



# COINTER PDVAgro 2022

VII CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 29, 30 de nov a 1 de dez

ISSN: 2526-7701 | PREFIXO DOI: 10.31692/2526-7701

## ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ, AMAZÔNIA PARAENSE

## ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS CALIENTES EN EL MUNICIPIO DE PACAJÁ, AMAZÔNIA DE PARÁ

## MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF HEAT SPOTS IN THE MUNICIPALITY OF PACAJÁ, AMAZÔNIA PARAENSE

Apresentação: Comunicação Oral

Gabriel Garreto dos Santos<sup>1</sup>; João Paulo Ferreira Neris<sup>2</sup>; Gabriela Garreto dos Santos<sup>3</sup>; Évelyn Silva de Aguiar<sup>4</sup>; Maciel Garreto dos Santos<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VIICOINTERPDVAgro.0079>

### RESUMO

As queimadas são um dos principais problemas ambientais enfrentados na Amazônia Legal. Diante disso, objetivou-se analisar a dinâmica dos focos de calor do município de Pacajá, no estado do Pará, parte da Amazônia Legal, no período de 6 anos, de 2014 a 2019. Para o mapeamento, foram utilizadas bases cartográficas do IBGE e dados da plataforma de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Esses dados foram processados no *software* QGIS 3.20, utilizando o método estatístico de Kernel, para verificar a densidade dos focos. A partir disso, verificou-se um número de 14.136 focos de queimadas, sendo o maior registro no período de 2019, com 8.425, o equivalente a 59,58% dos focos acumulados entre 2014 a 2019. O ano com menor registro foi 2016, com 957 focos, compondo 6,76% do total acumulado. Observou-se que os focos ocorreram com maior intensidade em outubro e novembro, devido ser um período mais seco na região amazônica. Contudo, a redução das chuvas, isoladamente, não explica esse alto crescimento, principalmente em 2019. Conclui-se que são diversos fatores que contribuem para esse acontecimento, desde mudanças na legislação, com alterações em medidas provisórias, visando beneficiar latifundiários a ações antrópicas, por meio de atividades agropecuaristas. Esse estudo, através da metodologia adotada, conseguiu mapear os focos de calor do município de Pacajá em um determinado período, ampliando a discussão para as causas do aumento recente desses focos.

**Palavras-Chave:** Geotecnologias, incêndios, metodologia de Kernel.

<sup>1</sup> Agronomia, Instituto Federal do Pará (IFPA), gabrielgarretosan1@gmail.com

<sup>2</sup> Agronomia, Instituto Federal do Pará (IFPA), paulonerisfer1@gmail.com

<sup>3</sup> Ciência da Computação, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), gabryelagarreto@gmail.com

<sup>4</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), evelynaguiarsilva@hotmail.com

<sup>5</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), macielgarreto@hotmail.com

## RESUMEN

Los incendios son uno de los principales problemas medioambientales a los que se enfrenta la Amazonia legal. Teniendo en cuenta esto, este estudio tuvo como objetivo analizar la dinámica de los hotspots en el municipio de Pacajá, Estado de Pará, parte de la Amazonia Legal, en el período de 6 años, de 2014 a 2019. Para la cartografía, se utilizaron las bases cartográficas del IBGE y los datos de la plataforma de grabación del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales. Estos datos se procesaron en el software QGIS 3.20, utilizando el método estadístico Kernel, para verificar la densidad de los focos. A partir de ello, se verificó un número de 14.136 incendios, siendo el mayor registro en el periodo de 2019, con 8.425, lo que equivale al 59,58% de los focos acumulados entre 2014 y 2019. Y el año con menor registro fue 2016 con 957 focos, que suponen el 6,76% del total acumulado. Se observó que los brotes se produjeron con mayor intensidad en octubre y noviembre, por ser un periodo más seco en la región amazónica. Sin embargo, la reducción de las precipitaciones, de forma aislada, no explica este elevado crecimiento, especialmente en 2019. Se concluye que hay varios factores que contribuyen a esta ocurrencia, desde los cambios en la legislación, con cambios en las medidas provisionales (MP), destinadas a beneficiar a los propietarios de las tierras hasta las acciones antrópicas, a través de las actividades agrícolas y ganaderas. Este estudio, a través de la metodología adoptada, pudo mapear los puntos calientes en el municipio de Pacajá en un período determinado, ampliando la discusión a las causas del reciente aumento de estos puntos calientes.

**Palabras Clave:** Geotecnologías, incendios, metodología Kernel.

## ABSTRACT

The fires are one of the main environmental problems faced in the legal Amazon. Given this, we aimed to analyze the dynamics of hotspots in the municipality of Pacajá, in the state of Pará, part of the Legal Amazon, in the period of 6 years, from 2014 to 2019. For the mapping, IBGE cartographic bases and data from the National Institute for Space Research's burning platform were used. These data were processed in QGIS 3.20 software, using the Kernel statistical method, to verify the density of the foci. From this, it was verified a number of 14,136 fires focuses, being the highest record in the period of 2019, with 8,425, equivalent to 59.58% of the accumulated focuses between 2014 and 2019. And the year with the lowest record was 2016 with 957 focuses, making up 6.76% of the accumulated total. It was observed that the focuses occurred with greater intensity in October and November, due to being a drier period in the Amazon region. However, the reduction in rainfall, in isolation, does not explain this high growth especially in 2019. It is concluded that there are several factors that contribute to this occurrence, from changes in legislation, with changes in provisional measures (MPs), aiming to benefit landowners to anthropic actions, through agricultural and cattle ranching activities. This study, through the methodology adopted, was able to map the hotspots in the municipality of Pacajá in a given period, broadening the discussion to the causes of the recent increase of these hotspots.

