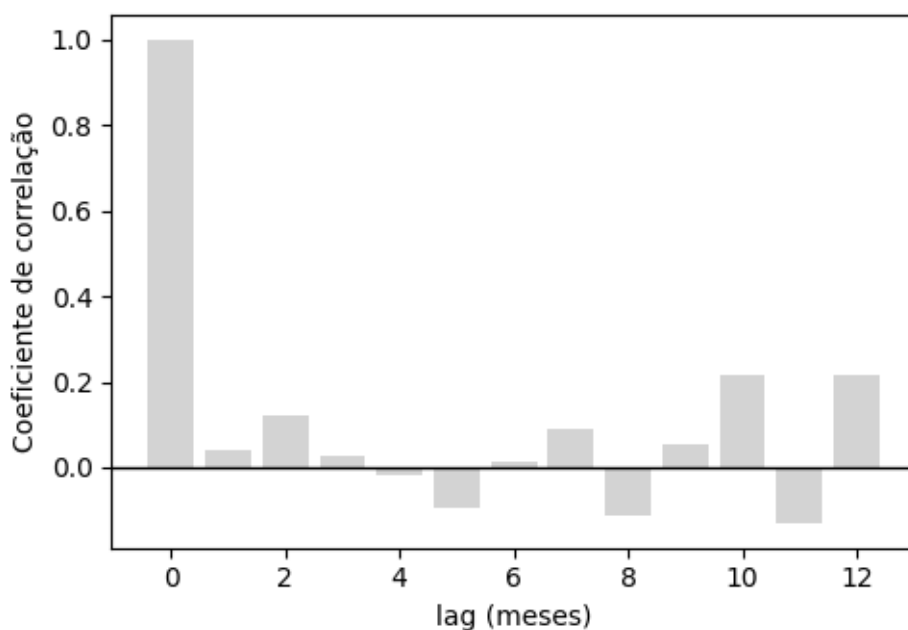
$$\hat{\beta} = \frac{d_G(t > t_0)}{d_G(t < t_0)} \cdot \frac{d_C(t < t_0)}{d_C(t > t_0)} - 1.$$

Em português, a equação acima afirma que a estimativa para o efeito das GLOs é dada pela razão entre o fator de crescimento do desmatamento na região das GLOs e o fator de crescimento do desmatamento nas regiões sem GLOs, ou seja: o quanto que o desmatamento nas áreas de GLOs foi amplificado ou reduzido em comparação com as áreas sem GLOs.

Além do comportamento paralelo, outro requisito do método de Diferenças em Diferenças é que o grupo teste deve ter sido selecionado de maneira mais ou menos aleatória. Conforme vimos na seção anterior, os municípios alvos das GLOs foram selecionados com base nos resíduos dos alertas de desmatamento (i.e. no nível dos alertas acima da valor esperado)

ao redor do mês de julho de 2019. Essa não é uma escolha aleatória para esses meses, já que ela é feita justamente a partir da alta observada no período que, devido ao fenômeno de regressão à média, tenderá a desaparecer. Porém, como os resíduos de meses diferentes são independentes, tal escolha equivale a uma escolha aleatória para os meses anteriores. A Figura A7 abaixo mostra a autocorrelação para os resíduos do logaritmo do desmatamento no território das GLOs anteriores a agosto de 2019, $\log[1 + \epsilon_G(t < t_0)]$, evidenciando essa independência.

Figura A7: Autocorrelação dos resíduos do logaritmo da área de alerta de desmatamento no território alvo das GLOs, na época pré-GLOs, em função do atraso (lag).



#PraCegoVer: Gráfico de barras verticais. Os rótulos na horizontal mostram o número de meses de intervalo (lag) entre os dados utilizado para o cálculo da auto-correlação. O eixo vertical informa o valor do coeficiente de correlação para cada lag. Com exceção da auto-correlação com lag nulo, que atinge um valor de 1, as demais auto-correlações oscilam em torno de zero, com um valor máximo de 0,2.

Todos os dados utilizados e as análises realizadas para esta nota técnica encontram-se disponíveis no link: <https://github.com/gabinete-compartilhado-acredito/desmatamento>.

Gabinete Compartilhado

Sen. Alessandro Vieira

Dep. Tabata Amaral

Dep. Felipe Rigoni

Chefe de Gabinete

Pepe Tonin

Cientista de dados

Henrique Xavier

Assistente de políticas públicas

Carolina B. Lindquist