

DECORRÊNCIAS DOS FOCOS DE CALOR AO LONGO DO EIXO RODOVIÁRIO FEDERAL DAS BR-156 E BR-210 NO ESTADO DO AMAPÁ

Raylan da Silva Martins ¹
Fabiano Luís Belém ²

RESUMO

Nas últimas duas décadas, o estado do Amapá tem experimentado um aumento significativo nos focos de incêndio durante a estação seca. Essa situação está diretamente relacionada ao padrão histórico de ocupação desordenada do solo, impulsionada pela expansão das atividades agrícolas no Amapá. Essa prática incentiva a remoção de vastas áreas de vegetação para dar lugar ao uso agrícola. Como resultado, durante o pico da seca, a terra se torna altamente suscetível à combustão, e as atividades humanas aceleram ainda mais o desmatamento. Técnicas de corte e queima são comumente empregadas para limpar a terra. Essa é uma prática comum no setor agrícola do Amapá e é uma grande contribuinte para incêndios florestais. Essa tendência levou as agências governamentais a fortalecer as brigadas de combate a incêndios e aumentar sua vigilância em resposta a tais eventos. Para tanto, geotecnologias foram empregadas para avaliar as mudanças espaciais em áreas afetadas pela atividade de incêndios perto das rodovias BR-156 e BR-210. Esses incêndios causaram ampla dispersão de fumaça, resultando em quilômetros de neblina que representam riscos à saúde pública e à segurança rodoviária. Portanto, pode-se concluir que os subsídios agrícolas e a remoção da cobertura vegetal aumentam significativamente o risco de ignição de incêndios, contribuindo para a propagação de incêndios florestais pelos municípios do Amapá.

Palavras-chave: Incêndio florestal, Infravermelho termal, MODIS e Uso e ocupação.

ABSTRACT

Over the past two decades, the state of Amapá has experienced a significant increase in fire hotspots during the dry season. This situation is directly related to the historical pattern of unregulated land occupation driven by the expansion of agricultural activities across Amapá. This practice encourages the removal of vast areas of vegetation to make way for agricultural use. As a result, during the peak of the drought, the land becomes highly susceptible to combustion, and human activities further accelerate deforestation. Slash-and-burn techniques are commonly employed to clear the land. This is a common practice in Amapá's agricultural sector and is a major contributor to wildfires. This trend has prompted government agencies to strengthen firefighting brigades and increase their vigilance in response to such events. To this end, geotechnologies were employed to assess spatial changes in areas affected by fire activity near the BR-156 and BR-210 highways. These fires have caused widespread smoke dispersion, resulting in kilometers of haze that pose risks to public health and road safety. Therefore, it can be concluded that agricultural subsidies and the removal of vegetation cover significantly increase the risk of fire ignition, contributing to the spread of wildfires across Amapá's municipalities.

Keywords: Forest fire, Thermal infrared, MODIS e Use and occupation.

¹Graduando do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Macapá - AP
raylan.martins15@gmail.com

²Doutor em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO
flb.geo@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o uso e ocupação do solo no bioma amazônico está diretamente relacionado ao desenvolvimento da expansão no território brasileiro desde a década de 1970, visto que, embora o crescimento demográfico tenha aumentado significativamente, ainda existe cobertura de floresta nativa intacta. Desse modo, a utilização do fogo para realizar a limpeza trouxe danos à fauna e flora e consequentemente problemas ambientais (Fearnside, 2022).

Com a finalidade de garantir a base industrial e para o Brasil, durante a era Vargas, as atividades mineradoras e madeireiras eram as principais atividades que forneciam matéria-prima às indústrias de base, fonte crucial para manter a economia brasileira. Visto isso, logo após, houve a necessidade da criação do primeiro Código Florestal, no ano de 1934, que determinava que se podia desmatar até 75% das áreas de florestas e a criação do Decreto nº 23.793, era imprescindível que se mantivesse a continuidade das atividades de exploração pelo país. No entanto, a busca por recursos naturais sem precedentes acabava gerando uma série de problemas ambientais como o desmatamento e a abertura de novas rodovias pela Amazônia (Filho *et al.*, 2015).

Na Amazônia, o fogo é utilizado como recurso para se realizar o desmatamento devido às demandas que favorecem a população, sendo a agricultura o principal fator. Além disso, o uso do fogo é aplicado como controle de pragas, como por exemplo, algumas espécies de plantas invasoras. Desse modo, acaba desencadeando problemas respiratórios, e também, pode comprometer propriedades privadas, pastos e plantações adjacentes, ameaça da biodiversidade, fenômenos erosivos e desequilíbrios climáticos (Junior *et al.*, 2017).

Portanto, o estudo evidencia a necessidade de implementação de políticas de planejamento voltadas à previsão e mitigação dos impactos decorrentes dos incêndios. Ademais, torna-se imprescindível a realização de análises temporais da ocorrência dos focos de calor, bem como o mapeamento do fogo nas rodovias BR-156 e BR-210. Nesse sentido, este trabalho contribuirá para o monitoramento temporal dos focos de calor no estado, além de subsidiar as ações das entidades governamentais responsáveis pela gestão de áreas de risco.

2. METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado foi o *land systems* que utiliza o geoprocessamento como resultados produtos temáticos e a partir desse princípio, o trabalho mostra os caminhos que foram necessários para se atingir os objetivos, visto isso, para elaboração da pesquisa, e foram desenvolvidas etapas distribuídas em cinco fases representados na **Figura-1**:

Em primeiro lugar, foi usada pesquisa de dados bibliográficos de livros e artigos publicados em revistas. Além do mais, foram utilizadas técnicas de coleta da base cartográfica.

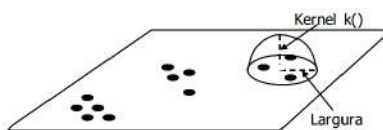
Figura-1: Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: elaborado pelos autores, 2025

Para a análise espacial utilizou-se o estimador de Kernel, essa ferramenta trata-se de compor uma análise dos padrões estimados por meio de pontos gerando como produto a densidade de concentração dos pontos. como demonstrada da **Figura-1** Neste caso, emprega-se uma função bi-dimensional no objeto de estudo, gerando um valor proporcional à intensidade dos pontos por unidade de área. A ferramenta sintetiza a contagem completa das amostras dentro da região estimada, área de estudo, avaliando-as individualmente a distância entre cada amostra dentro da área de interesse (Câmara&Carvalho, 2004).