**Keywords:** Geotechnologies, fires, Kernel methodology.



## INTRODUÇÃO

O uso do fogo ainda é uma atividade muito exercida pelos agricultores, desde a renovação de pastos, expansão da pecuária e desmatamento de florestas, sendo que a utilização dessa prática como mecanismo agrícola tem colaborado, em síntese, para o Brasil tornar-se o país com maiores números de queimadas entre os países da América do Sul, com maiores concentrações desses incidentes nas regiões centro-oeste, norte e nordeste (GERUDE, 2013).

As queimadas constituem uma tarefa agrícola bastante executada em períodos de estiagens no Brasil. O exercício dessa atividade tem contribuído para o aquecimento global em decorrência da retirada da vegetação nativa e da emissão de gases poluentes. É notável que o homem tem utilizado bastante esse recurso como estratégia para limpeza de diferentes áreas, como pastagens, canaviais, entre outros. No entanto, isso tem favorecido a chegada do fogo às reservas florestais, gerando inúmeros impactos ambientais.

Esses impactos contribuem com o empobrecimento gradativo do solo, com a perda da biodiversidade da flora e da fauna, promovendo efeitos no balanço radioativo da atmosfera e no clima em diferentes escalas. O uso inadequado das queimadas causa também grandes perdas econômicas, como a destruição de propriedades privadas, interrupção do tráfego aéreo e desligamento de redes elétricas (ARTAXO et al., 2005; GIGANTE, 2007; MÉLO et al., 2011).

A Amazônia brasileira vem exibindo em seu histórico de atividades a presença nefasta de desmatamento, desde o processo de ocupação das terras, intensificada a partir da década de 70 (BECKER, 2005). Tais processos e as características de ocupação da região têm contribuído para a Amazônia se tornar o epicentro de focos de incêndios florestais, principalmente causados por ações humanas no meio físico.

Esse processo de combustão com efeitos negativos sobre a cobertura vegetal não acontece unicamente pelas atividades humanas na natureza. Pode acontecer também de forma espontânea, o que comumente ocorre nos períodos de secas prolongadas, como mostrado nos estudos feitos por Moran (1990), que comprovam causas naturais para queimadas na região do rio Negro.

Com isso, buscando alternativas viáveis e com custos reduzidos para realizar o monitoramento de queimadas, o sensoriamento remoto é uma tecnologia promissora e robusta que oferece imagens de satélite de alta qualidade, obtidas por sensores remotos a bordo. Esses



sensores podem detectar a ocorrência desses focos de calor em tempo real com boa resolução espacial e temporal, possibilitando o alcance da identificação dessas queimadas em larga escala, o que permite, ainda, a elaboração de mapas que são muito úteis na tomada de decisão, para o controle dessas ocorrências, auxiliando, assim, na preservação da vegetação (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009).

Assim, o surgimento das geotecnologias tem sido favorável e essencial no fornecimento de informações aos órgãos públicos, empresas privadas e ONGs que trabalham no monitoramento de regiões que sofrem maiores pressões do homem ou da própria natureza em incêndios florestais.

Esta tecnologia tem contribuído substancialmente para ajudar nos focos de incêndios, tornando possível detectar o foco e combatê-lo de imediato. Isso possibilita a atualização de dados constantemente por meio do fornecimento de imagens com alta precisão e resolução. A captação de imagens fornecidas através de satélites e o uso das geotecnologias têm possibilitado o acompanhamento de focos de calor com mais agilidade e clareza das informações relativas ao clima e todo ambiente ao seu redor e também o combate a incêndios florestais na Amazônia, sendo, então, uma ferramenta primordial para as iniciativas de preservação ao meio ambiente.

Nesse contexto, o estudo traz como objetivo a quantificação das ocorrências de queimadas no município de Pacajá/PA entre os anos de 2014 a 2019, compreendendo um período de 6 anos, com intuito de elaborar uma cartografia dos focos de incêndios através da metodologia de Kernel, para alcance de resultados sobre a situação do município em relação ao fenômeno em análise, e a temática aqui levantada, uma vez que ele está situado no bioma Amazônia, que vem sendo alvo de diferentes pressões agrícolas, agrossilvipastoris e madeireira.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Conforme Junior (2016), o monitoramento de queimadas em imagens de satélites é útil para grandes áreas e regiões remotas sem meios intensivos de acompanhamento, como é o caso do Brasil. Assim, o monitoramento por sensoriamento remoto nos dias atuais garante uma melhor visão da área alvo a ser estudada para fins de controle do espaço territorial (MACHADO et al., 2014).

O Brasil possui investimentos maciços em tecnologias que favorecem o monitoramento de incidências e o controle dos focos de calor em tempo real, através de dados fornecidos



diariamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), na plataforma BDQUEIMADAS, que estão disponíveis a toda população civil e são oriundos de diferentes satélites presentes nas bases do INPE, tais como AQUA-MT, TERRA, GOES, NOAA, NPP e METOP (INPE, 2020).

Faremos uma breve introdução aos dois satélites, cujos dados captados serviram como apoio a esta pesquisa, sendo eles: o satélite de referência do INPE, o AQUA-MT TARD, e o NOAA. De acordo com a Embrapa (2013), o satélite AQUA-UMD TARD foi desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA) em parceria com o Brasil e o Japão, sendo esse produto lançado com diferentes finalidades de uso, especialmente para o monitoramento de distintos tipos de fenômenos físicos que envolvem a energia e a água na terra (umidade, evaporação, precipitação, temperatura da atmosfera, evaporação, umidade do solo, entre outros), utilizando seis sensores a bordo: *Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)*, *Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A)*, *Humidity Sounder for Brazil (HSB)*, *Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E)*, *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* e *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)*.

