Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

# ANÁLISE DA PERDA DE COBERTURA VEGETAL ENTRE 2010 E 2020 A PARTIR DOS DADOS DE FOCOS DE CALOR REGISTRADOS NA AMAZÔNIA LEGAL

***Analysis of vegetable coverage loss between 2010 and 2020 based on data from heat focus registered in the legal Amazon***

**Hildeberto Ferreira de MACÊDO FILHO**
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
hildeberto.filho@hotmail.com

**DOI:** https://doi.org/10.46636/recital.v3i3.219

**Resumo**

As constantes queimadas na Amazônia ocasionam, além da perda de cobertura vegetal, consequências adversas ao meio ambiente, principalmente emissões de gases de efeito estufa. O Arco do Desmatamento é uma área que cobre parte do território da Amazônia brasileira e tem como agente principal o avanço da fronteira agrícola pelo país. Em face do exposto, a área territorial da região amazônica está contemplada pelo arco do desmatamento, logo, apresenta grandes evidências de queimadas decorrentes de ações antrópicas. Neste contexto, o presente estudo visa averiguar a incidência de focos de calor no bioma amazônico no espaço temporal de 2010 a 2020. O processo metodológico baseou-se em dados do sistema de detecção de focos de calor do satélite AQUA acumulados entre 1º de janeiro e 31 de dezembro para o ano de 2010, 2015 e 2020. Os dados das áreas de cicatrizes de fogo foram obtidos através do Projeto MapBiomas no espaço-tempo definido. Com isso, percebemos que o número de focos de calor diminui com o passar dos anos, enquanto os dados de cicatrizes de fogo aumentaram em um intervalo de cinco anos.

**Palavras-chave:** Focos de calor. Cicatrizes de fogo. Sensoriamento Remoto. Região Amazônica.

**Abstract**

The constant fires in the Amazon cause, in addition to the loss of vegetation cover, adverse consequences for the environment, especially greenhouse gas emissions. The Arc of Deforestation is an area that covers part of the territory of the Brazilian Amazon and has as its main agent the advance of the agricultural frontier across the country. The territorial area of the Amazon region which is covered by the arc of deforestation presents great evidence of fires resulting from anthropic actions. In this context, the present study aims to investigate the incidence of hotspots in the Amazon biome in the period from 2010 to 2020. The methodological process was based on data from the AQUA satellite hotspot detection system accumulated between January 1st and December 31th for the year 2010, 2015 and 2020. The fire scar area data were obtained through the MapBiomas Project in the defined space-time. Thus, we see that the number of hotspots decreases over the years, while the data on fire scars increased over a period of five years.

**Keywords:** Hot spots. Fire scars. Remote sensing. Amazon region.

# INTRODUÇÃO

A Amazônia é a floresta tropical mais extensa do mundo, ocupando uma área de aproximadamente 6,3 milhões de km², distribuída pelo Brasil, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Bolívia e Guianas (ARANA, 2009). A Amazônia Legal é composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de partes dos estados do Mato Grosso e Maranhão, com área de um pouco mais de 5 milhões de km² (BRASIL, 2020).

"Focos de calor" é a denominação dada quando pontos geográficos são captados por sensores espaciais na superfície do solo, quando detectada uma temperatura acima de 47 ºC e área mínima de 900 m² (GONTIJO *et al*, 2011). Cada ponto imageado pelos sensores corresponde a uma área mínima denominada "*pixel*" (*picture cell*), geograficamente identificada, na qual são registrados números digitais (ND) relacionados à intensidade de energia refletida em faixas (bandas) bem definidas do espectro eletromagnético (LOURENÇO; LANDIM, 2003). Neste *pixel* pode haver uma ou várias queimadas distintas, mas a indicação será de um único foco. Se uma queimada for muito extensa, será detectada em alguns *pixels* vizinhos, ou seja, vários focos serão associados a uma única grande queimada (BRASIL, 2016).

Através do sensoriamento remoto é possível disponibilizar informações espaciais e temporais sobre as ocorrências de queimadas, além de quantificações da área e da biomassa afetadas pelo fogo, fornecendo uma importante contribuição para o estudo de incêndios no meio ambiente e seus efeitos ecológicos (FRANÇA; FERREIRA, 2005). Em áreas onde ocorreu passagem de fogo percebe-se a diminuição da clorofila na vegetação, o que resulta em um aumento da reflectância no espectro visível e diminuição na região do infravermelho-próximo (PINTO, 2018).

Estudos apontam que o desmatamento na Amazônia tem como uma das principais causas as atividades de origem antrópica como a agricultura, pecuária, somada à agricultura do tipo de corte e queima (SANTOS *et al*., 2017). Os impactos do desmatamento incluem a perda de biodiversidade, a redução da ciclagem da água (e da precipitação) e contribuições para o

aquecimento global (FEARNSIDE, 2020). Neste sentido, o autor afirma que a extração da madeira aumenta a inflamabilidade da floresta, a qual ocasiona as queimadas de sub-bosque e gera um ciclo vicioso de mortalidade de árvores, aumento da carga de combustível, reentrada do fogo e, por fim, destruição florestal.

Este trabalho apresenta uma série temporal de uma década (2010 – 2020) e tem por objetivo analisar a incidência do fogo na Amazônia Legal nos últimos anos, verificando, assim, o quantitativo de focos de calor registrados na região e estipulando a área demarcada pelas cicatrizes de fogo.