Figura-2: Estimador de Intensidade de distribuição dos pontos



Fonte: Câmara & Carvalho, 2004

Segundo Câmara e Carvalho (2004) Dado as definições, a estimativa é feita a partir do posicionamento de uma quantidade de eventos em determinada região A da superfície e que (u) é a variável que representa um posicionamento comum na qual precisa ser estimado. O resultado é obtido do cálculo de nº de eventos $\{u, \dots u + m - 1\}$ inseridos em um raio (τ) incluído na área de (u) e a distância representada por (d) e a posição e a i-ésima amostra, dado pela seguinte **Equação-1**:

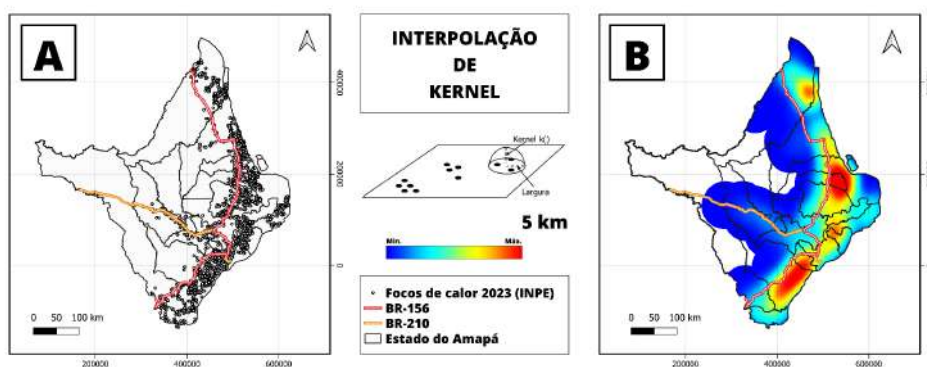
Equação-1: distribuição de pontos por área

$$\hat{\lambda}_{\tau}(u) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(u_i, u)}{\tau}\right), d(u_i, u) \leq \tau$$

Fonte: Câmara & Carvalho, 2004.

Os mapas com a densidade de Kernel foram gerados manuseando a ferramenta do software Qgis® inserindo como camada de entrada os pontos dos focos coletados, a partir dessa etapa, a operação com a projeção elipsoidal em metros, SIRGAS 2000, foi definido um raio de 50000 metros para cada ponto gerando um pixel de 1367 x 865, sendo o valor estimado suficiente para a análise da dimensão aproximada do estado do Amapá. Dessa maneira, o produto gerado, foi uma camada raster contendo uma estimativa de todos os pontos em forma de manchas que variam do maior para o de menor intensidade, representados pela cor azul escuro até os mais intensos, representados pela cor avermelhada de acordo com a **Figura-3**.

Figura-3: Distribuição dos focos de calor no Amapá e estimador de intensidade

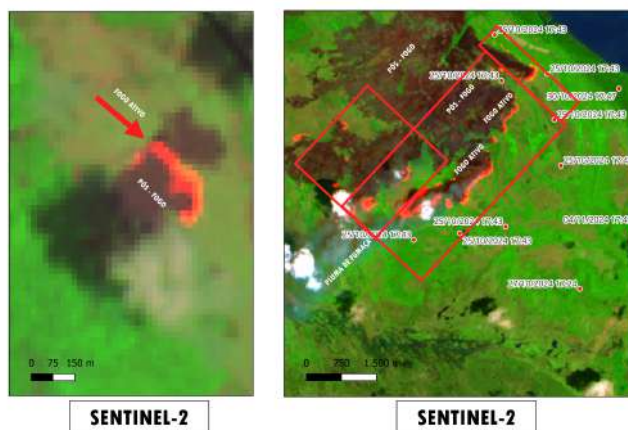


Fonte: adaptado pelos autores

Por fim, na última etapa foram feitas as análises espaciais de dados qualitativos do conteúdo para obtenção dos resultados da pesquisa científica. Portanto, foram desenvolvidos estudos espaciais no eixo das BR-156 e BR-210, também análise da resolução temporal de queimadas no período de estiagem dos anos de 2003 a 2024. Foram observados os principais fatores que desenvolvem as dinâmicas dos focos de calor pelo eixo rodoviário Federal do estado do Amapá.

Foi realizada uma análise visual de queimadas, portanto, as imagens mapeadas destes eventos de queimadas são descritas pelas formas de manchas irregulares, texturas lisas e coloração marrom claro tendendo ao escuro após a ação do fogo devido a reação de combustão gerando como principal produto o carbono, conforme a **Figura-4**.

Figura-4: Interpretação visual das manchas ocasionada pelo fogo



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Princípio do Fogo

A priori, o fogo é constituído por três elementos tais como combustível, comburente e calor formando o triângulo do fogo (Paraná, 2008). Outrossim, o comportamento do fogo está diretamente relacionado a três fatores dos quais dependem de como dinamizam-se no local para favorecer condições específicas tornando o ambiente vulnerável à ascensão do fogo. Dessa forma, os fatores como combustível está relacionado como tipo de biomassa presente no ambiente, considerando-se como um agente passivo da queima, sendo eles combustível total e disponível no ambiente, enquanto o clima atua ativamente modificando as condições locais de: precipitação, umidade relativa do ar, evaporação, temperatura do ar, ponto de orvalho, vento, radiação solar e raios, além da topografia da região (Liu, 2007).

3.2 Distinção entre Incêndio Florestal e Queimadas

Trata-se de do descontrole do fogo em atividade num determinado local tal ação pode ser provocada de forma intencional ou negligente além ser também causada de forma natural, como por exemplo, a presença de descargas elétricas em condições atmosféricas específicas. Todavia, as queimadas designam-se pelo controle do fogo sobre uma área predeterminada, comumente usadas para o manejo agrícola e também na redução de biomassa em áreas suscetíveis à ação do fogo (ICMBIO, 2010).