Já o satélite NOAA, ainda segundo a Embrapa (2013), é controlado pela *National Oceanic Atmospheric Administration* e foi criado em cooperação com a Agência Espacial Americana (NASA). Integra, em conjunto com o satélite europeu, MetOp, o sistema POES (*Polar Operational Environmental Satellite*). O sistema opera com no mínimo dois satélites posicionados em órbita quase-polar heliossíncrona, a aproximadamente 835 km de altitude. A série possui seis satélites operacionais: NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18, NOAA-19 e NOAA-20.

O sistema atual obtém imagens multiespectrais da superfície terrestre (captadas pelo sensor AVHRR-3) e também adquire dados numéricos coletados por meio de sondas (obtidas pelo sensor ATOVS). Os dados gerados pelos satélites NOAA são utilizados, sobretudo, em modelos climáticos e de previsão do tempo atmosférico. Todavia, servem de material para vários projetos envolvendo o sistema Terra, Oceano e Atmosfera e podem apoiar diversos tipos de monitoramentos, a exemplo, na detecção de focos de incêndios ou queimadas florestais. Assim, os dados através de satélites com o uso de sensores remotos fornecem informações de



alta complexidade que permitem acompanhar todo e qualquer espaço sob as alterações antrópicas sofridas ao longo do tempo no meio físico (MATLHODI, 2019).

Segundo Padilla, Stehman e Chuvieco (2014), esses dados de sensoriamento remoto de resolução espacial moderada possuem avaliações globais para detecção de queimadas, com tolerância maior aos erros de omissão e comissão por abrangerem dimensões continentais. Em geral, os dados de sensoriamento remoto apresentam melhor desempenho na detecção de queimada quanto maior for a resolução espacial.

Um estudo desenvolvido por Abreu et al. (2016), cujo título é “Dinâmica espaço-temporal de focos de calor em duas terras indígenas do Estado de Mato Grosso: uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por Xavantes e Bororos”, mostrou ser plausível a utilização do algoritmo de Kernel na obtenção da análise, onde se definiu o raio de influência de 7.500 metros e tamanho de células de 900 x 900 m, partindo da amostra estudada.

Com isso, pode-se notar que a distribuição espacial dos focos de calor no mapa de Kernel reconhece as áreas de maior incidência, assim como os meses de maior ocorrência de focos de calor. Segundo Silva et al. (2009), essa contagem é ponderada pela distância de cada evento ao ponto de referência dentro de um dado raio, uma propriedade de relevância para a análise da tendência de um processo estocástico espacial.

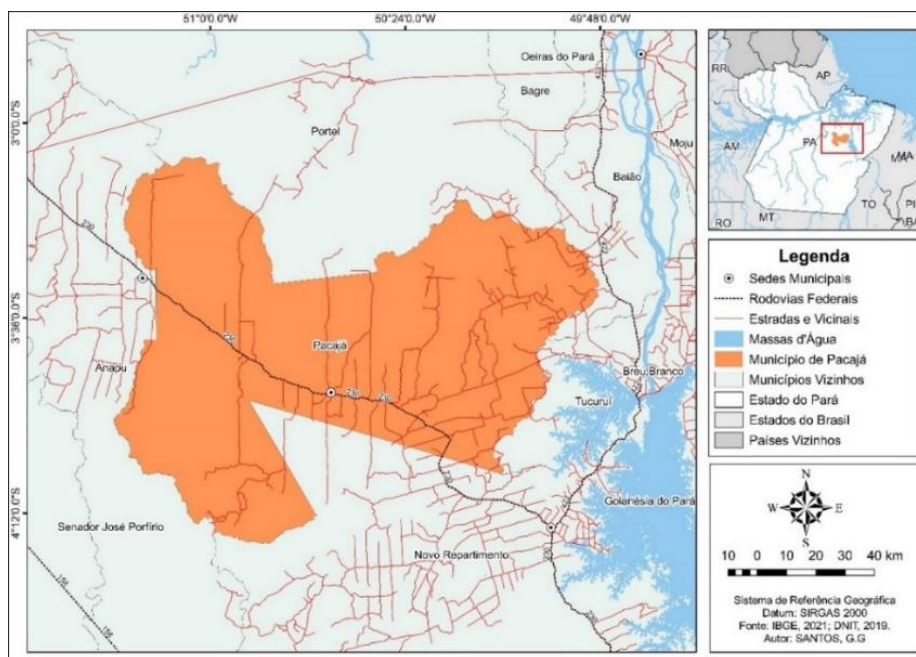
## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

O local de estudo foi o município de Pacajá, localizado às margens da BR-230, Rodovia Transamazônica, dentro da mesorregião do Sudoeste paraense e microrregião de Altamira, ocupando a área de 11.882,5 Km<sup>2</sup> (Figura 01). A origem deste município, segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará – IDESP, está relacionada à construção da Rodovia Transamazônica e ao Programa de Integração Nacional (PIN), sendo que o município de Pacajá foi desmembrado do município de Portel, em 1988 (IDESP, 2013).



