

Campinas, SP / Dezembro, 2024

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Análise territorial dos focos de calor e desmatamento ocorridos entre agosto/2018 e julho/2023 no bioma Amazônia

Paulo Roberto Rodrigues Martinho⁽¹⁾ e Marcelo da Silva Gigliotti⁽²⁾⁽¹⁾Analista, Embrapa Territorial, Campinas, SP. ⁽²⁾Bolsista, Embrapa Territorial, Campinas, SP.

Resumo – Desmatamentos, queimadas e incêndios em áreas florestais apresentam-se como problemas ambientais globais, mas com diversos impactos locais e nacionais, como perda da biodiversidade, alteração da paisagem, desequilíbrio ecológico e fragilização do solo. Na atualidade, ganham contornos importantes, pois são fatores de alteração do ciclo do carbono global, principal responsável pelas mudanças climáticas. O uso de ferramentas de geoprocessamento abre possibilidades de relacionar esses fenômenos a outras variáveis espaciais, e promover um novo olhar para o entendimento de suas dinâmicas, como forma de obter novos parâmetros para gestão e planejamento dos territórios. O objetivo deste trabalho é produzir uma análise espacial de áreas de desmatamento e focos de calor captados pelo Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (Prodes) e Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), no período de 2019 a 2023, em função do arranjo de posse, a partir da organização das bases de dados espaciais da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde) e do Cadastro Ambiental Rural (CAR) no bioma Amazônia. Além de um levantamento estatístico, foi feita uma análise espacial do território do bioma Amazônia, incluindo entes federativos e o conjunto de áreas públicas e privadas. Foram empregadas técnicas, tecnologias e métodos de geoprocessamento na construção de uma base de dados estatística e cartográfica, com o propósito de descrever o cenário do bioma Amazônia. O processo contempla basicamente aquisição dos dados espaciais, organização, tratamento e cruzamento dos planos de informações espaciais em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG). Essa análise possibilitou quantificar as ocorrências e qualificar os processos de desmatamento e dos focos de calor no bioma Amazônia.

Termos para indexação: Cadastro Ambiental Rural, floresta, geoprocessamento, Prodes, repartição territorial, sistema de informações geográficas.

Territorial analysis of heat spots and deforestation between 2018 and 2023 in the Amazon biome

Abstract – Deforestation, burnings, and wildfires in forested areas are both global and national environmental problems, due to their various local impacts, such as biodiversity loss, landscape alteration, ecological imbalance, and soil degradation. Currently, they take on significant importance, as they alter the global carbon cycle, the primary driver of climate change. The use

Embrapa Territorial
Av. Soldado Passarinho, nº 303
Fazenda Chapadão
13070-115, Campinas, SP
www.embrapa.br/territorial
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luciola Alves Magalhães

Secretária-executiva

Bibiana Teixeira de Almeida

Membros

André Luiz dos Santos Furtado,
Celina Maki Takemura, Janice
Freitas Leivas, Rafael Mingoti,
Suzilei Francisca de Almeida
Gomes Carneiro, Vera Viana
dos Santos Brandão, Jaudete
Daltio, Cristina Criscuolo, Rogério
Resende Martins Ferreira e
Daniela Tatiane de Souza

Edição executiva

Bibiana Teixeira de Almeida

Revisão de texto

Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica

Vera Viana dos Santos Brandão
(CRB-8/7283)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Suzilei Carneiro

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

of geoprocessing tools opens up the possibility of relating these phenomena to other spatial variables, promoting a new perspective on understanding their dynamics, as a way of obtaining new parameters for territorial management and planning. The objective of this work is to produce a spatial analysis of deforestation areas and heat spots captured by the Amazon Rainforest Monitoring by Satellite Program (Prodes) and the Burnings Program of the Brazilian National Institute for Space Research (Inpe), between 2019 and 2023, as a function of land tenure arrangement, based on the organization of spatial databases from the Brazilian National Spatial Data Infrastructure (Inde) and the Brazilian Rural Environmental Registry (CAR) in the Amazon biome. Aside from a statistical survey, we made a spatial analysis considering the areas of the Amazon biome and its federative entities, as well as the set of public and private properties. Geoprocessing techniques, technologies, and methods were used to build a statistical and cartographic database to describe the scenario of the Amazon biome. The process basically consists of the acquisition, organization and processing of spatial data, and of intercrossing spatial information plans within the geographic information system's (GIS) environment. This analysis made it possible to quantify the occurrences and qualify the processes of deforestation and the hot spots in the Amazon biome.

Index terms: Brazilian Rural Environmental Registry (CAR), forests, geoprocessing, Prodes, land distribution, geographical information systems.

Introdução

O bioma Amazônia vem sofrendo, nas últimas décadas, um processo de ocupação intensa de seu território, marcado pela conversão da cobertura vegetal natural em pastagens e monoculturas agrícolas, juntamente com a atividade extrativista da madeira. Esse processo promove o crescimento econômico regional, porém gera conflitos com a necessidade de proteção ambiental do bioma. Os desmatamentos e as queimadas usadas no processo de retirada da cobertura vegetal natural têm levado à perda de biodiversidade, à alteração do regime de chuvas e à intensificação de eventos climáticos extremos, afetando não apenas a Amazônia, mas também o clima global. Além disso, o desmatamento tem gerado conflitos socioambientais e contribuído para a fragilização de comunidades tradicionais.

A análise da dinâmica de ocupação das áreas rurais do bioma Amazônia é fundamental para entender os processos de desmatamento

e queimadas. A identificação precisa das áreas desmatadas e dos focos de calor, em conjunto com a quantificação e qualificação das propriedades rurais, permite identificar os agentes envolvidos no desmatamento, suas motivações e os locais mais críticos. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de políticas públicas mais direcionadas e eficazes no combate ao desmatamento e às queimadas na Amazônia. A qualificação das propriedades para esse propósito deve envolver aspectos como seu tamanho, tipo de atividade e histórico de ocupação, seu domínio (público ou privado), sua atribuição legal, suas restrições de uso e suas áreas de preservação.

No Brasil, a normatização das propriedades rurais e dos parâmetros de preservação da cobertura vegetal nativa foram estabelecidos pelo governo federal através da Lei nº 4.504, de novembro de 1964, dispositivo legal chamado de Estatuto da Terra, e Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, o Código Florestal. Tendo em vista esses conjuntos de leis, a estrutura fundiária brasileira estabelece a existência de terras públicas e privadas. As propriedades privadas, a partir das suas atribuições legais, devem desempenhar função social e ser condicionadas ao bem-estar coletivo, com o compromisso de preservar suas florestas e outras formas de vegetação nativa (Brasil, 1964, 2012).

Sobre a atribuição legal das terras públicas, atualmente há mais de 12 mil áreas públicas legalmente atribuídas, como unidades de conservação, terras indígenas, áreas militares, comunidades quilombolas e assentamentos da reforma agrária, as quais correspondem a cerca de 37% do território nacional, registradas nas bases de dados do Estado brasileiro (Carvalho, 2017).

Com a promulgação da Lei nº 12.651, de 25/5/2012, foi inaugurado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), integrante do Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima), que tem como finalidade registrar informações ambientais dos imóveis rurais em uma base de dados centralizada, sob responsabilidade do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), gerido pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Segundo Brasil (2023), em outubro de 2023 havia 7.212.877 imóveis cadastrados, totalizando 671.962.056 ha de área cadastrada.

Como signatário do Acordo de Paris de 2015 (Brasil, 2017), o Brasil instituiu como meta a redução de desmatamento ilegal a zero até 2030 e adotou medidas para o combate ao fogo, como a estruturação de um sistema de monitoramento de focos de calor por satélite.

Também vem desenvolvendo novas diretrizes e metas sobre o desmatamento e o combate ao fogo, como a quarta fase do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento (PPCDAm) e o sistema de informações geográficas (SIG) BDQueimadas.

A quarta fase do PPCDAm definiu diretrizes para o setor florestal e para a mudança de uso da terra, estabelecendo mecanismos que incentivem a economia de base florestal e contribuam para o desenvolvimento de uma matriz produtiva que seja competitiva economicamente e tenha o menor impacto possível sobre a floresta. Visa fortalecer o cumprimento do Código Florestal, promover a restauração de florestas e a recuperação de pastagens degradadas (Brasil, 2018).

Uma das ações propostas no PPCDAm é expandir os sistemas de manejo sustentável em florestas nativas, com o apoio de ferramentas de geoprocessamento. Nesse contexto, o CAR fornece uma base de dados detalhada sobre o uso da terra no nível da propriedade, essencial para o monitoramento e controle das áreas florestais. O Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (Prodes), de forma complementar, coleta dados sobre a perda de floresta primária e estima a taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (ALB). A integração dessas bases de dados, facilitada pelo geoprocessamento, permite aprimorar a gestão dessas florestas, otimizando o trabalho dos órgãos de controle ambiental e promovendo a preservação dos recursos florestais.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe, 2022), o desmatamento monitorado pelo Prodes refere-se ao processo de retirada da cobertura vegetal para substituição por outros usos da terra. Esse processo pode ocorrer em diferentes estágios, desde a remoção completa e em curto espaço temporal – denominado de desmatamento por corte raso – até uma retirada gradual e lenta, muitas vezes resultante de atividades de exploração madeireira, chamada de desmatamento por degradação progressiva das florestas. O método Prodes considera esses dois tipos de desmatamento para estimar a área desmatada.