3.3 Projetos de Assentamentos

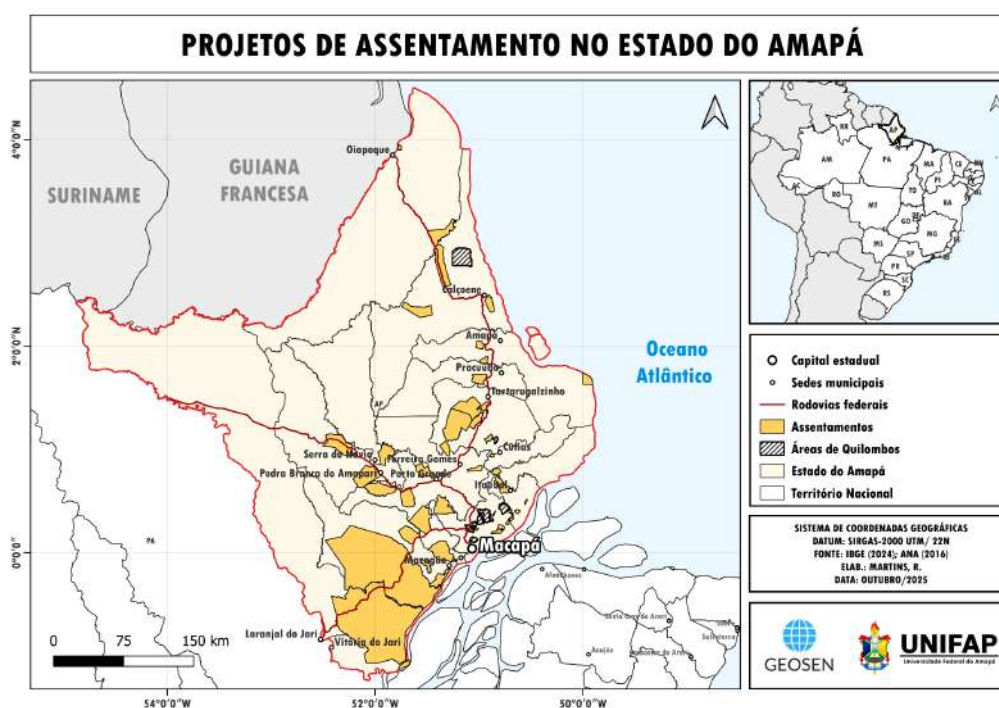
Os projetos pioneiros de assentamentos no Amapá surgiram por volta do ano de 1986, sendo Mazagão o primeiro município do estado a desenvolver atividades destinadas à produção agrícola na área rural incentivadas pelo Governo que até então, naquele período, era comandado pelos Militares sob o decreto de N° 91.766/85. Logo, dessa forma, a política dos PA (Projetos de Assentamento) entra em vigor e o estado começa a receber os primeiros

assentados formados, em sua maioria, por pequenos produtores rurais (Nascimento, 2009; Filocreão, 2015).

Após o Plano Nacional de Reforma Agrária (PNRA), foram implantados os três primeiros Projetos de Assentamento (PA) sendo eles: Piquiazal no município de Mazagão, e os assentamentos da Perimetral, dentre os quais são eles: Pedra Branca e Carnot com intuito de suprir a demanda e atender à necessidade da população de imigrantes sem terras mobilizados do Maranhão até a Amazônia para ocupação dos polígonos de assentamentos que detinha um quantitativo de 132.000 hectares (Jorge, 2003).

Atualmente, conta-se com mais 56 novos Projetos de Assentamento pelo interior do estado como representados na **Figura-5** o que é equivalente uma área de 17.292.634.375 hectares, a **Tabela-1** indica a descrição dos PA's sendo 44 criados, 8 em fase de estruturação, 4 em consolidação, 3 em instalação e 2 assentamentos consolidados (INCRA, 2024).

Figura-5: Mapa dos Projetos de Assentamento no estado do Amapá



Fonte: SIGEF 2024, elaborado pelos autores

Tabela-1: Distribuição dos projetos de assentamento no estado do Amapá

Nº de PA	Fase	Jurisdição	Área (ha)
28	Criados	INCRA	3.240.598.468
10	Em estruturação	INCRA	12.155.118.280
03	Em consolidação	INCRA	1.144.317.627

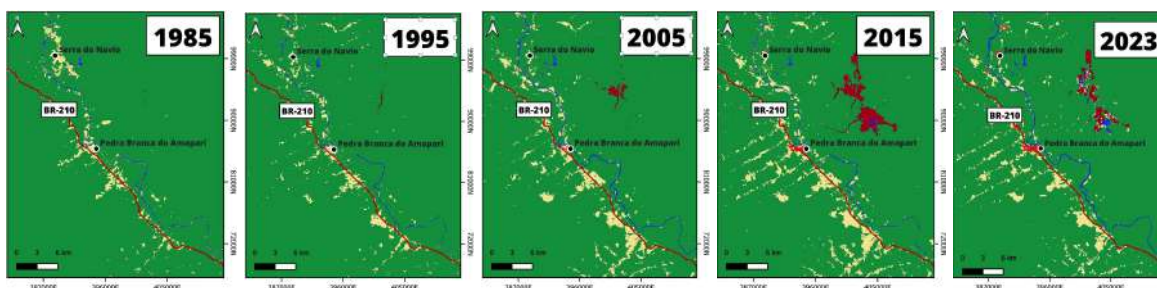
03	Consolidados	INCRA	752.600.000
----	--------------	-------	-------------

Fonte: INCRA 2025, modificado pelos autores

3.4 Histórico de Ocupação da Perimetral Norte

A expansão urbana é um dos principais fatores pelo qual a população acaba se deslocando de seu ponto de origem para onde há especulação econômica ou também implementação de transporte, o que facilita o fluxo, desse modo, em decorrência desse processo, acaba gerando um crescimento populacional nesses determinados locais (Santoro, 2012). Nesse contexto, o crescimento urbano no interior do estado do Amapá está diretamente ligado com o processo de uso e ocupação conforme a **Figura-6** que se tornou um dos fenômenos que possibilitou a imigração, e consequentemente, o crescimento populacional na região durante o período de 1942 a 1959 devido a especulação econômica mineral da empresa, Indústria de comércio e mineração ICOMI onde hoje se localiza o município de Serra do Navio (Drummond, Pereira, 2007).

Figura-6: Uso e cobertura no perímetro oeste da BR-210



Fonte: MapBiomias 2025, elaborado pelos autores

3.5 Infravermelho Termal (LWIR)

Em primeira análise, há alguns objetos na natureza que possuem propriedades físicas que não permitem observá-las com facilidade conforme a **Figura-6**, alvos espectrais presente na superfície da Terra como rochas, água, vegetação, solo e etc emitem energia eletromagnética essa particularidade energética é irradiada em comprimentos de ondas específicos dentre os quais o termal (*LWIR*), *Longwave infrared*, após a faixa do infravermelho refletido, compõe a faixa que compreende de 3,0 a 14,0 micrômetros do espectro eletromagnético, de certa forma, os olhos humanos não têm a capacidade de observar essa radiação além do vermelho (Jensen, 2009).

Figura-6: Imagem termal em diferentes alvos do cotidiano



Fonte: Jensen, 2009

O infravermelho termal pode ser observado em imagens obtidas por satélites, como descrito na **Figura-7**.

Figura-7: Imagem em infravermelho termal do trecho inicial da BR-210, Macapá - AP



Fonte: SENTINEL-2

Sob outra perspectiva, de acordo com Liu (2009) o comprimento de onda dominante ($\lambda_{\max}$) destaca-se pelo caráter crítico e significativo na aplicação do infravermelho termal em incêndios florestais. Dessa maneira, a razão de que deve-se realizar a seleção desses parâmetros, pois trata-se de desenvolver aplicações em análise ambientais que operam em determinadas faixa espectral do espectro eletromagnético. Portanto, com a constante o corpo negro à temperatura absoluta 800 K, considerando a lei do deslocamento de Wien, é possível calcular conforme a **Equação-2** descrita a variável espectral que deve ser aplicada nos incêndios.