# 1 REFERENCIAL TEÓRICO

A região Amazônica passou a ser denominada como "Arco de Desflorestamento", compreendido pelos estados do Acre, Rondônia, a parte sul do Amazonas, o centro e o norte do Mato Grosso, sul e leste do Pará, centro e norte de Tocantins e oeste do Maranhão (JUSTINO, SOUZA; SETZER, 2002). Trata-se de uma região responsável pelas maiores taxas de desmatamento e pelo avanço da fronteira agrícola em direção às florestas preservadas (CONCEIÇÃO; CHAVES, 2019).

Existem três tipos principais de incêndios na Amazônia: a partir do processo de remoção de florestas primárias; para fins agrícolas em regiões já desmatadas; e incêndios florestais em grandes proporções (BARLOW *et al*., 2019). A remoção da cobertura florestal é uma das principais fontes de ignição e de aumento da inflamabilidade das florestas remanescentes através do aumento da densidade de bordas, incremento nas temperaturas e redução das chuvas na região (BARLOW *et al*., 2019). O desmatamento da floresta amazônica leva ao empobrecimento da biodiversidade na região, de modo que o ciclo hidrológico também é afetado podendo modificar drasticamente o transporte de umidade fornecido pela floresta para importantes regiões agrícolas do Brasil, localizadas no sul e sudeste (SANTOS *et al*., 2017).

As queimadas liberam gás carbônico ($CO_2$), metano ($CH_4$), monóxido de carbono (CO) e nitroso de oxigênio ($N_2O$), e estes gases têm impacto local com potencial de contribuição a danos em um longo prazo (FEARNSIDE, 2002). Em períodos de seca, especialmente entre os meses de junho a setembro, ocorrem incrementos significativos de queimadas e doenças respiratórias nos estados da Amazônia, em decorrência da combustão da biomassa e dispersão de diversos poluentes suspensos (VIANA; PERES; MALHEIROS 2010).

A necessidade de monitorar e quantificar de forma sistemática os incêndios na vegetação intensifica o uso de geotecnologias, a fim de fornecer a informação necessária para o processo de mapeamento e interpretação de dados provenientes de focos de calor e possíveis incêndios (SANTOS, 2017). O geoprocessamento engloba desde o levantamento até o processamento de dados relativos ao meio ambiente, valendo-se de programas especializados, viabilizando diversas operações, tais como interpolações e sobreposição de dados (OLIVEIRA, 2017). A krigagem é um método interpolador, que tem por princípio a teoria das variáveis regionalizadas, onde o valor de uma variável possui uma dependência espacial e fornece estimadores exatos com propriedades de não tendenciosidade e eficiência (PEREIRA, 2020; RAMOS *et al*., 2017). Dentre seus métodos existem a ordinária – domínio limitado de sua estacionaridade para a vizinhança do local com média constante, porém desconhecida – e universal – método para os casos em que o processo estocástico apresenta uma tendência (MEDEIROS; LUCIO; SILVA,

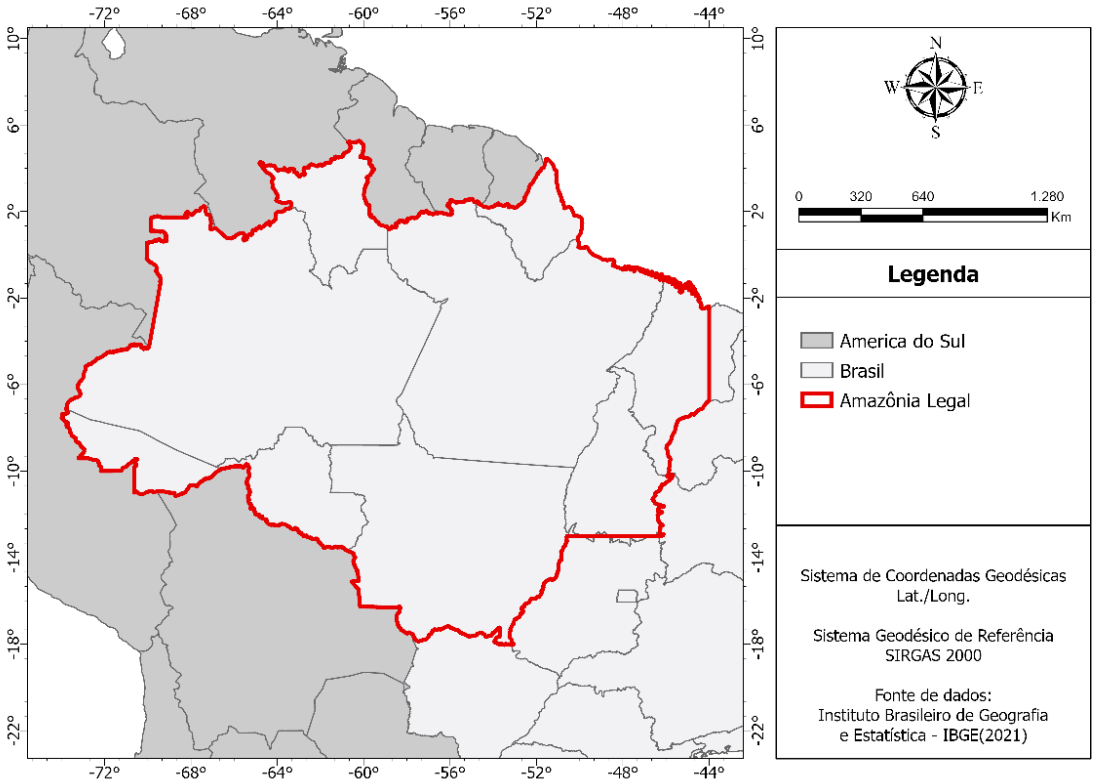
2017). A krigagem tem a vantagem de prever estimativas da incerteza em torno de cada valor interpolado, também permite usar dados coletados usando diferentes métodos de amostragem (GUALBERTO, 2020).