A identificação das áreas desmatadas pelo Prodes, segundo Inpe (2022), é realizada a partir da interpretação visual de composições coloridas de imagens de satélite do programa Landsat, operado pela Agência Espacial dos Estados Unidos (Nasa).

Outro importante programa de monitoramento é o Programa Queimadas, também do Inpe, responsável por gerenciar um SIG para o armazenamento e a divulgação de dados espaciais sobre queimadas e incêndios. Esse programa conta

com o repositório BDQueimadas, que disponibiliza acesso a todo o acervo de focos de calor desde 1998.

O monitoramento e a avaliação multitemporal do BDQueimadas são, na atualidade, as principais ferramentas para identificação e prevenção de queimadas e incêndios no bioma Amazônia. O Brasil desenvolve e aprimora de maneira constante seu sistema de detecção de queimadas com dados provenientes de imagens de sensores a bordo de satélites polares e geoestacionários. Os satélites polares deslocam-se em sentido Norte-Sul e têm menores distâncias da Terra, e os geoestacionários apresentam órbita equatorial geoestacionária e têm seus pontos de observação mais distantes da Terra. Os principais satélites utilizados são: *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Noaa), *Geostationary Operational Environmental Satellite* (Goes), *Aqua Earth-Observing Satellite Mission* (Aqua), Terra e Meteosat. A partir dos dados desses sensores, são gerados os planos de informação referentes aos focos de calor (Inpe, 2023a).

Diante do aumento significativo do desmatamento no bioma Amazônia na última década, e da crescente incidência de focos de calor, torna-se essencial estabelecer uma base sólida de dados espaciais, para analisar a influência das dinâmicas territoriais associadas a esses fenômenos. Este estudo tem como objetivo descrever e analisar, de forma espacial, a distribuição dos desmatamentos e focos de calor registrados entre agosto de 2018 e julho de 2023, considerando a repartição territorial e os diferentes tipos de atribuição legal das terras. A finalidade é esclarecer o impacto desses fatores na atual tendência de desmatamento e examinar a correlação espacial entre os dados de desmatamento e os focos de calor.

Material e métodos

Base de dados

A fonte de dados utilizada neste trabalho consiste em um conjunto de dados espaciais públicos, gerados por instituições estatais brasileiras, descritos na Tabela 1. Esses dados abrangem quatro temas principais do bioma Amazônia, distribuídos em seis tipos de entidades espaciais: limites territoriais (unidades federativas e biomas) e arranjos de posse e propriedade (terras públicas e privadas); desmatamento (polígonos do incremento anual de desmatamento); queimadas e incêndios (focos de calor).

Tabela 1. Descrição das fontes de base de dados.

			Dado	
Tema	Entidade espacial	Tipo de feição espacial	Origem	Ano
Limites territoriais	Divisas territoriais (Brasil e unidades federativas)	Poligonal	IBGE	2023
	Biomassas do Brasil			2004
Posse da terra	Terras públicas (terras indígenas, áreas militares, unidades de conservação, territórios quilombolas, assentamentos agrários)	Poligonal	Funai; Incra; ICMBio; MD/CNFP ⁽¹⁾	2022
	Imóveis rurais registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR)	Poligonal	CAR – Sicar	2023
Desmatamento	Polígonos do incremento anual de desmatamento	Poligonal	Inpe – Prodes	2023
Focos de calor	Deteção de focos de calor	Poligonal	Inpe; BDQueimadas	2023

⁽¹⁾Dados informados pelo Ministério da Defesa e compilados por Serviço Florestal Brasileiro.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Funai, Fundação Nacional dos Povos Indígenas; Incra, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária; ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; MD, Ministério da Defesa; CNFP, Cadastro Nacional de Florestas Públicas; CAR, Cadastro Ambiental Rural; Sicar, Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural; Inpe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; Prodes, Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite; BDQueimadas, Banco de dados de queimadas do Inpe.

Fonte: ICMBio (2022), IBGE (2023), Funai (2024), Incra (2024), Inpe (2024), Prodes (2024), Serviço Florestal Brasileiro (2024), Sicar (2024).

A descrição, o cruzamento e a análise desses atributos servirão para compor o cenário de ocorrência de focos de calor e desmatamento, considerando a atribuição legal das terras no período de agosto de 2018 a julho de 2023, que constitui o objetivo geral deste estudo.

Os limites territoriais que definem a área de estudo referente ao bioma Amazônia e as unidades federativas inseridas nesse contexto foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As entidades espaciais referentes às atribuições legais das terras foram adquiridas junto às entidades oficiais competentes e representantes de cada segmento, conforme a Tabela 1. Buscou-se complementar essa base para considerar também as feições do Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP), vinculado ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB), criado pela Lei nº 11.284 (Brasil, 2006), que regulamenta a gestão de florestas públicas no território nacional. Seu repositório online reúne dados georreferenciados das áreas de florestas públicas demarcadas, e inclui informações sobre as florestas federais e também estaduais e municipais, não inclusas na base do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Para identificar as áreas de domínio privado, foram usados os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR), criado pela Lei nº 12.651, art. 29 (Brasil, 2012) no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (Sinima).

O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

O CAR dispõe, na sua base, os imóveis rurais declarados pelos proprietários, portanto podem existir sobreposições entre os limites de propriedades vizinhas contíguas e com as áreas de terras públicas. Como forma de tratar os dados, para evitar a sobreposição, foram agregados os polígonos em uma única feição, como forma de eliminar as áreas de sobreposição, usando a ferramenta *Dissolve*, do ArcGIS Pro. Para eliminar a sobreposição entre as feições dos imóveis rurais em relação às áreas de terra públicas, foi utilizada a ferramenta *Erase*, do ArcGIS Pro, para excluir as áreas de imóveis privados contidas em áreas públicas de proteção integral, que não permitem a coexistência com propriedades privadas.

Os dados espaciais referentes ao processo de desmatamento foram obtidos pelo Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (Prodes). Esse programa identifica o acréscimo anual das áreas desmatadas a partir da interpretação visual de composições coloridas de sensores remotos. Os dados usados compreendem os polígonos delimitadores das áreas desmatadas no

período de agosto/2018 a julho/2023, armazenados em um arquivo no formato *shapefile*.

Os dados de focos de calor, que podem indicar a ocorrência de queimadas controladas (em pastagem, por exemplo) ou incêndios (florestas), foram adquiridos junto ao Programa Queimadas, que disponibiliza em seu repositório dados de dez sensores ópticos orbitais: *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/3)* dos *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA-18 e 19)*; *Metop-B e C*; *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis)* dos satélites Terra e Aqua da Nasa; *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)* do Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP-Suomi); NOAA-20; *Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-16)*; e *Meteosat Second Generation (MSG-3)*, que operam na faixa termal média (4 um) (Inpe, 2022). Neste trabalho foram utilizados apenas os dados gerados pela plataforma Aqua_M-T, referente ao sensor Modis, por ser o satélite de referência do projeto e por permitir a análise de séries históricas mais longas.

Elaboração do mapa da atribuição legal das terras do bioma Amazônia

A construção da repartição territorial teve como parâmetros os tipos de propriedade e suas atribuições legais, diferenciando, em um primeiro momento, as áreas de domínio público ou privado e sem atribuição legal, compostas pelas áreas sob poder público sem destinação e as terras devolutas.

As áreas públicas foram classificadas, de acordo com a função, como de proteção ou de uso sustentável. A classe de áreas públicas de proteção foi estabelecida de acordo com as definições de área de proteção da International Union for Conservation of Nature (Iucn), e a categoria de floresta pública do tipo A do CNFP contempla as terras indígenas, unidades de conservação de proteção integral – estação ecológica, reserva biológica, parque nacional e estadual, monumento natural e refúgio da vida terrestre – e as áreas militares. Esta categoria tem como característica o uso econômico ser um fator secundário, priorizando a proteção dos territórios. No caso das unidades de conservação, a prioridade é a proteção dos ecossistemas. Nas terras indígenas, a proteção dos povos originários, enquanto as áreas militares têm como prioridade a defesa nacional.

As áreas de uso sustentável agregam as unidades de conservação (UCS) das áreas de relevante interesse ecológico (Arie), as áreas de

proteção ambiental (APAs), florestas nacional, estaduais e municipais (flonas), reserva de desenvolvimento sustentável (RDS), e reservas extrativistas (resex), que, segundo a Lei nº 9.985, art. 7º (Brasil, 2000), têm como finalidade a compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais.

As áreas utilizadas nos programas de assentamentos da reforma agrária e as cedidas para as comunidades quilombolas foram classificadas como áreas de domínio público ou privado, sujeitas a legislação específica, devido às particularidades do processo de titulação dessas terras. Elas incluem tanto áreas privadas (tituladas) quanto públicas (não tituladas). No domínio privado, foram utilizadas as feições dos imóveis referentes ao CAR.