Equação-2: comprimento de onda dominante

$$\lambda_{\max} = \frac{k}{T} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2.898 \mu m}{800 K} \Rightarrow \lambda_{\max} = 3,73 \mu m$$

Fonte: LIU, elaborado pelos autores, 2025.

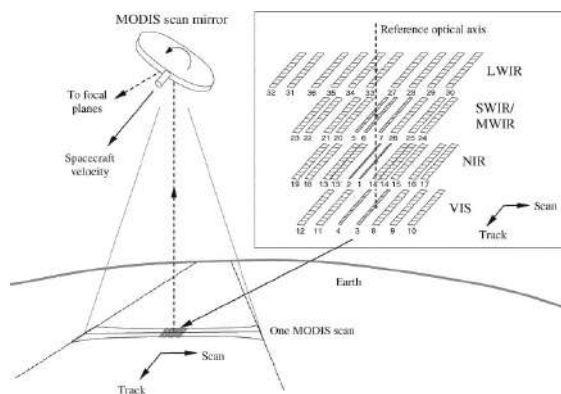
3.6 Análise do Sensor MODIS dos Satélites (TERRA/AQUA)

O sensor MODIS é um dos sensores acoplados nos satélites tanto no AQUA quanto no TERRA, o equipamento é composto por uma resolução espectral que compõe 36 canais, nas

quais variam de 0,4 a 14,4 μm o que permite obter amostras com nível de detalhamento equivalente a 1 quilômetro até 250 metros. Os satélites operam juntamente em função do MODIS elaborando pesquisas voltadas para os fenômenos que estão na superfície como também a cobertura de nuvens e aerossóis por meio das imagens obtidas pelo sensor com resolução temporal que varia de 1 a 2 dias. De certa maneira, o seu uso está vinculado às propriedades dos aerossóis, nuvens e fluxos de energia radiante, alterações no uso e cobertura das terras, atividades vulcânicas etc (EMBRAPA, 2018).

A composição dos instrumentos do sensor MODIS opera da seguinte forma, na qual o equipamento eletro-óptico realiza a coleta dos alvos espectrais presente na superfície por meio de varredura percorrendo uma determinada direção, cuja denominação (along track) conforme a **Figura-8**, sendo assim, o sensor consegue prover o imageamento de uma área estipulada. Assim, toda radiação eletromagnética absorvida ou refletida da superfície passa a ser recebida por um espelho secundário de um telescópio. Durante esse processo, há um tempo de 1,477 segundos para que seja executado todo o imageamento que é realizado após a filtragem espectral mostrado sucintamente na **Figura-9** (Latorre *et al.* 2003).

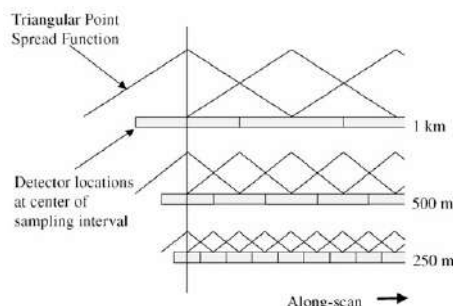
Figura-8: Equipamento do sensor MODIS



Fonte: Wolfe *et al.* 2002

O agrupamento dos instrumentos permitem que o sensor MODIS realize a detecção dos alvos sobrepostos em planos focais que são distribuídos em quatro camadas cujo plano englobam as seguintes faixas espectrais do infravermelho termal (LWIR); infravermelho médio (SWIR), Infravermelho próximo (NIR) e o visível (VIS), nesse caso foi aplicado o MOD14, um dos produtos do sensor MODIS.

Figura-9: Função de dispersão de ponto triangular das três resoluções espaciais do MODIS.



Fonte: Wolfe *et al.*, 2002

3.7 Algoritmo de Detecção de Queimadas do Sensor MODIS

O algoritmo adotado para detecção de queimadas consiste em quatro etapas que são distribuídas da seguinte maneira, representado no **Tabela-2** abaixo:

Tabela-2: representação das fases necessárias para a detecção de queimadas pelo sensor MODIS após a aquisição de dados diários do satélite AQUA e TERRA.

Ordenamento das etapas	Descrição
1º etapa	Pré-processamento
2º etapa	Cálculo de índice de queimada
3º etapa	Compostos temporais
4º etapa	Seleção dos pixels queimados

Fonte: (Libonati *et al.*, 2013) adaptado pelos autores.

3.8 Algoritmo de Detecção do Sensor GOES I-M (NOAA)

O ABI/GOES-16 apresenta um sistema de sensores contendo uma faixa espectral de 16 canais que realizam a aquisição dos dados de focos de queimadas (FQ), apesar de ser o principal canal a resolução espectral corresponde a faixa de $4 \mu m$, o canal 7 (*SWIR*) é responsável por reconhecer e qualificar o pixel de queima de biomassa. Enquanto para correção e apontar possíveis detecções incongruentes, outras bandas na faixa do visível como o vermelho $0,64 \mu m$ e no infravermelho próximo (*NIR*), $0,86 \mu m$, termal (*LWIR*) tanto $7,3 \mu m$ quanto $11,2 \mu m$ (Setzer, Sérgio, Victorino, Bottino, 2021). como expressado no **Tabela-3** a seguir:

Tabela-3: Especificações do sensor GOES I-M

REM λ	Banda	Resolução espectral
Vermelho (VIS)	2	$0,64 \mu m$
Infravermelho (NIR)	3	$0,86 \mu m$



Infravermelho (SWIR)	7	4 μm
Infravermelho (LWIR)	10 e 14	7,3 e 11,2 μm

Fonte: Setzer, Sérgio, Victorino, Bottino 2021, adaptado pelos autores.

De acordo com Setzer, Sérgio, Victorino, Bottino (2021), A detecção realizada pelo ABI/GOES o algoritmo descarta um possível pixel de queimada uma vez que o mesmo apresenta níveis de temperaturas não relevante em comprimentos de ondas do infravermelho termal (LWIR), especificamente na faixa de 11,2 micrômetros na qual é utiliza-se como detecção de radiação do sol na superfície. No entanto, essa possível detecção de queima apresenta temperatura de brilho absurda em outros comprimentos de ondas curtas como é o caso da banda 7, de 4,0 micrômetros (SWIR).