**Figura 01:** Mapa de localização do município de Pacajá, Pará



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022)

A vegetação predominante no município de Pacajá – PA é a floresta de terra firme, de acordo com as variações de relevo e solo, nos subtipos seguintes: floresta densa dos Platôs, pequena ocorrência a noroeste do Município; floresta densa submontana, na superfície arrasada da serra de Carajás; floresta densa dos vales, ao longo dos cursos d'água; floresta aberta latifoliada cipoal, nas encostas das colinas e outeiros; e floresta aberta mista cocal, nos topos aplainados do relevo residual. A presença de cultivos agrícolas e da pecuária favorece a remoção da cobertura vegetal primitiva e o desenvolvimento de florestas secundárias e pastagens, ao longo da Rodovia Transamazônica (IDESP, 2013).

Em termos econômicos destaca-se no município de Pacajá a forte exploração e extração de madeira em toras, agricultura, comércio e pecuária extensiva (NASCIMENTO; ALVES; SOUZA, 2019). Sendo esta última atividade com maior destaque na criação de rebanho bovino (SILVA et al. , 2014).

### **Procedimentos Metodológicos**

Os procedimentos metodológicos iniciaram-se com o levantamento de bibliografia e da cartografia da área de interesse, sendo que o levantamento bibliográfico serviu para permitir



identificar qual a melhor metodologia a ser trabalhada para melhor êxito com os resultados da pesquisa, especificaremos alguns trabalhos que subsidiaram a elaboração de um marco teórico: principalmente os de Lopes et. al (2017) e Carneiro et. al (2019).

As informações referentes aos focos de calor foram coletados no site do INPE e são resultado do processamento diário das imagens termais dos sensores do satélite AQUA-UMD-TARDE para os anos de 2014 a 2018 e dos sensores AVHRR, do satélite NOAA-20. Os dados de desmatamento foram capturadas na base de dados do Programa de Monitoramento da Amazônia (PRODES/INPE). E as áreas que sofreram embargos ambientais foram compiladas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O limite municipal de Pacajá foi obtido secundariamente no portal de geociências do IBGE.

O Sistema de Informação Geográfica utilizado para a espacialização dos dados geográficos foi o QGIS versão 3.20., em que os dados de focos de calor foram espacializados objetivando estimar as suas densidades dentro da área de interesse. Nessa etapa foi aplicado o algoritmo de densidade Kernel, aplicando um raio de quinze mil (15000) metros dos pontos de interesse na área de estudo, no caso, os focos de calor, para representar as possíveis regiões mais afetadas com as queimadas no município em estudo.

O método de Kernel é responsável por gerar uma densidade de pontos, é tido como uma forma não-paramétrica, devido à ordenação dos eventos ocorridos através do algoritmo ao ser gerado em função da distribuição normal dos elementos espacialmente, desconsiderando a média e o desvio padrão (SOUZA, 2013).

Além disso, o estimador Kernel é uma técnica substancial, cujo uso é muito importante para os mapeamentos de cartografias pontuais, especialmente para os órgãos ambientais, uma vez que pode facilitar os serviços prestados por essas instituições, por meio de uma visão mais sistemática e detalhada da área e por mapear as ocorrências de incêndios florestais e correlacionar com as ações antrópicas no espaço analisado. Além disso, indica a natureza da pesquisa (qualitativa, quantitativa), qual o tipo (etnográfica, experimental, estudo de caso, etc) o campo de pesquisa e os sujeitos, quais instrumentos utilizados e qual o procedimento.

Como etapa final metodológica, os produtos gerados com os focos de calor a partir do método de Kernel, foram correlacionados com os dados de desmatamentos e áreas que sofreram embargos ambientais, reunindo em um só produto ou mapa esses três conjuntos de dados com



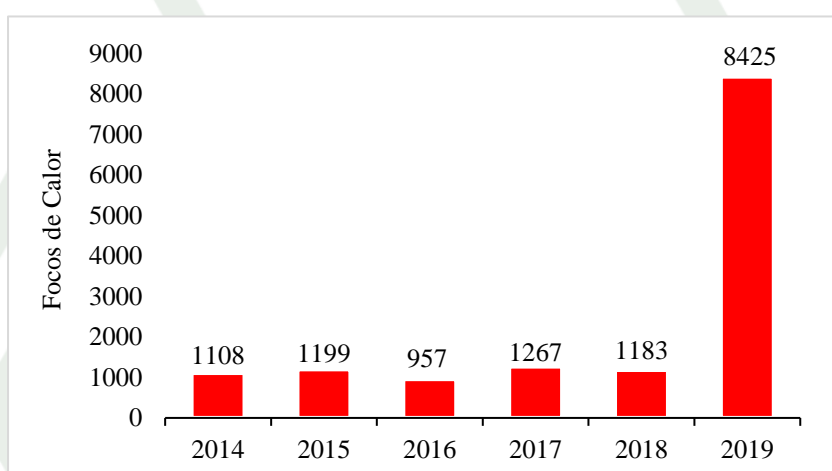


como meio de constatar se houve ou não a prática irregular de crimes ambientais praticados no município objeto deste estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos seis anos analisados, foram detectados através do satélite AQUA-UMD TARD, para os anos de 2014 a 2018, e do satélite NOAA 20, para análise do período de 2019, o registro de um total de 14.139 focos de calor no município de Pacajá, PA, como pode ser observado na figura 2. Apresentando ainda uma média anual de 2.356,5 focos de calor na área.