Foi estabelecida uma classificação hierárquica por ordem de importância e restrição de uso, referente aos tipos de atribuição das terras, a qual foi utilizada para o cruzamento com os processos de incidência de focos de calor e desmatamento. As áreas de sobreposição foram eliminadas utilizando a ferramenta *Erase* do ArcGIS Pro. Os critérios de ordem de importância entre as classes de atribuição legal estão descritos na Tabela 2.

Distribuição dos focos de calor em relação a repartição territorial

Para analisar a distribuição dos focos das queimadas e dos incêndios em relação à atribuição legal das terras, foram usados os registros de focos de calor do Programa Queimadas, detectados pelo sensor Modis, do satélite Aqua_M-T. Um foco de calor é resultante da alteração da temperatura de certa porção da superfície terrestre provocada por queimadas ou incêndios. Essa alteração é captada e registrada pelo sensor na forma de imagens, e constitui um indicativo da ocorrência de queimadas ou incêndios.

Os arquivos de ocorrências de focos de calor são disponibilizados na forma de um arquivo vetorial de pontos. Cada ponto representa a ocorrência de fogo em uma área de 1 km², correspondente, no caso das imagens do sensor Modis, à área da superfície terrestre representada por um pixel. Deste modo, os focos de calor não representam a quantidade de focos de fogo no território, mas sim a quantidade de pixels da imagem captada com ocorrência de altas temperaturas, indicativa da presença de fogo (Figura 1).

Tabela 2. Classificação hierárquica por ordem de importância.

Domínio	Tipo de atribuição das terras	Critério de seleção	Repositório de origem do dado espacial
Terras públicas	1. Proteção (UP)	Terras indígenas (TIs)	CNFP
		Unidades de conservação de proteção integral (UCP) – CNUC	ICMBio
		Áreas militares (ArMil)	CNFP
Domínio público e/ou privado	2. Uso sustentável (UCS)	Unidades de conservação de uso sustentável – CNUC	ICMBio
		3. Terras sujeitas a legislação específica (Uesp)	Assentamentos agrários Comunidades quilombolas
Imóveis rurais privados	4. Propriedades rurais	Imóveis rurais cadastrados no CAR	-
Terras devolutas (sem atribuição legal) e/ou imóveis rurais não declarados no CAR	5. Sem especificação	Terras devolutas e/ou imóveis não cadastrados no CAR	-

UP, unidades de proteção; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Uesp, unidades sujeitas a legislação específica; TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção integral; CNUC, Cadastro Nacional de Unidades de Conservação; CAR, Cadastro Ambiental Rural. CNFP, Cadastro Nacional de Florestas Públicas. Incra, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

Fonte: ICMBio (2024), Incra (2024), Serviço Florestal Brasileiro (2024).

Um foco de calor pode representar um único foco ou mais de um foco de fogo quando contidos dentro da área representada pelo pixel da imagem (Figura 1). Por sua vez, um único foco de fogo pode ser representado por dois ou mais focos de calor quando a área de ocorrência abrange mais de um pixel. Portanto, a análise dos focos de calor, neste estudo, não visa descrever o tipo do evento de fogo ou a sua dimensão, mas sim a frequência de ocorrência de focos de calor em relação à atribuição legal das terras.

A análise dos focos de calor em relação aos tipos de atribuição de terras foi feita através do cruzamento desses dados com os polígonos que delimitam essas diferentes repartições territoriais.

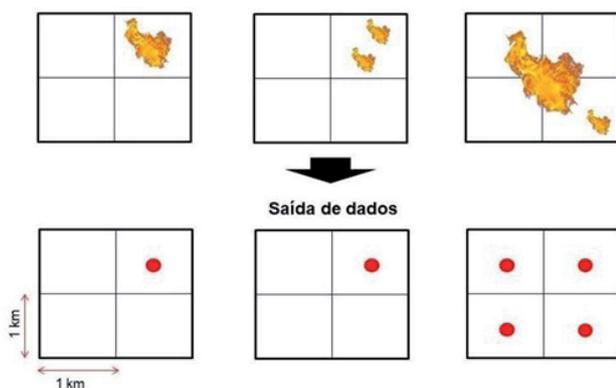


Figura 1. Representação das áreas de ocorrência de fogo, na forma de foco de calor, provenientes do sensor *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (Modis).

Fonte: Adaptado de Nasa (2020).

Esse procedimento utilizou a ferramenta "seleção por localização" (*Select by Location*) no ArcGIS Pro, que permite identificar e enquadrar os focos de calor conforme as classes de atribuição territorial. Com essa análise, foi possível desenvolver uma estatística descritiva sobre a ocorrência de focos de calor em cada tipo de atribuição legal, considerando dois recortes espaciais específicos – bioma Amazônia e unidades federativas –, em que foram analisadas as frequências de ocorrência do período, anual ou mensal, para toda a série histórica. A partir da descrição da frequência, foi possível analisar também a densidade de focos de calor por unidade federativa.

Análise da distribuição territorial das áreas de desmatamento por atribuição das terras

Para analisar a distribuição espacial das áreas de desmatamento em função da atribuição legal das terras, foi feito o cruzamento espacial no ambiente de SIG ArcGIS Pro, para a análise descritiva da ocorrência anual do desmatamento para o bioma e suas unidades federativas. O processo de cruzamento espacial está dividido em três etapas: pré-processamento, processamento e visualização e representação dos dados.

Na etapa de pré-processamento, foram selecionadas as áreas de desmatamento para cada ano da série histórica usando a função seleção de feições por atributos. É importante ressaltar que o calendário do programa Prodes não é compatível

com o calendário gregoriano, e tem como início o mês de agosto e término o mês de julho, portanto, no calendário Prodes, o ano de 2019 corresponderia ao período de agosto de 2018 a julho de 2019, e assim sucessivamente até o ano de 2023, que refere-se ao período de agosto de 2022 a julho de 2023.

Após a seleção, os dados foram reprojatados para o sistema de referência espacial Projeção Cônica Equivalente de Albers, com parâmetros definidos pelo IBGE para o Brasil. O IBGE utiliza parâmetros específicos para essa projeção, ao representar o território brasileiro. Esses parâmetros são ajustados para minimizar distorções em grandes áreas, caso do Brasil e do próprio bioma Amazônia, e especialmente adequados para análises que exigem precisão em medições de áreas. Os principais parâmetros adotados pelo IBGE para essa projeção são: *datum* SIRGAS 2000; fuso de longitude de origem -54°; latitude de origem 0° (Equador).

Ainda na fase de pré-processamento, foram usadas as ferramentas do ArcGIS Pro *Explode*, para individualizar (desagregar) e separar todos os polígonos contíguos, *Repair geometry*, para corrigir alguns erros da geometria contidos nesses polígonos, e *Dissolve*, para agregar os polígonos contíguos.

Após a etapa de pré-processamento, foi efetuada a etapa de processamento, com o cruzamento das bases do desmatamento com os dados da repartição territorial da atribuição das terras, utilizando a ferramenta *Intersect*, para identificar a interseção das áreas de desmatamento com as classes da atribuição legal, e posteriormente a ferramenta *Clip*, para selecionar as áreas de desmatamentos contidas no bioma Amazônia, já que a base original continha dados da Amazônia Legal, que excede os limites do bioma.

Na última etapa, foram convertidas para planilhas (Excel) as tabelas referentes ao cruzamento, para organização dos resultados, análise estatística descritiva e produção de tabelas e gráficos das variáveis analisadas.

Resultados e discussão

Caracterização da repartição territorial da atribuição legal da terra

A atribuição legal da terra do bioma Amazônia observada pelo critério do tipo de domínio (público ou privado) destaca-se pela concentração das terras públicas atribuídas legalmente do território nacional, principalmente em relação às terras indígenas e unidades de conservação.

Na repartição territorial por atribuição legal (Figura 2), as áreas de terras públicas de proteção somam cerca de 146.240 mil hectares, o que corresponde a 34,8% da área do bioma Amazônia. Este tipo de atribuição é composto pelas terras indígenas (TIs), unidades de conservação integral (UCP) e áreas de uso militar (ArMil), com extensão de 106.245, 36.397 e 3.559 mil hectares, respectivamente. São áreas de maior preservação devido à alta restrição do uso da terra, que não contempla permissão prévia para atividades extrativistas ou agropecuárias.

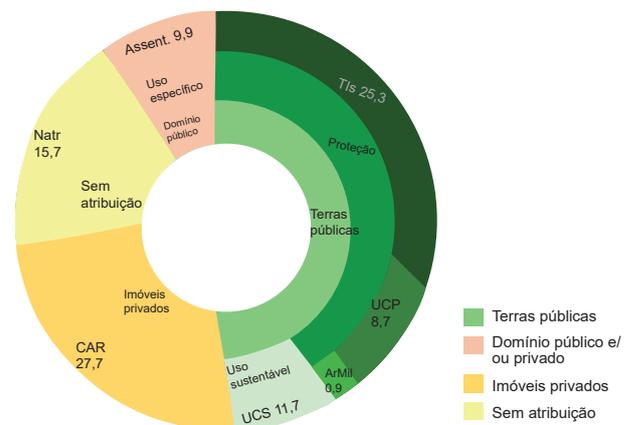


Figura 2. Percentual da área da repartição territorial por atribuição da terra no bioma Amazônia.

TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção integral; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos da reforma agrária; CAR, Cadastro Ambiental Rural; Natr, áreas não atribuídas.

No domínio das terras públicas, outro tipo de atribuição definido foi o das áreas de terras públicas de uso sustentável, compostas pelas unidades de conservação de uso sustentável (UCS), nas quais é permitido, com restrições, o uso da terra para atividades econômicas. Essas áreas totalizam 49.316 mil hectares, cerca de 11,7% da área do bioma Amazônia.

As áreas de assentamento para reforma agrária e os territórios de comunidades quilombolas, classificadas como áreas públicas e/ou privadas de terras sujeitas a legislação específica (Uesp), apresentam área somada de 41.804 mil hectares, que corresponde a cerca de 9,9% do bioma Amazônia.

As áreas das propriedades rurais presentes no CAR totalizam 116.321 mil hectares, que correspondem a 27,7% do bioma Amazônia. No restante do território nacional, o percentual das áreas destinadas a imóveis privados é substancialmente maior, devido à diferença de legislação, de maior

restrição no bioma Amazônia, e à ocupação intensiva tardia.

Distribuição dos focos de calor no bioma Amazônia no período de 2019 – 2023 no calendário Prodes

O bioma Amazônia, no período de 2019 a 2023, considerando o calendário Prodes – de agosto de 2018 a julho de 2023 –, apresentou 453.056 focos de calor, com média anual de 90.611 focos de calor.

Na análise entre os cinco períodos de 12 meses da série (Figura 3), o ponto mínimo foi o período de agosto de 2018 a julho de 2019, com 72.508 ocorrências, e o máximo foi de agosto de 2022 a julho de 2023, com 116.222 ocorrências. Na análise da variação entre os períodos analisados, verificou-se variação negativa de cerca de 23% apenas de agosto de 2021 a julho de 2022.

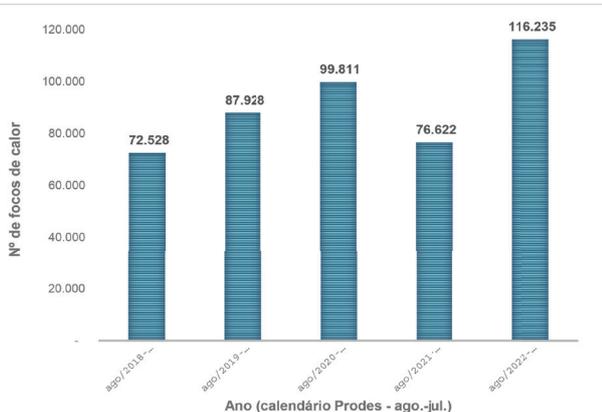


Figura 3. Incidência anual de focos de calor no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023. Fonte: Inpe (2023b).

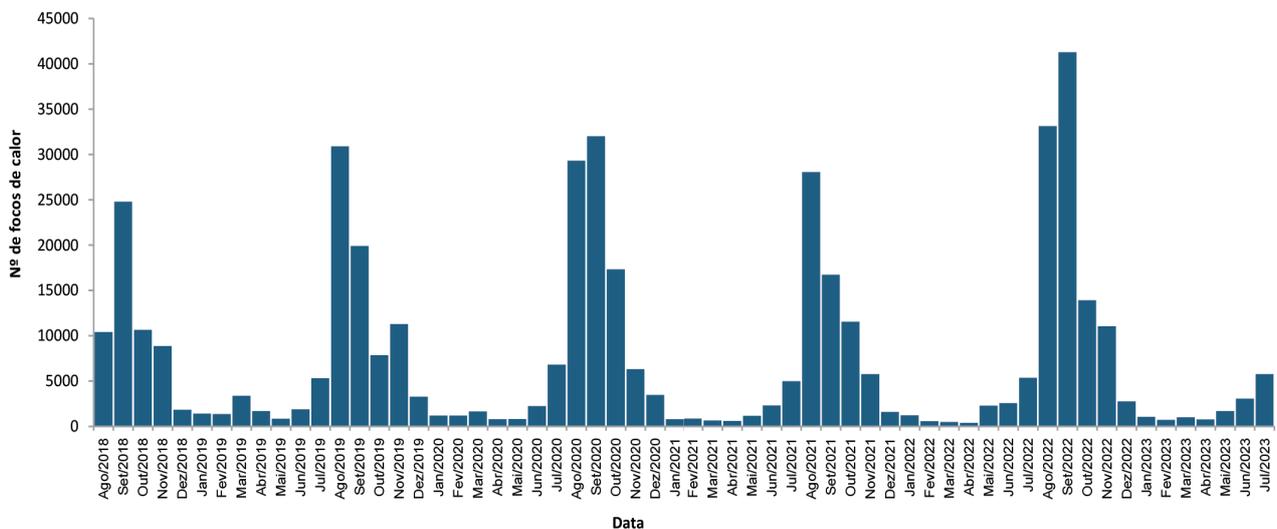


Figura 4. Distribuição mensal de focos de calor ocorridos no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

Fonte: Inpe (2023b).

Na análise intra-anual, considerando as ocorrências mensais dos focos de calor, é perceptível a concentração dos focos nos meses de agosto a novembro (Figura 4), que está associada ao período de estiagem na região do bioma Amazônia. Nos meses de janeiro a maio, a ocorrência é menor, por conta da estação de maior precipitação.

Os meses de agosto e setembro apresentaram as maiores médias de ocorrência de focos de calor, 26.355 e 26.945, respectivamente (Tabela 3), com ponto de máxima da série analisada registrado em setembro de 2023, contando 41.227 focos de calor. Com relação aos meses de menores ocorrências, destacaram-se fevereiro e abril, com médias de 949 e 852, respectivamente, e ponto de mínima da série registrado no mês de abril de 2022.

A distribuição da ocorrência pelas unidades federativas durante o quinquênio analisado (agosto/2018 – julho/2023) mostra concentração do número total de registros nos estados com maiores extensões – Pará, Mato Grosso, Amazonas – que, juntos, somaram 374.142 dos 453.124 focos de calor (Tabela 4), e representam 70,5% dos focos observados no período.

O estado do Pará apresentou a maior quantidade de focos de calor no período, com 156.534 registros, que correspondem a 34,5% do total de focos no bioma Amazônia. Esse alto índice de focos é explicado, em parte, por sua dimensão territorial, com área de cerca de 124,7 milhões de hectares, segundo maior estado do bioma Amazônia. Outro fator que pode contribuir para esse índice é a ocupação de 38% do território do estado por imóveis privados e assentamentos, onde o uso do fogo como

Tabela 3. Distribuição mensal dos focos de calor no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

Meses	Focos de calor					Soma	Média
	Agosto/2018 a julho/2019	Agosto/2019 a julho/2020	Agosto/2020 a julho/2021	Agosto/2021 a julho/2022	Agosto/2022 a julho/2023		
Agosto	10.421	30.892	29.299	28.053	33.112	131.777	26.355
Setembro	24.796	19.900	32.013	16.741	41.277	134.727	26.945
Outubro	10.654	7.853	17.324	11.548	13.910	61.289	12.258
Novembro	8.880	11.292	6.321	5.778	11.055	43.326	8.665
Dezembro	1.837	3.273	3.480	1.590	2.754	12.934	2.587
Janeiro	1.416	1.199	794	1.226	1.054	5.689	1.138
Fevereiro	1.368	1.196	864	584	734	4.746	949
Março	3.382	1.641	643	490	1.019	7.175	1.435
Abril	1.702	789	615	384	768	4.258	852
Mai	854	829	1.165	2.287	1.692	6.827	1.365
Junho	1.880	2.246	2.305	2.562	3.075	12.068	2.414
Julho	5.318	6.802	4.976	5.372	5.772	28.240	5.648
Total	72.528	87.928	99.811	76.622	116.235	453.124	90.625

Tabela 4. Total dos focos de calor por unidade federativa no bioma Amazônia no período de agosto/2018 a julho/2023 (calendário Prodes).

UF	Área do bioma por estado (mil ha)	Total de focos de calor*	% em relação ao total	% acumulado
PA	124.767	156.534	34,5	34,5
MT	48.343	85.221	18,8	53,4
AM	155.915	77.558	17,1	70,5
RO	23.728	54.829	12,1	82,6
AC	16.412	43.105	9,5	92,1
MA	11.564	18.603	4,1	96,2
RR	22.430	10.607	2,3	98,5
AP	14.283	4.908	1,1	99,6
TO	2.482	1.759	0,4	100,0
Bioma	419.924	453.124	100	-

*Ordenado pelo total de focos de calor.

técnica de limpeza de terrenos pode ser empregado tanto nos métodos de cultivo quanto na abertura de novas áreas para exploração agropecuária. Os estados Pará e Mato Grosso, juntos, concentram pouco mais da metade (53,4%) dos focos de calor no bioma para o período considerado.