Exemplificando o método de filtragem utilizado pelo ABI/GOES na detecção de queimadas, posteriormente, o algoritmo aponta o possível pixel de queimada por meio de equações como em conformidade com o **Tabela-4** experimentais e individual para cada banda espectral do sensor na qual o pixel de queimada vai sucedendo por fases de limiares até que seja completamente aceitável para assim ser determinado como local onde houve uma alteração na temperatura de brilho desse pixel.

Tabela-4: filtro de detecção de queimadas utilizado pelo sensor ABI/GOES

Bandas	Equações para detecção
2 (VIS)	$\text{Lim_Rad B2} < 6,5 \cdot \log \Delta\sigma + 24,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ um}^{-1}$
3 (NIR)	$\text{Lim_Rad B3} < 19,3 \cdot e^{(\Delta\sigma \cdot 0,0215)} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ um}^{-1}$
7 (SWIR)	$\text{Lim_Temp B7} > 26,8 \cdot \Delta\sigma^{0,12} \text{ K}$
10 (LWIR)	$\text{Lim_Temp B10} > 265 \cdot e^{(\Delta\sigma \cdot -0,00195)} \text{ K}$
14 (LWIR)	$\text{Lim_Temp -DifTemp (B7-B14)} > 17\text{K}$

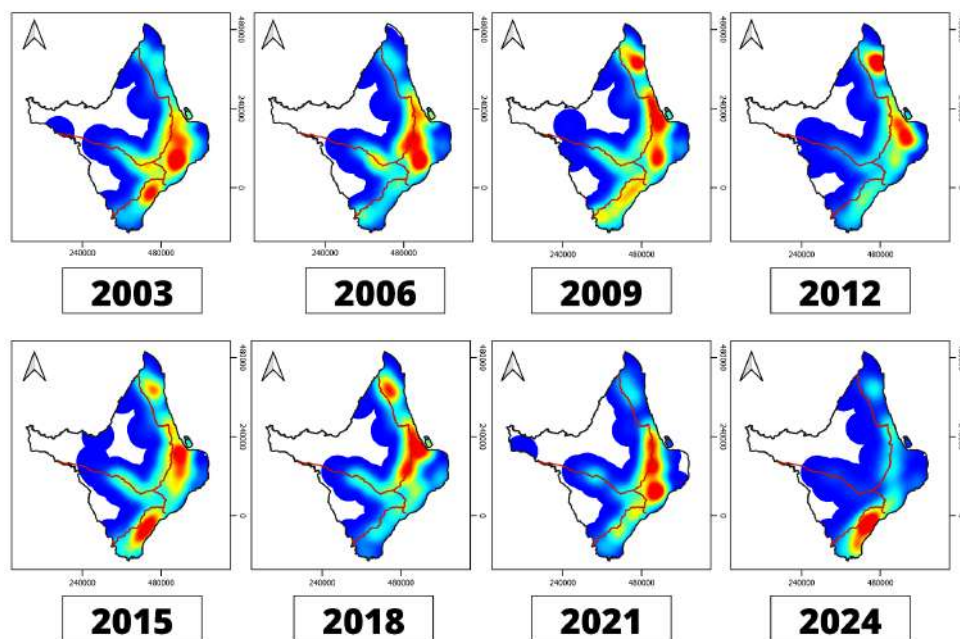
Fonte: Setzer, Sérgio, Victorino, Bottino (2021), adaptada pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a série dos gráficos temporais com representação usando dispersão dos focos por meio da ferramenta de interpolação de Kernel revelam que no estado do Amapá são caracterizados por um padrão de manchas sazonais revelando a densidade das amostras,

conforme a **Figura-10**, que se estendem por todo o eixo rodoviário Federal do estado. Essas características ocorrem com máxima frequência no segundo semestre onde tipicamente é período anual de estiagem anual, como na **Figura-11** cujos os quais o mês de outubro apresenta a variável com maior frequência.

Figura-10: Densidade dos focos de calor de 2003 a 2024 no estado do Amapá



fonte: autores, IBGE 2024, INPE 2025.

Figura-11: dados anuais dos focos de calor

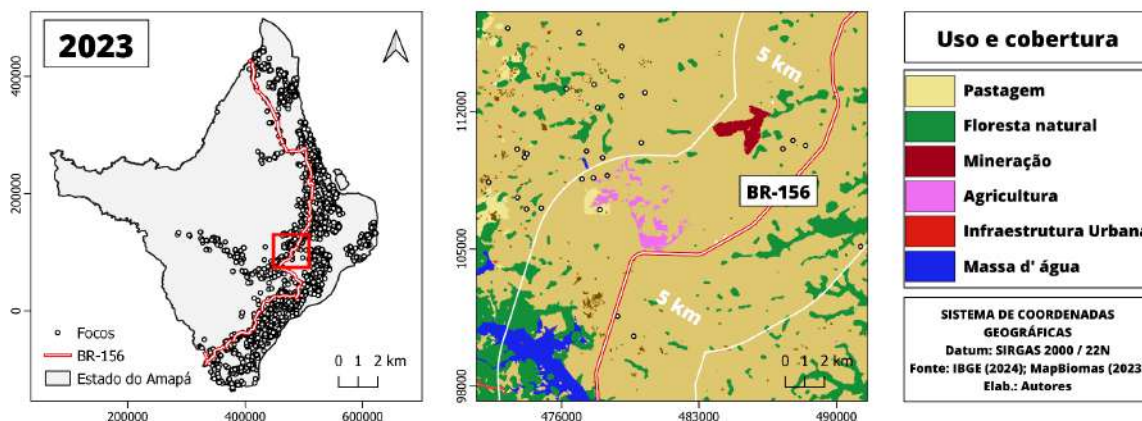


Fonte: INPE (2025) adaptado pelos autores.

Em segundo plano, observou-se que a dispersão dos focos de calor no estado do Amapá prevalece com alta frequência na porção centro-leste, no caso da BR-156, os traços de uso e cobertura são fracionados entre a pecuária expressiva, agricultura, em decorrência da expansão da soja, e silvicultura nas proximidades da rodovia cujos elementos estão indicados na **Figura-12**. Dessa maneira, a necessidade de uso e ocupação opera uma demanda significativa que veicula a supressão iminente da vegetação nativa dessas áreas onde é