**Figura 02:** Evolução anual do total dos focos de calor nos anos de 2014 a 2019, no município de Pacajá-PA



**Fonte:** Dados da pesquisa (2022)

O período que apresentou maior incidência de focos de calor foi o ano de 2019, que corresponde a 59,58% do total de focos, e os menores valores ocorrem nos anos de 2016, 2014, 2018, 2015 e 2017, cuja soma corresponde a 40,38% do total de focos, em todo o período analisado neste estudo. Além disso, somente no período de 2019 o total de focos registrados somaram mais da metade ocorrida nos demais intervalos analisados anualmente no município, demonstrando que o gráfico de distribuição anual total dos focos de calor não possui um padrão de distribuição ao longo dos anos.

Isso mostra que a Amazônia, no ano de 2019, queimou em um processo muito mais intenso, e o período de estiagem com secas prolongadas, por si só, não explica este crescimento severo quanto ao número de focos de incêndios, para a maioria dos estados brasileiros pertencentes à região amazônica, em que esse quantitativo já é o maior dos últimos quatro anos



(IPAM, 2019).

Isso nos leva a traçar novas explicações para entender essas mudanças bruscas, as quais vêm ocorrendo de maneira acelerada nos territórios da Amazônia. Listaremos alguns fatores aqui: os afrouxamentos com alterações em leis sancionadas em governos anteriores que legitimavam maior proteção das terras de posse da União, estabelecimento de Medidas Provisórias (MPs), de novos decretos e MPs estabelecidos no governo Temer. No governo de Jair Bolsonaro tem sido favorecida a prática de grilagem de terras e o desmatamento na Amazônia Legal. A Lei nº 13.465, sancionada em 11 de julho de 2017, pelo ex-presidente Michel Temer, por conversão e mudanças da MP 759, teve como marco promover alterações na legislação fundiária do Brasil, ocasionando profundos impactos no contexto jurídico não só dos assentamentos existentes, mas também do ambiente político da luta pelas reformas agrária e urbana.

De acordo com Cunha et. al (2017), tais alterações na legislação têm como alvo a busca ininterrupta por modificações, que possuem um exclusivo e único objetivo: o favorecimento e ampliação dos latifúndios, em contrapartida está a retirada dos trabalhadores do campo, dos seus meios de produção agrícola, implantando essas medidas inclusive sobre áreas já antes conquistadas através da reforma agrária, reservas extrativistas, terras indígenas, entre outras.

Ainda de acordo com o autor citado, as alterações realizadas no governo Temer sobre o setor agrário significam um forte ataque aos direitos já garantidos a essa população, bem como a retirada e exclusão de ministérios, programas e órgãos que favoreciam esses povos. Esse desamparo é explicado devido ao apoio oficial que o governo se dispõe a oferecer ao agronegócio, permitindo o avanço das fronteiras agrícolas.

De acordo com Canciam (2018), as consequências são claras com essas modificações e relaxamentos com os compromissos agrários, pois todo esse processo dá maior flexibilização para a privatização de terras públicas além de flexibilizar as regras de fiscalização para esses espaços, e como consequência dessas atividades defendidas a qualquer custo pelo governo, o Brasil tem sido elevado a uma das categorias de maiores desmatamentos das últimas décadas. Somente entre o período do mês de agosto de 2017 a julho de 2018, 7.900 quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) de florestas foram devastadas e destruídas.

Mesmo com várias mudanças já ocorridas em leis que regem a regularização fundiária



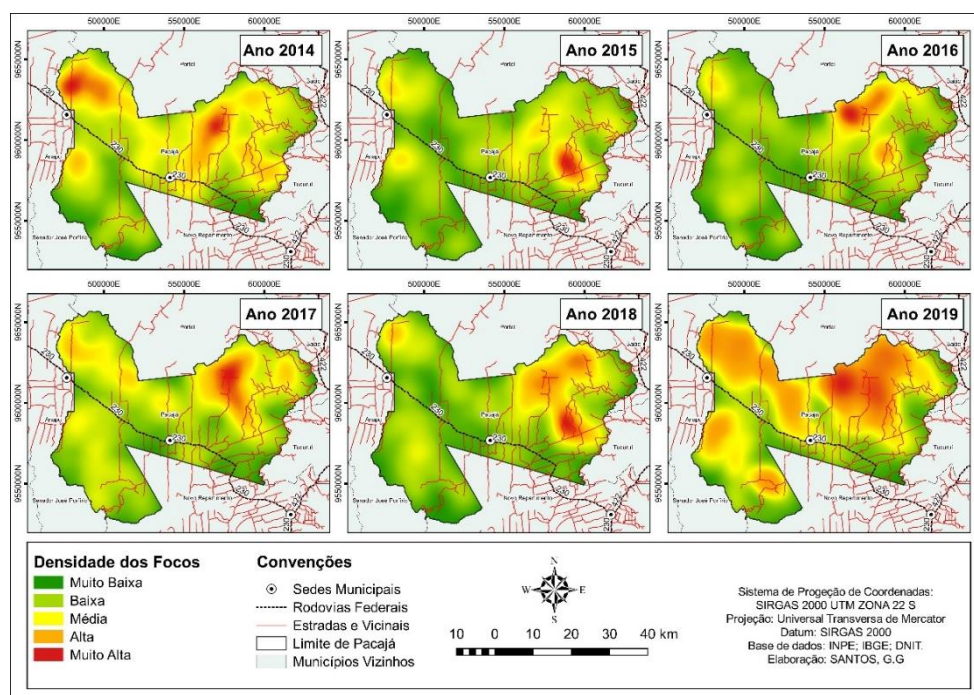
no Brasil, o atual governo brasileiro trabalha no mesmo eixo seguindo caminhos semelhantes ao do governo anterior, em que busca a qualquer instância medidas que favoreçam mais ainda o crescimento dos investimentos fundiários.