Mato Grosso e Rondônia apresentaram totais de 85.221 e 54.829 focos de calor no período estudado, respectivamente, que correspondem a 18,8% e 12,1% das ocorrências no bioma. Se comparados ao estado do Pará, apesar de a extensão territorial

no bioma ser menor, apresentam ocupação intensa relacionada a imóveis privados e assentamentos da reforma agrária.

Amazonas, o estado com maior extensão territorial (155,9 milhões de hectares), apresenta a terceira maior incidência absoluta de focos de calor no período entre todos os estados que compõem o bioma Amazônia. No entanto, tem em seu território alto percentual de terras públicas de proteção, 37,1%; seu processo de ocupação ainda não foi consolidado, já que apresenta alta porcentagem de terras sem atribuição, compostas por terras devolutas e/ou imóveis sem registro no CAR, que correspondem a 24,2% do seu território. Esta particularidade da atribuição legal das terras no Amazonas tem influência no número de ocorrência de focos de calor (77.558), praticamente metade do valor apresentado pelo Pará, apesar de as dimensões territoriais no Amazonas serem um pouco maiores e explicarem o baixo índice de densidade de focos de calor por área do estado (0,5 focos por mil hectares) apresentado na Tabela 5, o que o coloca na sétima posição (entre nove estados) nesse quesito.

O estado de Roraima, que é comparável ao estado de Rondônia em extensão territorial, tem aproximadamente 22,4 milhões de hectares e tem acumulados 10.607 registros de focos de calor, que representam apenas 2,3% em relação ao total de ocorrências no bioma. Este valor é influenciado pela ocupação das terras em Roraima, onde predominam terras públicas de proteção, que correspondem a

Tabela 5. Densidade de focos de calor por unidade federativa no bioma Amazônia no período de agosto de 2019 a julho de 2023 (calendário Prodes).

UF	Área do bioma por estado (mil ha)	Total de focos de calor*	Densidade de focos (nº de focos/mil ha)*
AC	16.412	43.105	2,6
RO	23.728	54.829	2,3
MT	48.343	85.221	1,8
MA	11.564	18.603	1,6
PA	124.767	156.534	1,3
TO	2.482	1.759	0,7
AM	155.915	77.558	0,5
RR	22.430	10.607	0,5
AP	14.283	4.908	0,3
Bioma	419.925	453.124	1,1

*Ordenado por densidade.

46,3% de seu território, maior valor entre todos os estados do bioma, e 19,4% de imóveis privados.

Entre os estados de menor dimensão territorial no bioma, o Acre apresentou as maiores ocorrências totais, com 43.105 focos, mais que o dobro de ocorrências verificadas no Maranhão, que teve 18.603 focos de calor, apesar de estes estados apresentarem dimensões próximas, entre 11 e 16 milhões de hectares de extensão.

Amapá e Tocantins apresentaram os menores valores de registro de focos para o período, 4.908 e 1.759, respectivamente. Os índices baixos apresentados no estado de Tocantins estão relacionados à pequena área do estado inserida no bioma Amazônia, apenas 2,4 milhões de hectares.

Já no estado do Amapá, o número de ocorrências pode ser justificado pela composição da atribuição legal das terras: 41,5% da área do estado são terras públicas de proteção, o mesmo padrão de preservação das áreas florestadas dos estados Amazonas e Roraima, que dificulta a ocorrência de queimadas e incêndios.

Ao verificar a densidade de focos de calor nas unidades federativas, índice que permite comparar a ocorrência com a medida de área padronizada, foi observado que os estados Acre, Rondônia e Mato Grosso – com 2,6, 2,3 e 1,8 focos de calor a cada mil hectares (Tabela 5), respectivamente – obtiveram maior adensamento de focos em seus territórios, enquanto os estados Amapá, Roraima e Amazonas registraram os menores valores de densidade – 0,3, 0,5 e 0,5 focos de calor por mil hectares.

A análise anual de ocorrência de focos na série histórica verificada pelas unidades federativas revela o mesmo comportamento discutido anteriormente, em que os estados de maior extensão territorial também apresentaram os maiores valores na série anualizada, com destaque para o estado do Pará, cujo valor médio de registro anual de agosto de 2022 a julho de 2023 foi de 31.307 focos de calor, em oposição ao estado de Tocantins, que teve média de 352 ocorrências (Tabela 6).

Na comparação entre os anos em relação aos valores máximo (vermelho) e mínimo (verde) da série dos 5 anos para cada estado, é possível visualizar, na maioria dos estados, o registro com maior valor no ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023 (em seis dos nove estados), enquanto o menor valor da série ocorre no ano Prodes de agosto de

Tabela 6. Acumulado anual de focos de calor por unidade federativa no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

UF	Focos de calor por UF					Soma	Média
	Agosto/2018 a julho/2019	Agosto/2019 a julho/2020	Agosto/2020 a julho/2021	Agosto/2021 a julho/2022	Agosto/2022 a julho/2023		
PA	22.343	31.445	37.539	23.084	42.123	156.534	31.307
MT	12.848	17.367	20.316	14.039	20.651	85.221	17.044
AM	11.449	13.593	15.511	15.247	21.758	77.558	15.512
RO	10.348	10.910	11.506	9.806	12.259	54.829	10.966
AC	6.557	6.893	9.255	8.750	11.650	43.105	8.621
MA	2.526	4.300	3.579	3.639	4.559	18.603	3.721
RR	5.014	1.842	799	1.095	1.857	10.607	2.121
AP	1.191	1.280	752	684	1.001	4.908	982
TO	252	298	554	278	377	1.759	352
Bioma	72.528	87.928	99.881	76.622	116.235	453.124	90.611

Valores máximo (vermelho) e mínimo (verde) da série dos 5 anos para cada estado.

2018 a julho de 2019 (em sete dos nove estados), mostrando um comportamento de crescimento na ocorrência dos focos na maioria dos estados.

O estado de Roraima, que está localizado no extremo norte do bioma Amazônia, sofre maior influência da zona de convergência intertropical (ZCIT) e apresenta comportamento diferente, e teve no ano Prodes de agosto de 2018 a julho de 2019 o registro máximo de focos de calor.

Em Roraima, o resultado referente a agosto de 2018 a julho de 2019 apresenta, em comparação aos outros anos da série, quantidade três vezes maior que o ano Prodes de agosto de 2019 a julho de 2020, segundo maior valor na série histórica. Esta discrepância está relacionada às condições meteorológicas: houve nesse ano um importante período de estiagem, com estimativas de mais de 89% das terras em situação de seca de moderada a severa no período de seca, o que propiciou o aumento do risco de fogo no estado (Cemaden, 2019).

A ocorrência anual dos focos de calor, observada sob o recorte espacial das unidades federativas, revelou crescimento mais acentuado nos estados Pará, Amazonas e Mato Grosso, enquanto os estados Amapá e Roraima apresentaram diminuição do número de registros, como mostra a Figura 5.

A distribuição anual dos focos de calor entre as unidades federativas observada na Figura 5 revela que os estados Pará, Mato Grosso e Amazonas atingiram valores superiores a dez mil focos em seus territórios em todos os anos, com a linha da tendência linear em alta, com destaque para

a distribuição no Pará, que apresentou a maior tendência de crescimento.

Na distribuição espacial dos focos de calor definidos pelos tipos de atribuição das terras, nos imóveis privados (CAR), o valor para o período foi de 197.897 focos de calor, cerca de 43,7% do número total, mas a área dos imóveis rurais privados é significativamente menor em relação ao total do bioma (21,7%) (Figura 6).

Nas áreas públicas, que correspondem a 56,1% do território, foram contabilizadas 161.873 ocorrências de focos de calor, que representam 35% do total ocorrido na área do bioma. Em relação ao tipo de atribuição das terras públicas e/ou privadas, as áreas de assentamento agrário (Assent) apresentaram o maior número de focos, que corresponde a 21% do total na área do bioma. As áreas de uso sustentável (UCS) apresentaram 6,3%, enquanto as áreas de proteção, compostas por terras indígenas (TIs), unidades de conservação de proteção integral (UCP) e áreas de uso militar (ArMil) registraram 6,3%, 1,4% e 0,5%, respectivamente. As áreas sem atribuição (NATR), que correspondem a 15,7% da área do bioma, apresentaram 93.354 ocorrências no período analisado, o que representa 20,6% do total.

Na série histórica anualizada em relação ao arranjo de posse, os imóveis privados apresentaram a maior quantidade de focos, com média anual de 39.579, seguidos pelos assentamentos agrários e por áreas sem atribuição, com médias anuais de 19.055 e 18.671, respectivamente (Figura 7).