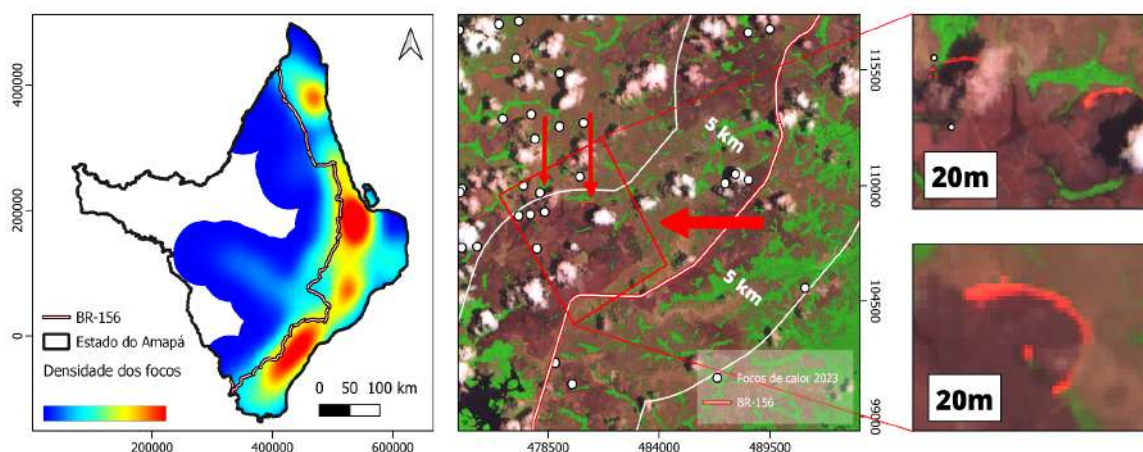
possível identificar a presença dos focos de calor provocados pela retirada da cobertura vegetal como ilustrados da e **Figura-13**.

Figura-12: Tipo de uso da terra no perímetro central da BR-156, Ferreira Gomes - AP



Fonte: autores, 2025

Figura-13: Focos de calor no eixo da BR-156, Ferreira Gomes - AP

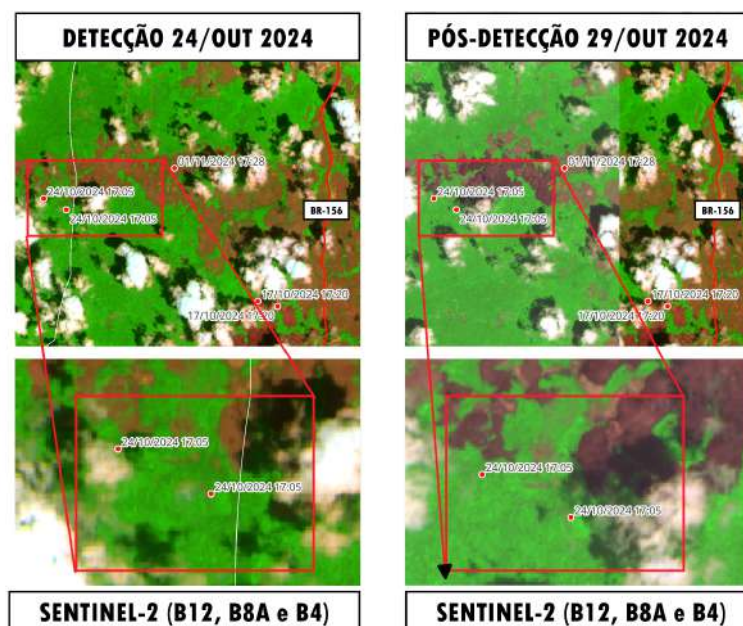


Fonte: IBGE (2024), INPE (2025) elaborado pelos autores

4.1 Dispersão dos Focos

Paralelamente, é necessário que reparações após o processamento devem ser consideradas em relação à localização dos focos, uma vez executada, realizou-se a dispersão pontual dos focos disponibilizados pelo banco de dados, que neste caso, os pontos de focos de calor registrado no mês de outubro a uma distância aproximada de 10 km da BR-156 mostrados na **Figura-14**, foram validados por meio de imagens de satélite do Sentinel-2, com resolução espacial de 15 metros. No entanto, com o alcance da validação, constatou-se a imprecisão em alguns focos. Desse modo, revelou-se a ineficiência da detecção de algumas amostras dos focos ao longo da BR-156, logo, a imagem de 15 metros revelou o local onde não apresentou-se nenhum vestígio como manchas escuras de pós-fogo.

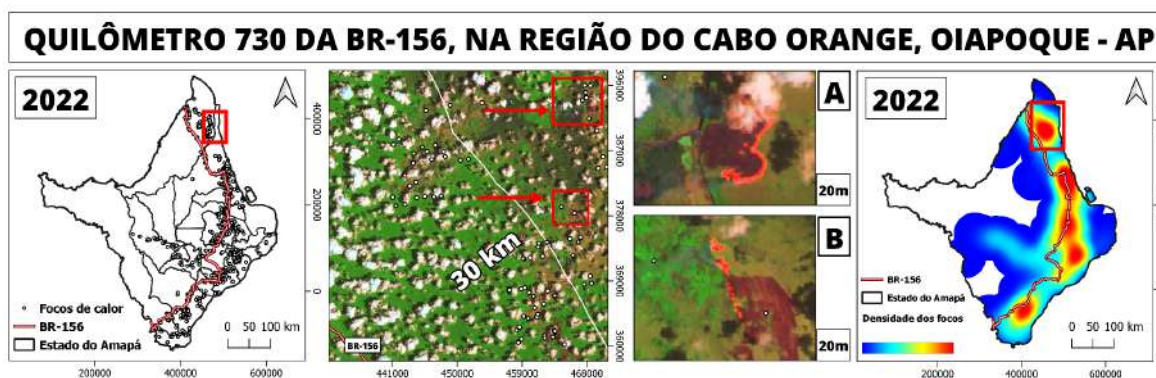
Figura-14: Validação dos focos detectados no município de Pracuúba



Fonte: SENTINEL-2, elaborado pelos autores, 2025.

A região onde encontra-se a Unidade de Conservação do Parque Nacional do Cabo Orange também apresentou alguns danos deixados pelo fogo, desde então, aplicou-se um buffer de 30 quilômetros da BR-156 para captura dos danos causados pelo fogo. Desse modo, foi possível identificar a área queimada conforme a **Figura-15** no mês de outubro de 2022.