No ano de 2019, o governo brasileiro estabeleceu a MP 910/2019, que tratava da regularização fundiária das terras públicas da União, esta medida provisória permitia que a regularização fosse realizada através de autodeclaração para terras com até 15 módulos fiscais. Anteriormente, isso era permitido apenas para pequenos lotes de até quatro módulos e apenas na Amazônia Legal. Dependendo do local ou região, um módulo fiscal varia entre 5 a 110 hectares. Essas mudanças trazem novas preocupações, pois favorecem de maneira intrínseca a grilagem e ainda servem como uma absolvição a infratores que cometeram crimes ambientais. Essa MP já perdeu a validade, ficou em exercício por apenas 120 dias. Porém, ainda tramita como projeto de lei (PL) 2.663/20, apelidada de PL da grilagem (FEARNSIDE, 2020).

Segundo dados do PRODES (INPE, 2019), a estimativa da taxa de desmatamento para os nove estados da Amazônia Legal brasileira é aproximadamente de 9.762 km<sup>2</sup>. Esses valores são referentes ao período de agosto de 2018 a julho de 2019, equivalendo a um acréscimo de 29,54% em comparação aos dados do ano anterior, ou seja, a relação da taxa de desmatamento detectada pelo PRODES 2018, que foi de 7.536 km<sup>2</sup> de área destruída de floresta. De acordo ainda com o PRODES, o estado do Pará possui um total de desmatamento acumulado, de 1998 a 2019, de 152.475,000 km<sup>2</sup> de florestas que foram totalmente destruídas. Atualmente, o estado lidera o ranking com os maiores índices de taxas de desmatamento da Amazônia Legal.

Entre os municípios brasileiros que mais desmatam no país, segundo os dados acumulados do PRODES de 2008 a 2019, estão, em ordem decrescente: Altamira, com 3.941,13 km<sup>2</sup>; São Félix do Xingu, com 3.805,93 km<sup>2</sup>, no Pará; Porto Velho, com 3.214,49 km<sup>2</sup> em Rondônia, seguidos de Novo Repartimento, com 2.249,55 km<sup>2</sup>, localizado no sudeste paraense; Lábrea, com 2.079,84 km<sup>2</sup>, no Amazonas e o município de Pacajá também situado no estado do Pará, com uma extensão de 1.900,04 km<sup>2</sup> de florestas devastadas. Na figura 2, podemos observar essa expansão no número de focos de calor em Pacajá.



**Figura 02:** Mapas de densidade dos focos de calor entre os anos de 2014 a 2019 em Pacajá, Pará

**Fonte:** Dados da pesquisa (2022)

A Figura 02 mostra a distribuição das estimativas dos eventos de focos de calor obtidas com a metodologia de Kernel em diferentes cores de graus de densidade, desde baixa (menos intensa) a muito alta (mais intensa). No ano de 2014, verificou-se maiores concentrações das classes alta a muita alta nos setores norte, noroeste e região central do município. Já no ano de 2015, as maiores ocorrências de registro da classe muito alta de focos de calor se estendem exclusivamente na porção leste de Pacajá. E no ano de 2016 estas classes com concentrações mais elevadas, com alta a muito alta incidência se deslocam com maiores concentrações para os setores norte e nordeste do município.

Em relação aos anos de 2017 e 2018, os focos de calor se concentram nos mesmos setores do ano de 2016, na porção norte e nordeste, mas de forma mais intensa, com tendência de expansão para os setores leste e sul no ano seguinte. Como pode ser verificado no ano de 2019, essa tendência de aumento em que praticamente todas as regiões do município de Pacajá foram atingidas por focos de calor, demonstrando neste caso um maior descontrole de queimadas ocorridas neste último ano analisado da série. Esses focos se espalham de forma mais intensa nas vias de circulação, no caso as rodovias e estradas, que são áreas onde registraram a presença muito alta desses focos.



Além disso, as MPs com mudanças na legislação ambiental motivaram grandes pecuaristas da região a expandir sua produção com efeito adicional de desmatamentos seguidos de grandes extensões de áreas queimadas. As atividades agropecuárias são exercidas de forma bastante intensa em Pacajá, por gerir a economia local do município. Estudo realizado por Araújo (2016) junto a agricultores de uma localidade pertencente ao município de Pacajá constatou que as atividades produtivas realizadas no município são em maior quantidade a pecuária extensiva, seguida de atividades complementares, como roças de subsistência familiar, com culturas perenes e anuais.

De acordo com o último censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Pacajá está entre os dez municípios com um dos maiores rebanhos de bovinos do estado do Pará, com 380.090 cabeças de animais (IBGE, 2017). Elevando essa categoria como um dos serviços principais e mais importantes que movimentam a economia local do município e causa as maiores modificações do ambiente natural.

Devido também a prática do desmatamento é justificável, comumente, o crescimento de áreas embargadas no território. Nesse contexto, vem o embargo ambiental como uma política de sanção a ser aplicada pela administração pública, por meio de um órgão ambiental, sendo esse de cunho federal, estadual ou municipal, o que quase sempre é realizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e secretarias de meio ambiente – SEMAS.