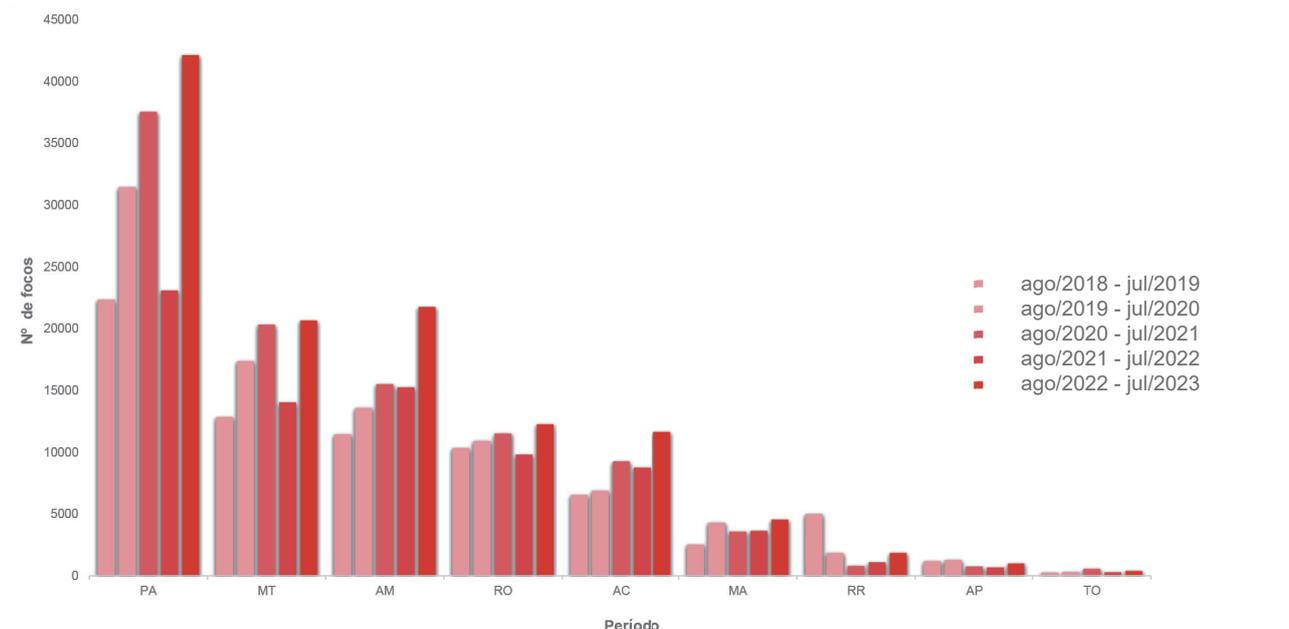


Figura 5. Distribuição anual de focos de calor por unidade federativa no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

Fonte: Inpe (2023b).

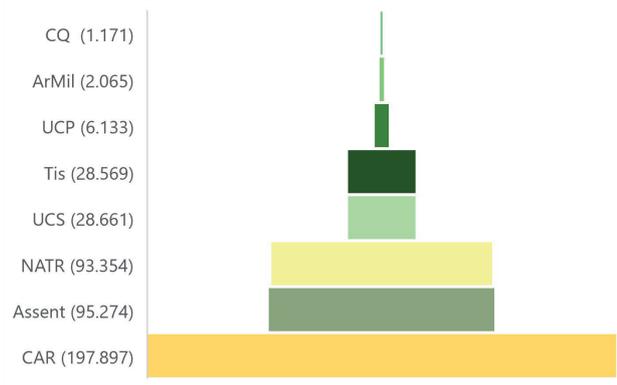


Figura 6. Acumulado total de focos de calor referentes à repartição territorial por atribuição das terras no bioma Amazônia de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

Tis, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR.

Fonte: Inpe (2023b).

Um dos fatores responsáveis pela concentração de focos nesses três tipos de atribuição é o uso do fogo para manejar a terra, para a produção agropastoril. É comum o uso de fogo como técnica de limpeza ou preparo da terra para uso agrícola e pastagem, através da queima da floresta visando facilitar o corte das árvores e o próprio plantio (Martins et al., 2020; Shimabukuro et al., 2015).

Nas terras públicas de proteção ou uso sustentável, em que a atribuição está relacionada à preservação ambiental, como a delimitação de

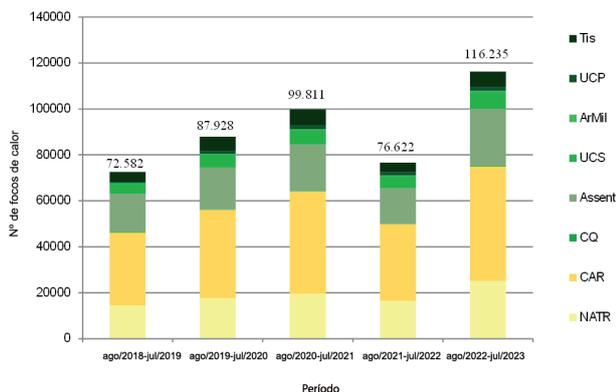


Figura 7. Distribuição anual dos focos de calor pelos tipos de atribuição das terras no bioma Amazônia de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes).

Tis, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR.

Fonte: Inpe (2023b).

unidades de conservação ou demarcação de terras indígenas, foi observada quantidade de focos inferior, com média anual de 5.732 focos de calor, valor aproximadamente três vezes menor que o das áreas de assentamento e quase sete vezes menor que a média verificada nos imóveis privados.

Nas terras públicas de proteção integral, foi observado o mesmo comportamento de baixo número de ocorrência em comparação aos assentamentos (Assent) e imóveis privados (CAR). Entre as áreas de proteção integral (UCP), as terras indígenas (TIs) apresentaram os maiores valores anuais, com média de 5.714, seguidas pelas unidades de conservação de proteção integral (UCP), com apenas 1.227 ocorrências acumuladas por ano em média.

Na comparação anual do total de focos em relação aos cinco anos da série, imóveis privados (CAR), terras públicas de proteção integral (TIs, UCP e ArMil) e uso sustentável (UCS) e áreas sem atribuição (NATR) apresentaram o menor registro no ano Prodes de agosto de 2018 a julho de 2019 e o valor máximo no ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023, com crescimento do número de focos ano a ano, exceto no ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022, que apresentou queda generalizada nos tipos de atribuição citados (Tabela 7).

Diferentemente dos outros tipos de atribuição, a classe de assentamentos agrários obteve o valor mínimo na série no ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022, enquanto a classe das comunidades quilombolas teve como diferencial o valor máximo que ocorreu no ano Prodes de agosto de 2019 a julho de 2020.

Análise espacial do desmatamento no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023

Neste tópico, serão apresentadas as áreas do incremento anual de desmatamento para a série analisada, de agosto de 2018 a julho de 2023, referente ao calendário Prodes. Para caracterizar o cenário do desmatamento no bioma Amazônia, serão considerados três recortes espaciais (bioma, unidade federativa e atribuição das terras). As variáveis de análise serão o acumulado total no período e o incremento anual, considerando como ano o período de 12 meses iniciado no mês de agosto e terminado no mês de julho do ano seguinte.

No período de agosto de 2018 a julho de 2023, a área desmatada total foi de 5,325 milhões de hectares, com incremento médio de 1,065 milhão de hectares em 12 meses (Tabela 8). Esse período foi marcado pelos altos valores anuais de áreas desmatadas, superiores a um milhão de hectares, quando

Tabela 7. Acumulado anual de focos de calor por repartição territorial dos tipos de atribuição das terras no bioma Amazônia no período de 2019 a 2023 (calendário Prodes).

Atribuição das terras	Focos de calor por repartição territorial					Soma	Média
	Agosto/2018 a julho/2019	Agosto/2019 a julho/2020	Agosto/2020 a julho/2021	Agosto/2021 a julho/2022	Agosto/2022 a julho/2023		
TIs	4.160	6.302	7.062	4.294	6.751	28.569	5.714
UCP	699	1.105	1.488	1.188	1.653	6.133	1.227
ArMil	260	427	534	323	521	2.065	413
UCS	4.394	5.548	6.203	5.321	7.195	28.661	5.732
Assent	16.663	18.111	20.165	15.440	24.895	95.274	19.055
CQ	237	266	253	178	237	1.171	234
CAR	31.752	38.413	44.535	33.410	49.787	197.89	39.579
NATR	14.363	17.756	19.571	16.468	25.196	93.354	18.671
Bioma	72.528	87.928	99.811	76.622	116.235	453.124	90.625

TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR. Valores máximo (vermelho) e mínimo (verde) da série dos 5 anos para cada estado.

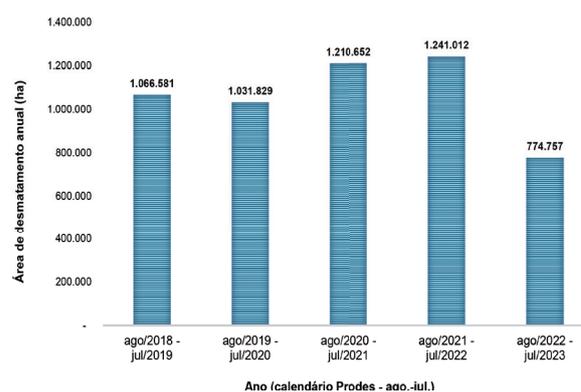
comparado a quatro dos cinco anos anteriores. O patamar de um milhão de hectares de área desmatada é inédito, considerando toda a série histórica do Prodes-Inpe registrada anualmente desde 2008 até 2023. O ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023 apresentou queda muito significativa de 38% em relação ao ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022, quebrando uma tendência de alta nos registros de desmatamento dos três anos Prodes anteriores e indicando uma possível mudança no comportamento do processo de desmatamento (Figura 8).