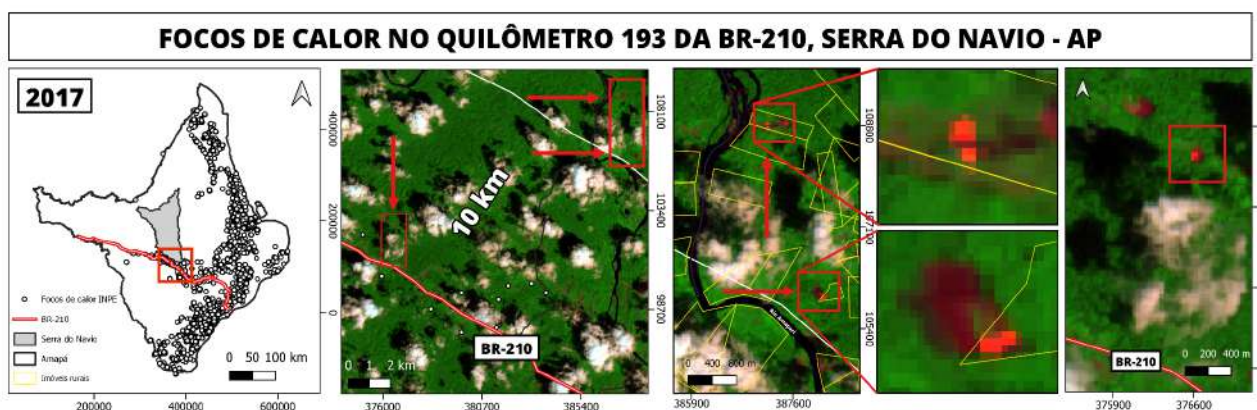
Figura-15: Focos de calor em outubro de 2022, município de Oiapoque - AP



Fonte: organizado pelos autores, 2025.

Na região centro-oeste do Amapá a BR-210 apesar de ter apresentado um número relativamente inferior de registro de focos em comparação a BR-156 identificou-se a presença de focos de calor na região do rio Amapari no município de Serra do Navio, neste caso, foi aplicado um buffer com aproximadamente 10 quilômetros com demonstra a **Figura-16**.

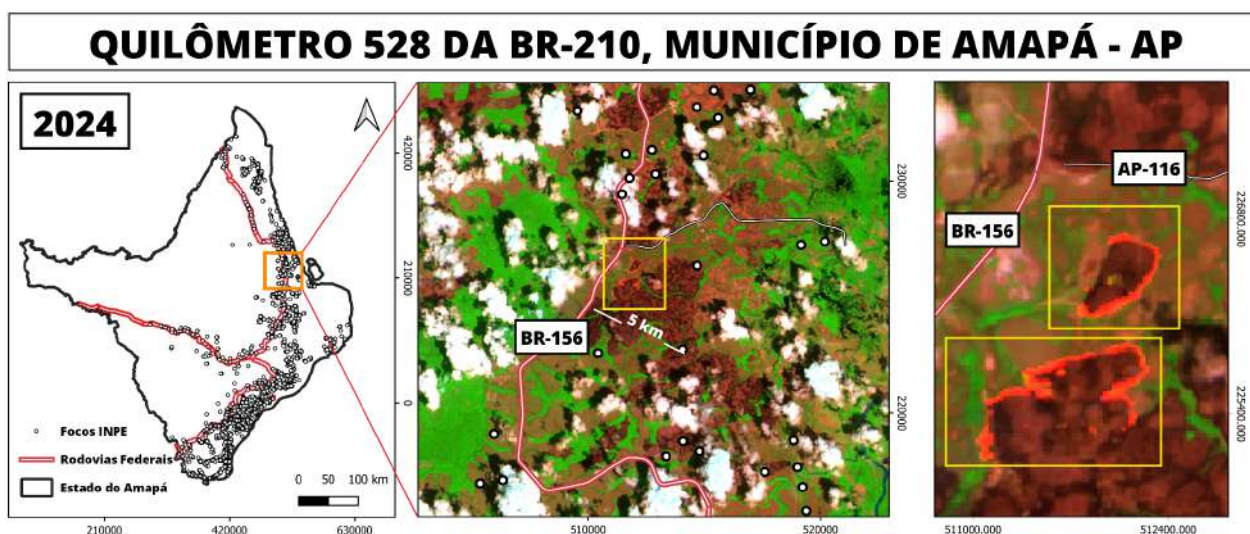
Figura-16: Focos de calor na rodovia federal BR-210



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

No município de Amapá foram detectados a presença do fogo, em uma região onde há a vegetação predominante dos campos de savana, conforme a **Figura-17** observou-se o fogo a uma distância de menos de 5 quilômetros da BR-156 próximo a rodovia estadual AP-116 que dá acesso a sede municipal de Amapá região dos lagos.

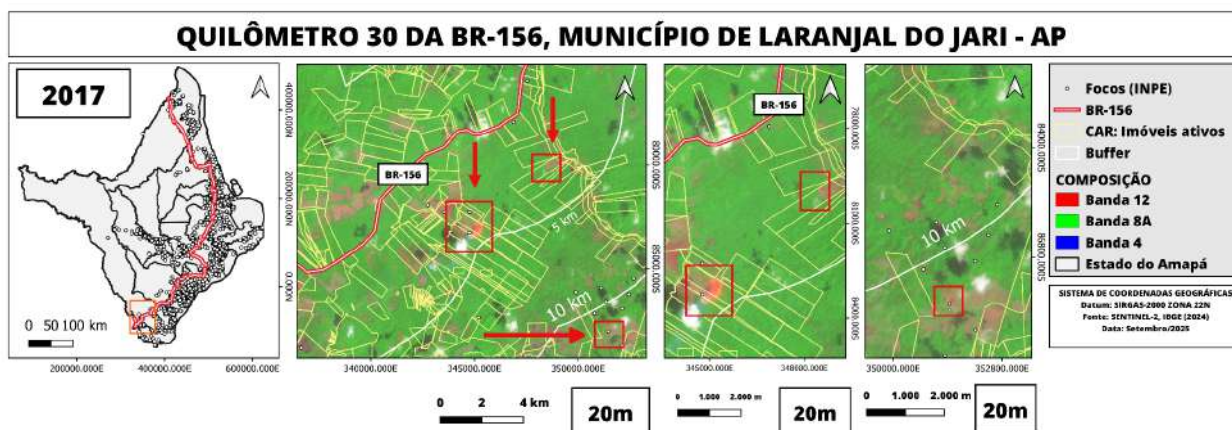
Figura-17: Focos de calor no trecho norte do eixo da rodovia BR-156



Fonte: IBGE 2024, Sentinel-2.

Na região sul do estado, no município de Laranjal do Jari, foi possível detectar os focos de calor no trecho inicial do quilômetro 30 da BR-156, dessa maneira, utilizando um buffer máximo de 10 quilômetros para se observar a transformação da paisagem devido a presença do fogo e também algumas manchas de subtração da vegetação nativa, na **Figura-18** são mostrados tais eventos juntamente com os dados dos imóveis rurais às margens da rodovia federal.

Figura-18: Focos de calor no extremo sul do estado do Amapá



Fonte: elaborados pelos autores, 2025.

Segundo o INPE, desde o ano de 2003 o estado do Amapá inicia possuía um total de 25 quilômetros quadrados de desmatamento, gradualmente sofreu um declínio até o ano de 2006, a partir desse momento, observou-se um aumento acentuado que atingiu um quantitativo de 100 quilômetros em 2008. Desse modo, o ano de 2008 foi marcado pelo maior índice já registrado em função do desmatamento, como mostra a **Figura-19** a seguir.