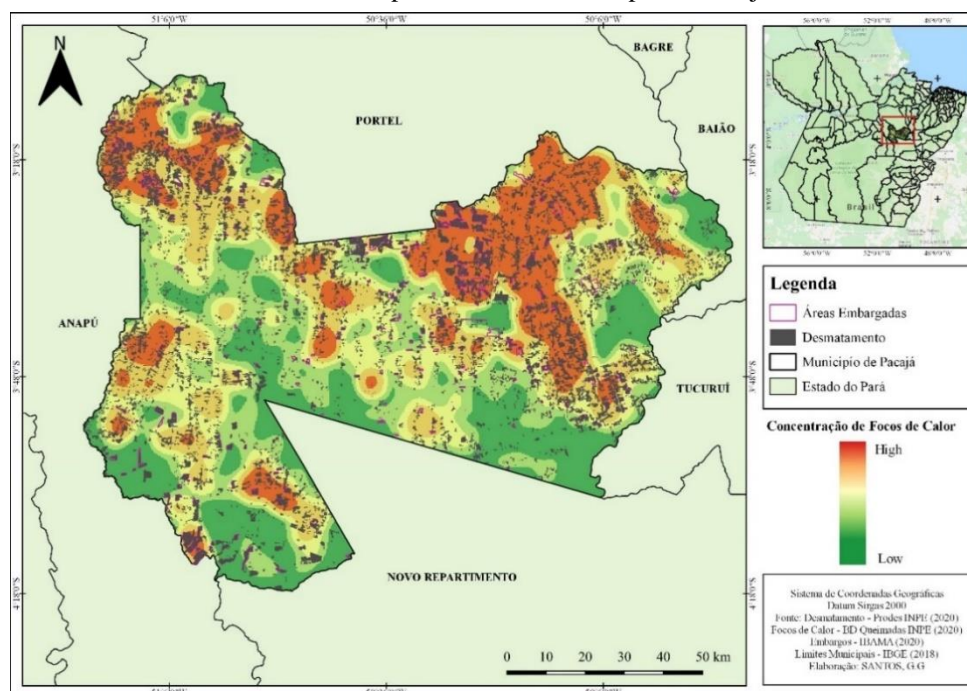
Na figura 03, observa-se o mapa de Kernel, com a concentração acumulada de focos de calor e do desmatamento entre os anos de 2014 a 2019, agrupadas com os polígonos resultantes de áreas que sofreram os embargos ambientais para o mesmo período, no município de Pacajá-PA, em que pode ser observada uma ampla correlação espacial, com esses três conjuntos de dados, que foram sobrepostos e plotados no SIG, o qual permitiu melhor visualização e êxito como forma de comprovação da suposição levantada acima.

Os focos de calor ocorridos no município de Pacajá é resultado do avanço das derrubadas de florestas, ocasionando um intensivo desmatamento na vegetação da região. Sendo que essa prática ocorre de forma ilegal, como foi comprovado através do mapeamento *in loco* realizado, apresentado na figura 03. Após a derruba do material vegetal, ocorre a queima desses resíduos tornando essas áreas mortas, sem cobertura vegetal, as quais são utilizadas para



fins agrícolas ou pecuaristas.

**Figura 03:** Concentração de focos de calor e de desmatamento acumulado de 2014 a 2019 com os embargos ambientais empenhorados no município de Pacajá, Pará



**Fonte:** Dados da pesquisa (2022)

Assim, verifica-se através desse tipo de mapeamento, que a concentração de focos de queimadas ocorridos desde a fase baixa e alta compõe praticamente todas as áreas desmatadas do município, comprovando que tal tendência do fogo ocorrer nos espaços que foram desmatados é resultado das ações antrópicas na região e não exclusivamente por causas naturais.

Através dessa metodologia adotada, foi possível realizar uma análise mais detalhada, que por meio de uma interpretação visual com dados reais e de fontes confiáveis, aqui usadas pelo IBAMA e INPE, vêm comprovando que o desmatamento acelerado em Pacajá é realizado quase sempre de maneira ilegal, pois os polígonos resultantes das áreas desmatadas compõem também praticamente os mesmos espaços geograficamente ocupados pelas áreas que vieram a sofrer o processo de embargo no município.

Em relação aos dados de focos analisados de modo mensal contidos na figura 04, os mesmos revelam um padrão de distribuição, onde verifica-se um aumento no número de focos entre os meses de setembro a novembro. Isso acontece nesse período devido ao verão amazônico, durante o qual ocorre a redução do número de chuvas. Segundo Lopes et al. (2017),