O sensoriamento remoto pode ser utilizado como uma ferramenta para elaboração de um panorama da severidade do fogo, pois os dados armazenados a partir da análise de imagens obtidas de diversos satélites podem ser associados aos diferentes fenômenos físicos que ocorrem no planeta (PINTO, 2018). Em 2015 surgiu o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil – MapBiomas, uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (PROJETO MAPBIOMAS, 2021). Esta plataforma simplificou as análises de imagens, já que todos os produtos, métodos e ferramentas são de acesso livre, transparente e disponibilizado publicamente na internet para uso não-comercial (SOUZA *et al*., 2020).

## 1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para este trabalho foi a Amazônia Legal brasileira (figura 1). Esta, é composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão, totalizando 5.015.067,749 de km², o que corresponde a cerca de 58,9% do território brasileiro (BRASIL, 2020a). Em relação ao bioma Amazônia, sua área, de 4,2 milhões de km², representa 49,3% do território nacional e possui a maior biodiversidade do planeta, com grande potencial aquícola, resultado das variadas condições geoclimáticas (VIEIRA, BUAINAIN; CONTIN, 2019). Durante o período da estação seca, entre julho e novembro, as emissões de origem antropogênica, através das queimadas, são predominantes, levando a altas concentrações de partículas de aerossóis na atmosfera (SANTOS *et al*., 2017).

**Figura 1** – Localização da área de estudo.




Fonte: IBGE (2021). Adaptado pelos autor.

## 2 METODOLOGIA

A realização deste trabalho baseia-se nos métodos aplicados por SILVÉRIO *et al*., 2019 e VASCONCELOS, 2012. Para os focos de calor, utilizaram-se dados do sistema de detecção de focos de calor do satélite AQUA (considerado como satélite de referência pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE) acumulados para o bioma Amazônia entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de cada ano, de 2010, 2015 e 2020.

O arquivo *shapefile* dos limites da Amazônia Legal foi extraído do portal *TerraBrasilis*, plataforma desenvolvida pelo INPE para organização, acesso e uso através de um portal web dos dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental (TERRABRASILIS, 2021).

Os dados foram importados no programa *ArcGIS Pro*, v. 2.7.0, e utilizados os limites da Amazônia Legal em arquivo *shapefile*, *datum SIRGAS* 2000. Plotaram-se os pontos dos focos de calor e utilizou-se a interpolação de krigagem ordinária que permite estimar o valor de um atributo em um local qualquer, apenas tomando o valor do atributo em alguns locais conhecidos e próximos àquele em que o atributo será estimado (LUNDGREN; SOUZA; LUNDGREN, 2017).

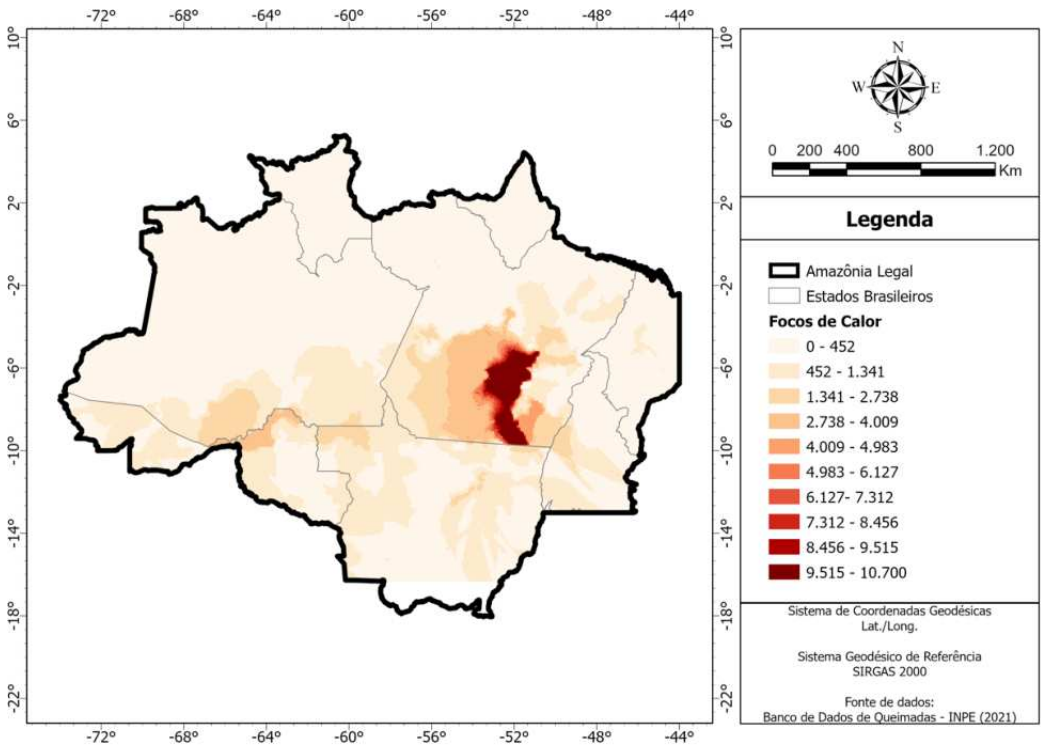
Os dados das áreas de cicatrizes de fogo foram obtidos através do Projeto MapBiomas, iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite (MAPBIOMAS, 2021).