Segundo os dados da Tabela 8, o incremento máximo de áreas desmatadas, de 1,241 milhão de hectares, ocorreu no período de agosto de 2021 a julho de 2022. A maior variação positiva do incremento ocorreu no período de agosto de 2020 a julho de 2021, 17% em relação ao observado no período anterior.

A análise dos dados por unidades federativas mostra que os estados Pará, Amazonas e Mato Grosso concentravam 75,5% do total das áreas desmatadas no período (Tabela 9). Em contraponto, a soma das áreas nos estados Maranhão, Amapá e Tocantins representavam apenas 1,9% da área total desmatada.

O estado do Pará foi o único cujo total de áreas desmatadas foi superior a um milhão de hectares. Seus 2,158 milhões de hectares de áreas desmatadas correspondem a 40,5% do total no período de agosto de 2018 a julho de 2023. Em seguida, destacaram-se os estados Amazonas e Mato Grosso, com 17,8% e 17,1% do total de áreas desmatadas, respectivamente.

Os estados Rondônia e Acre, com áreas territoriais significativamente menores que os estados

**Figura 8.** Distribuição do incremento anual de área desmatada no bioma Amazônia de agosto de 2018 a julho de 2023.

Fonte: Calendário Prodes, Inpe (2023b).

Pará, Amazonas e Mato Grosso, apresentaram números expressivos em área desmatada. São 660 mil hectares em Rondônia e 373 mil hectares no Acre. Somadas, essas áreas representam 19,4% da área total desmatada. Isso pode estar relacionado à maior área com atividades econômicas de assentamentos e imóveis privados em relação a outros estados de médio porte.

Roraima, com tamanho comparável aos estados de Rondônia e Acre, apresentou incremento menor, 171 mil hectares, que corresponde a apenas 3,2% da área somada de desmatamento no bioma. Este valor também pode ser relacionado com o tipo de atribuição das terras, como exposto anteriormente: a predominância de terras públicas de proteção integral.

Tabela 8. Distribuição do incremento anual de desmatamento no bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023.

Período	Incremento anual de áreas desmatadas no período (ha)	Varição (%)
Agosto/2018 a julho/2019	1.066.581	-
Agosto/2019 a julho/2020	1.031.829	-3
Agosto/2020 a julho/2021	1.210.652	17
Agosto/2021 a julho/2022	1.241.012	3
Agosto/2022 a julho/2023	774.757	-38
Acumulado	5.324.831	-

Fonte: Calendário Prodes, Inpe (2023b).

No quesito de distribuição das áreas de desmatamento anuais pelas unidades federativas, o ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023 representou o valor de mínima em sete dos nove estados com áreas no bioma Amazônia. As duas exceções ocorreram nos estados Mato Grosso e Amapá, que apresentaram o menor incremento relacionado ao ano Prodes de agosto de 2019 a julho de 2020, quando apresentaram 173.990 e 1.034 hectares de novas áreas desmatadas (Tabela 10).

Com relação aos anos de maior incremento nos estados, há maior dispersão dos valores na série, mas o ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022 foi o que apresentou os maiores valores para os

estados Amazonas, Mato Grosso, Acre e Tocantins, seguido pelos anos Prodes de agosto de 2018 a julho de 2019 e agosto de 2020 a julho de 2021, quando ocorreram os máximos de área de desmatamento acrescida nos estados de Roraima e Amapá em 2019. No ano de 2021, os valores máximos foram registrados nos estados Pará e Rondônia.

Na distribuição das áreas de desmatamento por atribuição legal da terra, os imóveis privados foram os responsáveis pelo desmatamento de uma área total de 2,268 milhões de hectares, que correspondem a 42,6% do número total para o bioma. Essa área é quase 900 mil hectares maior que o desmatamento observado nas áreas de assentamento agrário, com 1,307 milhão de hectares, segunda classe de atribuição da terra com maior área desmatada (Figura 9).

As áreas sem atribuição legal completam o grupo da classe de repartição que concentra as áreas de desmatamento, com valor somado de 1,194 milhão de hectares, e representa 22,4% do total verificado no bioma. Como exposto anteriormente, a maior quantidade tem relação com o uso da terra nesses territórios.

Observando a distribuição do incremento anual no quinquênio 2019 a 2023 (Figura 10) por tipo de atribuição da terra, verifica-se que o ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023, com queda de 38% nas novas áreas de desmatamento, também refletiu nos tipos de atribuição, que apresentaram o menor incremento anual em todos os oito tipos, com destaque para terras indígenas, unidades de conservação e áreas militares, nas quais a diminuição foi superior a 50%.

Tabela 9. Distribuição do total de incremento de área desmatada por unidade federativa do bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023.

UF	Área do bioma por estado (mil ha)	Incremento total no período (ha)*	Porcentagem em relação ao total de incremento no bioma (%)	Acumulado (%)
PA	124.767	2.158.125	40,5	40,5
AM	155.915	950.339	17,8	58,4
MT	48.343	910.033	17,1	75,5
RO	23.728	660.405	12,4	87,9
AC	16.412	372.899	7,0	94,9
RR	22.430	171.756	3,2	98,1
MA	11.564	86.341	1,6	99,7
AP	14.283	9.522	0,2	99,9
TO	2.482	5.410	0,1	100,0
Bioma	419.925	5.324.831	100	-

*Ordenado por área total de desmatamento no período.

Fonte: Calendário Prodes, Inpe (2023b).

Tabela 10. Distribuição anual de incremento de desmatamento por unidade federativa do bioma Amazônia no período de agosto de 2018 a julho de 2023.

UF	Área do bioma por estado (mil ha)	Incremento anual de desmatamento (ha)					Média anual*
		Agosto/2018 a julho/2019	Agosto/2019 a julho/2020	Agosto/2020 a julho/2021	Agosto/2021 a julho/2022	Agosto/2022 a julho/2023	
PA	124.767	446.237	461.803	508.493	453.068	288.523	431.625
AM	155.915	155.644	142.017	216.968	304.764	130.947	190.068
MT	48.343	178.063	173.990	183.349	190.859	183.772	182.007
RO	23.728	140.082	130.812	164.601	145.215	79.695	132.081
AC	16.412	70.675	66.062	89.291	100.574	46.297	74.580
RR	22.430	54.343	32.145	28.360	29.312	27.596	34.351
MA	11.564	16.636	22.986	16.849	14.261	15.610	17.268
AP	14.283	3.906	1.034	1.609	1.398	1.574	1.904
TO	2.482	995	980	1.131	1.560	744	1.082
Bioma	419.925	1.066.581	1.031.829	1.210.652	1.241.012	774.757	1.066.583

*Ordenado por média anual. Fonte: Calendário Prodes, Inpe (2023b). Valores máximo (vermelho) e mínimo (verde) da série dos 5 anos para cada estado.

Os imóveis privados, no ano Prodes de agosto de 2022 a julho de 2023, apresentaram a menor diminuição, 28%, que ainda representa um alto valor em comparação com o ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022. As comunidades quilombolas foram a única classe que apresentou aumento em relação ao ano Prodes de agosto de 2021 a julho de 2022 (Tabela 11).

Os anos de maior ocorrência de desmatamento por tipos de atribuição da terra, como visualizado na distribuição pelas unidades federativas, também apresentaram distribuição heterogênea, e o ano de 2022 foi o de maior número de classes com o valor máximo – UCP, Assent e NATR –.

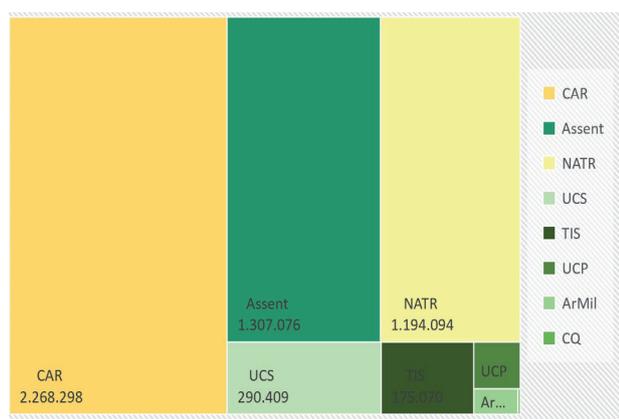


Figura 9. Mapa de árvore com a distribuição hierárquica (tamanho do retângulo) do incremento de desmatamento total acumulado no período de agosto de 2018 a julho de 2023 por repartição territorial dos tipos de atribuição das terras no bioma Amazônia.

TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR.