Figura-19: Gráfico anual do desmatamento no Amapá



Fonte: INPE, organizado pelos autores, 2025.

Diante do exposto, percebeu-se também que houve uma concentração reduzida de manchas de calor em torno da BR-210 no trecho que interliga o município de Serra do Navio à capital Macapá em relação a BR-156, assim, percebe-se que os focos de calor estão diretamente associados ao processo de uso e ocupação do solo. Logo, o trecho rodoviário da BR-210 que liga os municípios de Serra do Navio, Pedra Branca do Amapari, embora tenha apresentado um índice de densidade de focos inferior à BR-156, em outubro de 2023 esse trecho da BR-210 registrou um crescimento acentuado de focos registrados.

Por outro lado, percebeu-se que apesar da pastagem não ser um fator preponderante economicamente do estado em relação a uma escala de nível nacional, a atividade de

pastagem ainda sim é um dos fatores de alteração antrópica da paisagem na zona rural do município homônimo de Amapá que segundo os resultados obtidos é recorrente na região como representados na **Figura-20**.

Figura-20: Pastagem na zona rural do município de Amapá



Fonte: elaborado pelos autores, maio de 2025.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho, pode-se, através das análises, compreender as principais variáveis que alteram significativamente a disseminação do fogo no perímetro das rodovias, visto isso, conclui-se portanto, que durante o período de estiagem no segundo semestre anuais, o mês de outubro possui alto grau relevante assim como o mês que apresentou maior frequência de detecção dos focos de calor no estado do Amapá. Dessa forma, é possível ressaltar que desde o período de análise iniciando-se no mês de julho indo até o mês de setembro é o intervalo onde as variáveis proveniente das condições de seca são mais intensas.

A partir dos resultados apresentados, é nítida a dinâmica de ocupação em contraste com o eixo das rodovias federais do Amapá onde pode-se acompanhar o arranjo sistêmico de ocupação de imóveis rurais e projetos de assentamentos. Por conseguinte, assim como o avanço do agronegócio pelo interior do estado tal evento ainda que em expansão retraída demonstra que atividades de uso da terra é um dos principais mecanismo indutor dos focos de calor no estado do Amapá.

6. REFERÊNCIAS

EMBRAPA, 2004, Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos", (ISBN: 85-7383-260-6), Brasília - DF.

EMBRAPA, 2014, AQUA – Aqua Project Science. Disponível em:
<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_aqua.php>. Acesso em 20 mai. 2025.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em:
< <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 17 jun. 2025.

EPIPHANIO, 2002, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Satélites de sensoriamento remoto** cap. 2, São José dos Campos - SP.

FEARNSID, P.M. 2022. **Desmatamento na Amazônia brasileira**: História, índices e consequências. 7-19. In: Fearnside, P.M. (ed.) **Destruição e Conservação da Floresta Amazônica**. Editora do INPA, Manaus, Amazonas. 356 p.

FILOCREÃO, Antonio S. M. Formação socioeconômica do Estado do Amapá. In: CASTRO, Edna; CAMPOS, Indio. **Formação Socioeconômica da Amazônia**. Belém: NAEA, 2015. p. 97-172.

FILHO *et. al.*, 2015. O Código de 1934 in **A Evolução do Código Florestal Brasileiro**.

FLORENZANO, 2008, **Os satélites e suas aplicações**, São José dos Campos - SP.

FLORENZANO, 2008, **Os satélites e suas aplicações**, principais programas de satélites.

IBGE, Base cartográfica e Geociências, malhas territoriais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html> 2024; 2024; Acesso em: 25 de abril de 2025. Rio de Janeiro - RJ.

IBGE, Banco de informações ambientais, vegetação no estado do Amapá. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/23382-banco-de-informacoes-ambientais.html> 2023, Acesso em 22 de maio de 2025; Rio de Janeiro - RJ.

ICMBIO, 2010, **Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Brasília: ICMBio, 2010.

INCRA, 2024, Instituto de Colonização e Reforma Agrária. Superintendência de informações de projetos de reforma agrária - SIPRA, **Relatório: Rel-0227**. dados dos projetos de assentamento: área polygonal, Instituto de Colonização e Reforma Agrária. Macapá-AP, 2024.

INCRA, 2024, Instituto de Colonização e Reforma Agrária: base cartográfica de dados. Disponível em: <https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php> > Acesso em: 15/05/2025 Macapá - AP.

INPE, Banco de dados de queimadas, programa queimadas. Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/> Acesso em: 25 de janeiro de 2025 São Paulo - SP.

JENSEN, 2009, **Sensoriamento Remoto no Infravermelho Termal**; Sensoriamento Remoto do Ambiente, cap. 8.

INPE, Ministério da Ciência e Tecnologia, **Relatório Anual**, resultados obtidos em 2011.

LATORRE *et al.* 2003; **Sensor MODIS: Características gerais e aplicações**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP.

LIBONATI, Setzer, Morelli, DaCamara, **Algoritmo automático de detecção de áreas queimadas em imagens MODIS – aplicação na região do Jalapão, TO**; Anais XVI

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

LIBONATI, R.; DaCamara, C.C.; Pereira, J.M.C.; Peres, L.F. On a new coordinate system for improved discrimination of vegetation and burned areas using MIR/NIR information. **Remote Sens. Environ.**, v. 115, p. 1464-1477, 2011.

LIU, 2007. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**: Monitoramento de queimadas; cap. 11; 2007.

NASCIMENTO, Adilson Garcia do. A reforma agrária no estado do Amapá: **o processo histórico institucional fundiário e as consequências dos projetos de assentamento sobre a cobertura florestal**. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas). Universidade Federal do Amapá. Macapá-AP, 2009.

PARANÁ, 2008; Corpo de Bombeiros da Polícia Militar. **Manual de Combate a Incêndio**. Oficiais alunos do Curso de Prevenção e Combate a Incêndios.

REMMEL, T. K.; PERERA, A. H. 2001. **Fire mapping in a northern boreal forest**: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection. *Forest Ecology and Management* 152:119-129.

SANT'ANNA *et al.*, 2000. **Reforma agrária e o desenvolvimento sustentável**.

SETZER, SÉRGIO, VICTORINO, BOTTINO, 2021; **Deteção de queimadas por satélites geoestacionários e seu uso no Programa Queimadas do INPE**: Queimadas e incêndios florestais, cap. 4; pg. 112.

SILVERMAN, 1986. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**.

WOLFE, et al., 2002. **Achieving sub-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science**; *Remote Sensing of Environment*.