# 3 RESULTADOS

## 3.1 ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR E CICATRIZES DE FOGO NA AMAZÔNIA LEGAL EM 2010

Os dados de focos de calor ocorridos na Amazônia Legal no ano de 2010 demonstram que no centro sul do estado do Pará localiza-se a maior concentração de focos de calor (figura 2). Este, por sua vez, totaliza 57.196 ou 42,5% dos registros. Em contrapartida, no estado do Amapá registram-se cerca de 1.000 focos de calor ou 0,74% em relação a todos os dados deste evento. O quantitativo dos focos de calor por estado (figura 3) comprova que, em 2010, o estado do Pará teve o maior índice de queimadas entre todos os estados que compõem a Amazônia Legal. De modo geral, é possível observar, na tabela 1, que um pouco mais de 4,5 milhões de hectares de cobertura vegetal na Amazônia Legal foram atingidos pelo fogo em 2010, sendo que 63,84% ocorreram em regiões de uso antrópico e 36,16% de uso natural.

**Figura 2** – Focos de calor registrados em 2010 na Amazônia Legal.

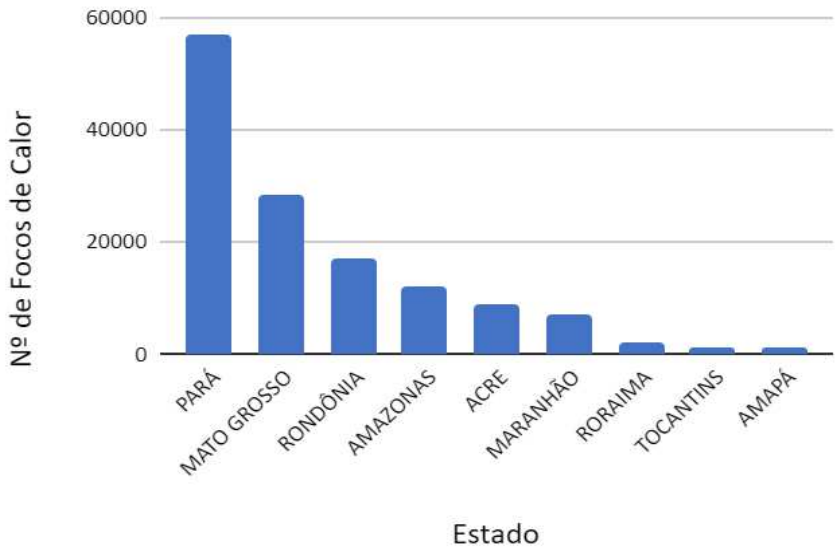



Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor (2021)



RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

**Figura 3** – Número de focos de calor registrados em 2010 por estado.




Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor.

**Tabela 1** – Quantitativo da área atingida pelo fogo em 2010 na Amazônia Legal.

| **Região de uso antrópico** | | **Região de uso Natural** | |
|---|---|---|---|
| **Tipo** | **Área (ha)** | **Tipo** | **Área (ha)** |
| Agricultura | 139.234,40 | Campo | 760.132,40 |
| Áreas Não Vegetadas | 3.312,42 | Floresta | 816.803,40 |
| Pastagem | 2.791.970,00 | Natural Não Florestal | 3.092,26 |
| | | Savana | 82.368,74 |
| **Total Uso Antrópico** | 2.934.516,82 | **Total Uso Natural** | 1.662.396,80 |

Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor.