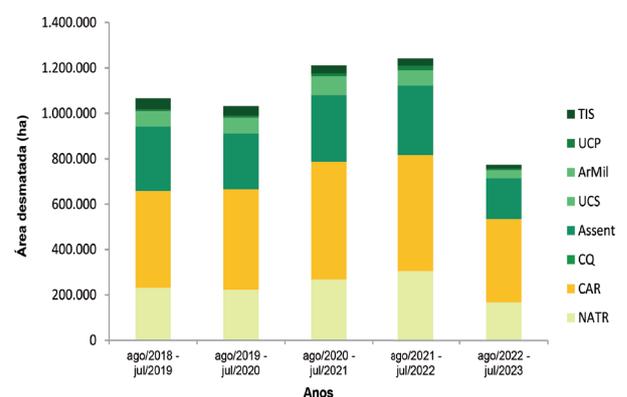


Figura 10. Distribuição anual do incremento de desmatamentos ocorridos no período de agosto de 2018 a julho de 2023 (calendário Prodes) por repartição territorial dos tipos de atribuição das terras no bioma Amazônia.

TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR.

Fonte: Inpe (2023b).

Tabela 11. Distribuição anual do incremento de desmatamentos ocorridos no período de 2019 a 2023 (calendário Prodes) por repartição territorial dos tipos de atribuição das terras no bioma Amazônia.

Atribuição das terras	Área por tipo de atribuição no bioma (mil ha)	Desmatamento por atribuição das terras					Média
		Agosto/2018 a julho/2019	Agosto/2019 a julho/2020	Agosto/2020 a julho/2021	Agosto/2021 a julho/2022	Agosto/2022 a julho/2023	
TIS	106.246	49.145	42.614	35.378	32.334	15.600	35.014
UCP	36.397	8.033	8.238	12.018	19.729	8.416	11.287
ArMil	3.599	4.164	10.195	7.821	5.149	2.263	5.919
UCS	49.317	62.870	59.263	75.707	61.470	31.099	58.082
Assent	41.765	283.642	244.813	292.658	305.644	180.318	261.415
CQ	481	281	409	398	261	327	335
CAR	116.322	428.023	443.352	518.649	510.694	367.580	453.660
NATR	65.799	230.422	222.957	268.024	305.730	166.962	238.819
Bioma	419.925	1.066.58	1.031.84	1.210.65	1.241.01	772.566	1.064.53

TIs, terras indígenas; UCP, unidades de conservação de proteção integral; ArMil, áreas militares; UCS, unidades de conservação de uso sustentável; Assent, assentamentos; CQ, comunidades quilombolas; CAR, imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR); NATR, áreas sem atribuição e/ou sem cadastro no CAR. Valores máximo (vermelho) e mínimo (verde) da série dos 5 anos para cada estado.

Conclusões

Os focos de fogo e as áreas de desmatamento são fenômenos de importante relevância no ambiente rural brasileiro, sobretudo no bioma Amazônia, por terem efeitos significativos em relação a perda da biodiversidade, alterações ecossistêmicas e mudanças climáticas.

No cenário apresentado e discutido neste estudo, as áreas desmatadas e a ocorrência de focos de fogo no período de agosto de 2019 a julho de 2023 foram significativas e atingiram níveis sem precedência, principalmente as áreas desmatadas, cujos incrementos no período passaram do patamar de 1 milhão de hectares.

Em relação aos focos de calor, que atualmente são um importante indicativo da presença de fogo, sejam queimadas controladas como manejo de limpeza das áreas ou resultados de incêndios florestais, o volume também foi alto, ultrapassou o patamar de 80 mil focos anuais em 3 anos da série analisada, e, no último ano, atingiu valor superior a 110 mil focos registrados.

Com análise anual e intra-anual, juntamente com os dados do cruzamento dos focos de calor com a repartição territorial por atribuição da terra, foi possível observar dois fatores relevantes para a dinâmica do fogo: 1. grande influência da estação de estiagem, pois a seca é um fator facilitador para o aumento na incidência de focos de calor, e observou-se relação direta entre os períodos de seca mais intensa e a propagação dos focos de calor, como o

caso relatado em Roraima em 2019; e 2. a relação com a distribuição por atribuição das terras como outro fator de ação direta nessa dinâmica.

A atribuição da terra, principalmente terras públicas: pode ser um fator limitante, já que as terras públicas vinculadas à proteção integral apresentaram números significativamente menores tanto na média anual quanto nos acumulados totais no período.

Na distribuição anual, um fato positivo foi a queda considerável nos números tanto dos focos de calor quanto do desmatamento no ano de 2023, que pode representar uma mudança na dinâmica desses processos nos últimos anos.

Em relação à distribuição espacial pelos estados, considerando seus arranjos de posse, foi possível distinguir três grupos com características distintas. O primeiro, composto pelos estados Pará, Amazonas e Mato Grosso, concentra a maior quantidade dos focos de calor e áreas de desmatamento em valores absolutos, muito associados ao tamanho de seus territórios. O segundo grupo, formado pelos estados Acre, Rondônia e Roraima, tem importante participação e uma dinâmica mais intensa que os estados do primeiro grupo quando são observados os dados de densidade de focos. Outro ponto em relação aos estados deste segundo grupo é a atribuição de terras, que ainda não foi consolidada e que, como no estado do Amazonas tem apresentado maiores valores nas áreas sem atribuição de terras (identificadas aqui como devolutas e/ou não cadastradas no CAR).

O terceiro e último grupo, composto pelos estados Maranhão, Roraima, Amapá e Tocantins, por terem territórios menores ou com áreas já consolidadas ou com alteração de uso em outras décadas, como é o caso do estado de Tocantins, apresentaram valores pouco representativos em relação à área do bioma.

Como continuidade da análise territorial, pretende-se fazer o cruzamento das áreas de desmatamento com os focos de calor e, dessa forma, verificar a sobreposição entre esses dois planos de informação, com o objetivo de quantificar e qualificar a relação dos focos de calor com os polígonos de desmatamento e, assim, diferenciar, em determinados casos, a ocorrência de queimada controlada como manejo e de incêndios florestais.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) e teve financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

BRASIL. Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. Brasília, **Diário Oficial da União**, 5 jun. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9073.htm. Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o estatuto da terra, e dá outras providências. Brasília, **Diário Oficial da União**, 30 nov. 1964.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, **Diário Oficial da União**, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável. Brasília, **Diário Oficial da União**, 2 mar. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2006/Lei/L11284.htm. Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 13 de julho de 2012. Dispõe sobre a proteção do meio ambiente e dá outras providências. Brasília, **Diário Oficial da União**, 14 jul. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): fase 2016-2020**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Florestas e Combate ao Desmatamento. Brasília, DF: MMA, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/areas-protetidas/plataforma-cnuc-1>. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. **Boletim Informativo**: outubro de 2023. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2023. Disponível em: https://www.car.gov.br/manuais/Boletim_Informativo_Outubro_de_2023.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

CARVALHO, C. A. de. Inteligência territorial estratégica no CAR e outros instrumentos para sustentabilidade. In: SEMINÁRIO AMBIENTAL, 4., 2017, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: Sistema FAEMG, 2017. p. 9-27.

CEMADEN. **Monitoramento de seca no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/categoria/monitoramento/seca-no-brasil/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

FUNAI. **Geoprocessamento e mapas**. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 15 ago. 2024.

IBGE. **Brasil em síntese**. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 24 mar. 2023.

IBGE. **Biomass**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?edicao=16060&t=sobre>. Acesso em: 22 fev. 2024.

ICMBio. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC)**. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

INCRA. **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/pt/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

INPE. **Banco de Dados de queimadas**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 10 jan. 2023a.

INPE. **Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER**. 2. ed. São José dos Campos: Inpe, 2022. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47GAF6S>. Acesso em: 27 ago. 2023.

INPE. **Projeto PRODES**: monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/>

assuntos/programas/amazonia/prodes. Acesso em: 23 mar. 2023b.

MARTINS, G.; ROSA, A. S.; SETZER, A.; ROSA, W.; MORELLI, F.; BASSANELLI, A. Dinâmica espaço-temporal das queimadas no Brasil no período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p.1558-1569, jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243584/36178>. Acesso em: 24 mar. 2023.

NASA. **Overview of the MODIS Active Fire Products** - MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide. Disponível em: https://cdn.earthdata.nasa.gov/conduit/upload/10575/MODIS_C6_Fire_User_Guide_B.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP)**.

Disponível em: <https://www.gov.br/florestal/pt-br/assuntos/cadastro-nacional-de-florestas-publicas/>

cadastro-nacional-de-florestas-publicas-atualizacao-2022/cnfp-2022. Acesso em: 15 ago. 2024.

SHIMABUKURO, Y. E.; BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; ACHARD, F.; MIETTINEN, J.; SIMONETTI, D.; GOMEZ, M. V.; DUARTE, V.; ARAI, E.; ANDERSON, L. O.; CRUZ DE ARAGÃO, L. E. O. E. Detection of forest degradation caused by fires in Amazonia from time series of MODIS fraction images. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2015. p.0651-0658. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.14.12.13/doc/thisInformationItemHomePage.html>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL.

Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <https://consultapublica.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 15 ago. 2024.