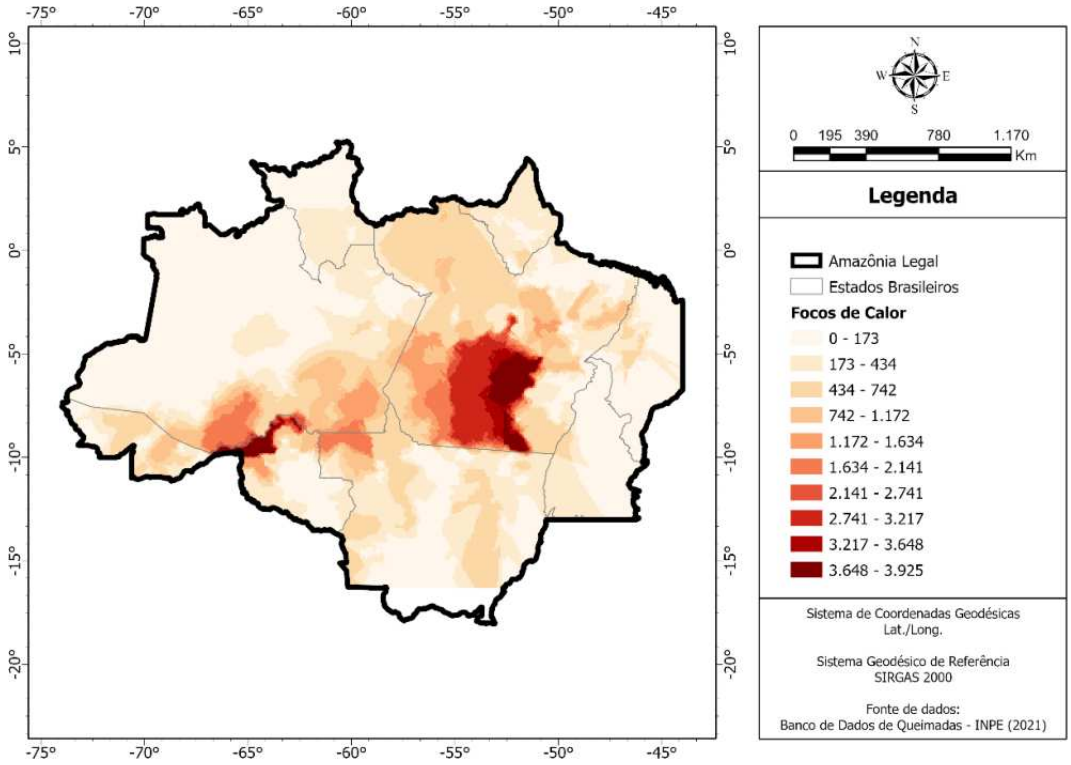


RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

## 3.2 ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR E CICATRIZES DE FOGO NA AMAZÔNIA LEGAL EM 2015

No ano de 2015 (figura 4) observa-se que Rondônia apresentou uma leve diminuição em números absolutos de focos, contudo ocorreu uma concentração no norte do estado e consequentemente houve um acúmulo também no sul do Amazonas. O número de focos de calor registrados em cada estado (figura 5) confirma que o Pará continuou com o maior índice, cerca de 43.164 focos de calor ou 40,46% do total analisado, seguido de Mato Grosso com 17.599 ou 16,56% e Amazonas com 13.419, que representa 12,61% de focos de calor registrados em 2015. Tocantins apresentou as menores taxas com 509 registros ou 0,48%. Em relação à área afetada (tabela 2), cerca de 5 milhões e 180 mil hectares de cobertura vegetal na Amazônia Legal foram atingidos pelo fogo em 2015, sendo que 49,51% ocorreram em regiões de uso antrópico e 50,49% de uso natural.

**Figura 4** – Focos de calor registrados em 2015 na Amazônia Legal.

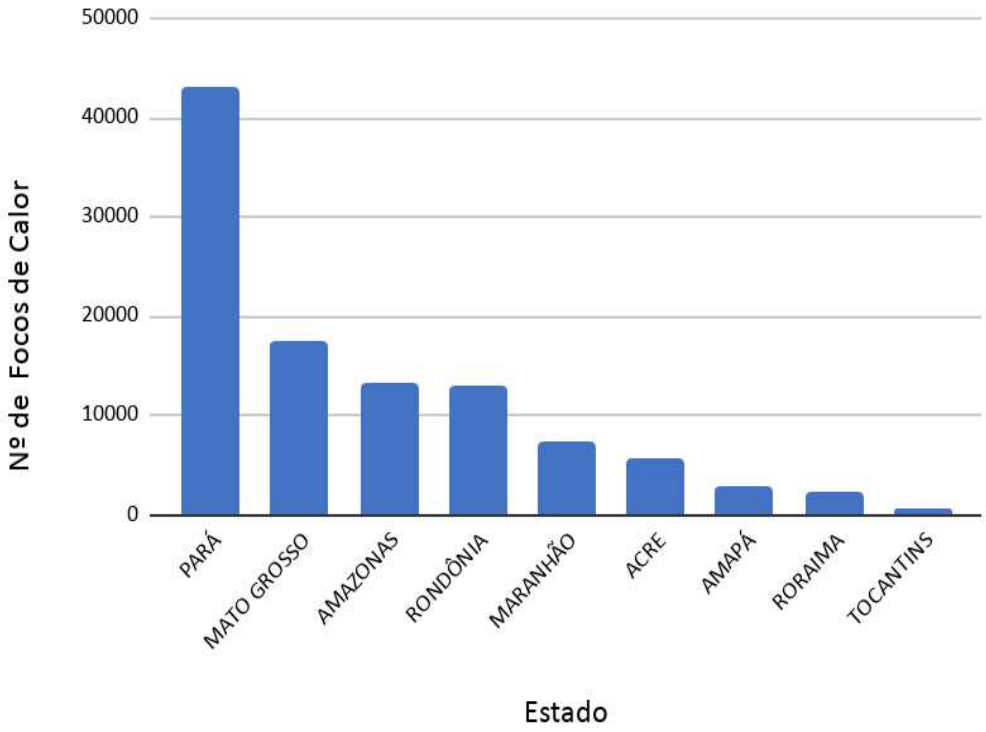



Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor.



RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

**Figura 5** – Número de focos de calor registrados em 2015 por estado.




Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor.

**Tabela 2** – Quantitativo da área atingida pelo fogo em 2015 na Amazônia Legal.

| **Uso Antrópico** | | **Uso Natural** | |
|---|---|---|---|
| **Tipo** | **Área (ha)** | **Tipo** | **Área (ha)** |
| Agricultura | 192.194,60 | Campo | 1.563.937,00 |
| Áreas Não Vegetadas | 5.051,59 | Floresta | 974.397,70 |
| Pastagem | 2.367.573,00 | Natural Não Florestal | 792,19 |
| | | Savana | 76.459,63 |
| **Total Uso Antrópico** | 2.564.819,19 | **Total Uso Natural** | 2.615.586,52 |

Fonte: Projeto MapBiomas (2021). Adaptado pelo autor.

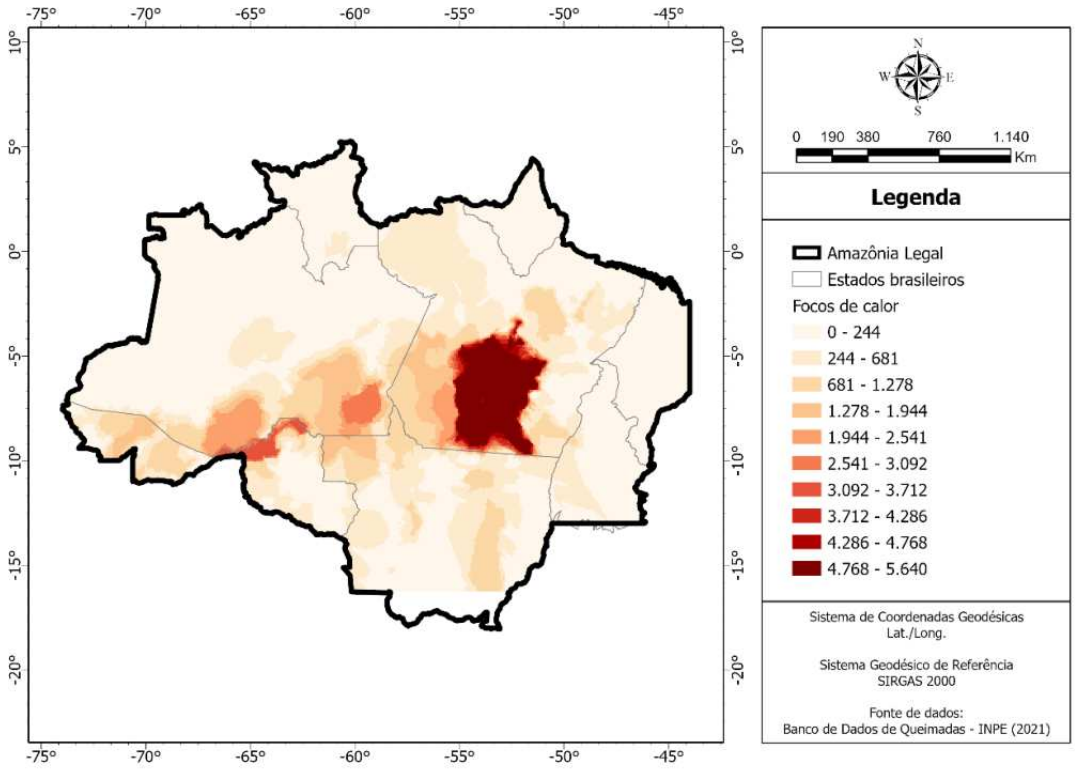


RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

## 3.3 ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR E CICATRIZES DE FOGO NA AMAZÔNIA LEGAL EM 2020

Apesar da diminuição significativa dos dados no ano de 2020 (figura 6), houve um agravamento na região centro-sul do Pará e uma leve diminuição no norte de Rondônia. Em quantitativo geral (figura 7), o Pará permaneceu com a maior porcentagem de focos de calor, cerca de 37,43% ou 38.603 registros, em contrapartida o estado de Tocantins registrou 579 focos, ou seja, 0,56% do total geral deste ano. Os dados de cicatrizes de fogo para o ano de 2020 estão indisponíveis para exposição da área atingida pelas queimadas.

**Figura 6** – Focos de calor registrados em 2020 na Amazônia Legal.

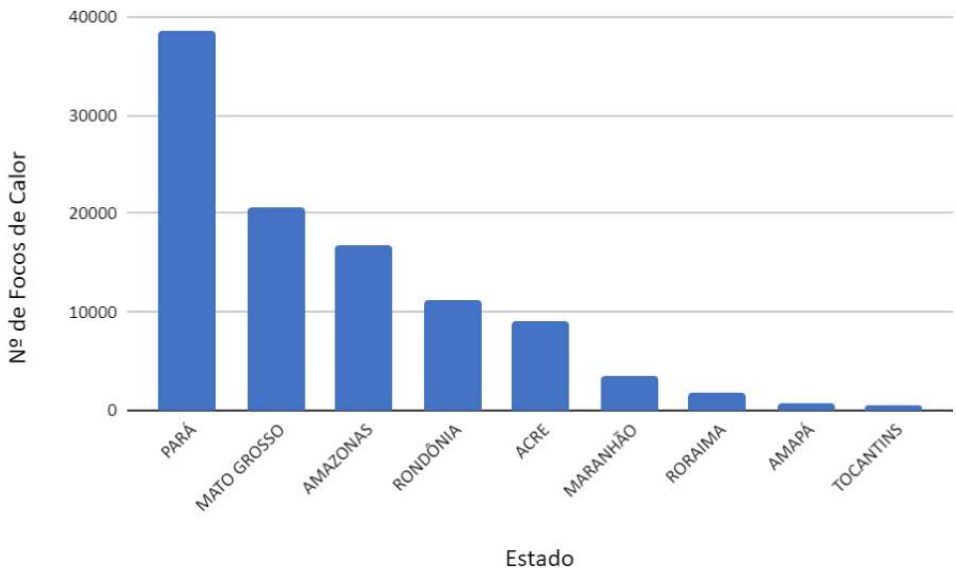



Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor.



RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

**Figura 7** – Número de focos de calor registrados em 2020 por estado.




Fonte: INPE (2021). Adaptado pelo autor

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Interpoladores geoestatísticos são usados em diversas finalidades, GALVÃO (2012) utilizou o método de krigagem para analisar 66 estações meteorológicas na região amazônica no ano de 2010 e constatou que em regiões onde a temperatura é maior, a precipitação tende a ser menor e que não foi possível relacionar as variáveis de temperatura e áreas de desmatamento. Grego, Coutinho e Quartaroli (2008) estudaram a correlação entre dados de queimadas e desflorestamento no estado do Mato Groso nos anos de 2001 e 2005 utilizando a krigagem e constataram que houve crescimento dos focos de calor e das áreas desflorestadas, assim, a correlação foi significativa para queimadas e desflorestamentos, indicando que os focos de calor identificados são fortemente associados a processos de desflorestamento. Os estudos mostrados acima, demostraram que o método de krigagem, assim como os dados de focos de calor, demonstram efetividade para análise temporal de desflorestamento, podendo ser relacionado com outras variáveis ambientais como temperatura e precipitação.

A relação entre o quantitativo de focos de calor e a área desmatada em consequência do fogo, seja em caráter antrópico ou natural, deve ser analisada separadamente, conforme a tabela 3. Percebe-se que a tendência dos focos de calor diminuiu com o passar dos anos, contudo, a área de cicatrizes de fogo em 2015 aumentou cerca de 12,7% em 5 anos. Pela indisponibilidade de dados de cicatrizes de fogo no ano de 2020, não é possível concluir que a tendência, em relação aos anos analisados, seja crescente ou decrescente.



RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 3, n. 3, set./dez. 2021.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

**Tabela 3** – Relação entre o número de focos de calor e cicatrizes de fogo registrados no bioma amazônico nos anos de 2010, 2015 e 2020.

| Ano | Nº de Focos de Calor | Cicatrizes de Fogo (ha) |
|---|---|---|
| 2010 | 134.586 | 4.596.913,62 |
| 2015 | 106.424 | 5.180.405,72 |
| 2020 | 103.137 | - |

Fonte: INPE (2021); MapBiomas (2021). Adaptado pelo autor.

Observa-se que a tendência dos focos de calor diminuiu com o passar dos anos, de 134.586 registros em 2010 para 103.137 em 2020, uma redução de 23,37%. Contudo, deve-se ressaltar que a região do centro-sul do Pará é a mais afetada em todos os anos analisados, seguida do norte de Rondônia. Fato relacionado à localização destas no chamado Arco do Desmatamento, estas localidades estão propensas a terem mais ações antrópicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do fogo em propriedades rurais é comum para se limparem áreas recém-desmatadas e outros tipos de terrenos, contudo, sua utilização descontrolada pode causar consequências grandiosas na flora e fauna, tais como perda da cobertura vegetal, destruição de habitats naturais, morte de animais nativos e outros. Embora a legislação ambiental brasileira determine a proteção ao meio ambiente, além de penalidades em decorrência de crimes ambientais, deve-se fiscalizar mais criteriosamente as áreas de risco de fogo, assim como as atividades antrópicas na região amazônica. Com o lançamento do satélite Amazônia-1, espera-se observar e monitorar o desmatamento, especialmente na Amazônia, através de dados de alta resolução temporal. Consequentemente, os estudos e ações por parte de órgãos ambientais em relação às queimadas na região amazônica terão mais informações e, assim, melhores tomadas de decisão a fim de se preservar o bioma serão mais rápidas e eficazes.

## REFERÊNCIAS

ARANA, Andréa Araújo. **A composição elementar do aerossol atmosférico em Manaus e Balbina**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Clima e Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.

BARLOW, Jos; BERENGUER, Erika; CARMENTA, Rachel; FRANÇA, Filipe. Clarifying Amazonia's burning crisis. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 319-321, 15 nov. 2019.

BRASIL. IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Monitoramento de queimadas em imagens de**

**satélites**. 2016. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/consultas/incendios-florestais/consultas-monitoramento-de-queimadas/monitoramento-de-focos-de-queimadas-em-imagens-de-satelites. Acesso em: 08 abr. 2021.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE atualiza Mapa da Amazônia Legal**. 2020. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/280. Acesso em: 25 maio 2021.

CONCEIÇÃO, Katyanne Viana da; CHAVES, Michel Eustáquio Dantas. O uso da abordagem GEOBIA para a detecção do avanço da atividade agropecuária no arco do desmatament. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, XX., 2019, São José dos Campos. **Proceedings XX GEOINFO.** São José dos Campos: Anais, 2019. p. 218-223.

FEARNSIDE, Philip Martin (ed.). Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Destruição e Conservação da Floresta Amazônica**, Manaus, v. 1, n. 1, p. 7-19, jul. 2020

FEARNSIDE, Philip Martin. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, [S. L.], v. 16, n. 4, p. 99-123, 2002.

FRANÇA, Daniela de Azeredo; FERREIRA, Nelson Jesus. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais [...] .** Goiânia: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. p. 3017-3023.

GALVÃO, João Antônio Martins. Estimação da temperatura média na região amazônica por meio de técnicas de Cokrigagem. 2012.

GONTIJO, Gustavo Antomar Batista; PEREIRA, Allan Arantes; OLIVEIRA, Everton Daniel Silva de; ACERBI JÚNIOR, Fausto Weimar. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais [...] .** Curitiba: Sbsr, 2011. p. 7966-7973.

GREGO, Celia Regina Grego; COUTINHO, Alexandre Camargo; QUARTAROLI, Carlos Fernando. **Análise espacial e correlação entre dados de queimadas e desflorestamento no Estado do Mato Grosso, entre 2001 e 2005**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2008.

GUALBERTO, Juliana Aparecida. **Comparação das técnicas Kernel e Krigagem Indicativa na predição de valores de variáveis espacialmente distribuídas**: estudos de caso. 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Biometria, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

INPE (Brasil). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BD QUEIMADAS**. 2021. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/. Acesso em: 23 abr. 2021.

JUSTINO, Flavio Barbosa; SOUZA, Solange Silva de; SETZER, Alberto. Relação entre "focos de calor" e condições meteorológicas no Brasil. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz de Iguaçu. **Anais [...] .** Foz de Iguaçu: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002. p. 2086-2093.

LOURENÇO, Roberto Wagner; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. Tratamento de imagem de satélite por meio de metodologia geoestatística. **Revista Geociências**, Guarulhos, v. 6, n. 8, p. 5-14, dez. 2003.

LUNDGREN, Wellington Jorge Cavalcanti; SOUZA, Inajá Francisco de; LUNDGREN, Giovanna Alencar. Krigagem na construção de mapa pluviométrico do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. L.], v. 10, n. 01, p. 013-022, 2017.

MAPBIOMAS. **O Projeto**. 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/o-projeto. Acesso em: 24 abr. 2021.

MEDEIROS, Felipe Jeferson de; LUCIO, Paulo Sergio; SILVA, Helder José Farias da. Análise de Métodos de Krigagem na Estimativa da Precipitação no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [*s. l*], v. 10, n. 5, p. 1668-1676, 2017.

OLIVEIRA, Ulisses Costa; OLIVEIRA, Petrônio Silva de. Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: análise dos focos de calor na bacia hidrográfica do rio Acaraú, Ceará, nos anos 2010 a 2015. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 87-99, 2017.

PEREIRA, Armando Belato. **Metodologia semiempírica de cálculo de capacidade de carga geotécnica de estacas com base em dados de SPT extrapolados via krigagem e ensaios de carregamento dinâmico**. 2020. 293 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

PINTO, Caio Sampaio. **Estudo de caso utilizando imagens de satélite na análise de cicatrizes de fogo**. 2018. 35 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PROJETO MAPBIOMAS (org.). **Coleção. v. 5. da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2021. Disponível em: mapbiomas.org/. Acesso em: 19 fev. 2021.

RAMOS, Henrique da Cruz; DALLACORT, Rivanildo; NEVES, Sandra Mara Alves da Silva; DALCHIAVON, Flavio Carlos; SANTI, Adalberto; VIEIRA, Francielle Freitas. Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**, [*s. l*], v. 20, n. 13, p. 211-233, jul. 2017.

SANTOS, Sarah Moura Batista dos; FRANCA-ROCHA, Washington de Jesus Sant'anna da; BENTO-GONÇALVES, António José; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Quantificação e avaliação dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina e

entorno no período de 2007 a 2016. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 701-712, abr. 2017.

SANTOS, Thiago Oliveira dos; ANDRADE FILHO, Valdir Soares de; ROCHA, Vinícius Machado; MENEZES, Janaína de Souza. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, [*s. l*], v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SILVÉRIO, Divino; SILVA, Sonaira; ALENCAR, Ane; MOUTINHO, Paulo. **Amazônia em Chamas**. Brasília (Df): Ipam Amazônia, 2019. 9 p.

SOUZA JUNIOR, Carlos M.; SHIMBO, Julia Z.; ROSA, Marcos R. *et al*. Reconstructing Three Decades of Land Use and LandCover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, [*s. l*], v. 12, n. 17, p. 2735, ago. 2020.

TERRABRASILIS (Brasil). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (org.). **TerraBrasilis**. 2021. Disponível em: terrabrasilis.dpi.inpe.br/. Acesso em: 19 fev. 2021.

VASCONCELOS, Sumaia Saldanha de. **Incêndios florestais e queimadas no Amazonas**: distribuição, suscetibilidade e emissões de carbono. 2012. 91 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.

VIANA, Dione Viero; PERES, Wagner Luiz; MALHEIROS, Antonio Francisco. Distribuição espacial dos focos de calor na Amazônia brasileira: "arco do desmatamento". In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cárceres. **Anais [...].** Cárceres: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2010. p. 764-772.

VIEIRA, Pedro Abel; BUAINAIN, Antônio Márcio; CONTIN, Elisio. Amazônia: um mosaico em construção. **Revista de Política Agrícola**, [*s. l*], v. 18, n. 4, p. 134-136, dez. 2019.

***Recebido em:*** *31 de maio 2021*

***Aceito em:*** *7 de dezembro 2021*