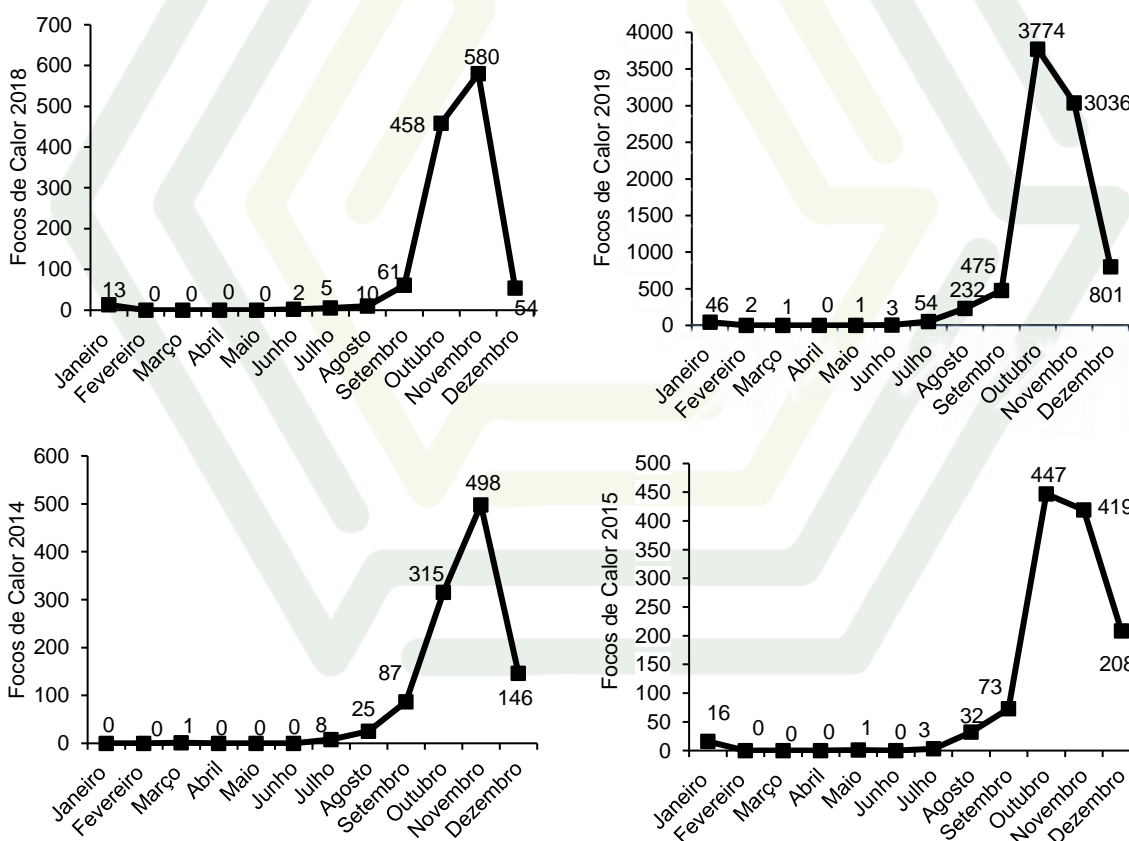


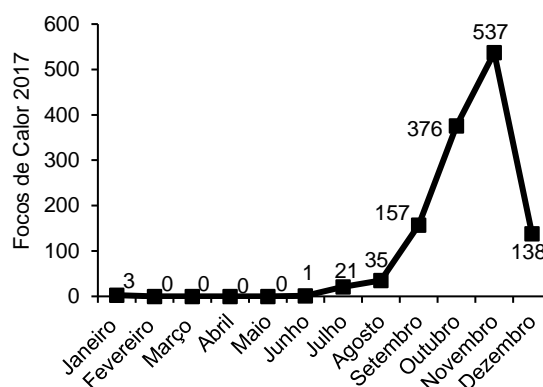
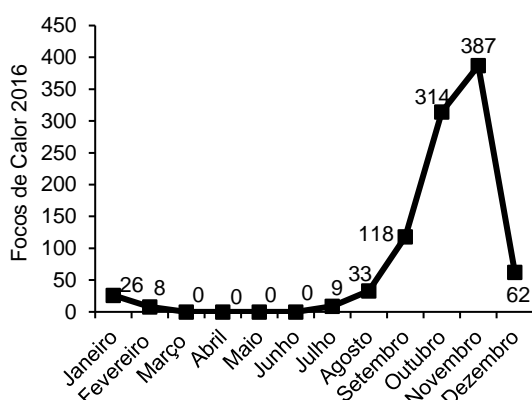
a redução do volume pluviométrico na região, o aumento de temperatura e também a queda da umidade relativa do ar contribuem para o aumento desses focos de calor.

Analisando ainda os focos de calor mensalmente, neste estudo verificou-se que os meses com menos registros são os meses de fevereiro a junho em que há praticamente a inexistência desse fenômeno, isso se dá porque é justamente nesse período que ocorrem os maiores índices pluviométricos na região, com chuvas e pancadas de ventos mais fortes.

Lopes et al. (2017), em um estudo que monitorou focos de calor entre os anos de 2010 e 2015 para o município de Novo Progresso, no estado do Pará, verificaram que a variação espaço-temporal dos focos de calor ocorreu em maiores proporções nos meses de agosto e setembro, comprovando que tal tendência está bastante associada a fatores climáticos bem como a períodos mais secos do distrito, como também das regiões de proximidade.

**Figura 04:** Distribuição mensal dos focos de calor entre os anos de 2014 a 2019 no município de Pacajá, Pará





Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Fernandes (2019), em um estudo sobre a distribuição temporal dos focos de calor na microrregião de Parauapebas, no estado do Pará, no período de 2011 a 2016 através do satélite de referência AQUA- M-T, averiguou que os maiores índices de ocorrência de focos de calor estavam inteiramente ligados a períodos de pouca chuva, ou seja, com períodos de estiagens mais prolongadas na região.

Ainda de acordo com o autor, a análise do regime pluviométrico elaborado para a microrregião de Parauapebas serviu para confirmar que há duas estações climáticas bem definidas na região amazônica, sendo quente-úmida, de novembro a abril, e quente-seca, de maio a outubro (FERNANDES, 2019).

Isso também ocorre quase que igualmente na cidade de Pacajá-PA, pertencente à microrregião de Altamira, servindo ainda para discutir a relação das queimadas no distrito, em que a maior intensidade de manchas de focos de calor apresentam-se na estação quente-seca, que compreende os meses de setembro até dezembro, e decai entre os meses de janeiro a junho, com a chegada do inverno amazônico.

Nascimento et al. (2017), estudando o comportamento da análise espaço-temporal dos focos de calor no município de Parnaguá, no Piauí, entre 2008 a 2015, averiguaram que a maior concentração dos números de focos esteve nos anos de 2010, 2012 e 2015, períodos em que a precipitação teve o seu nível mais reduzido, podendo ser traçada uma relação direta entre o aumento dos focos com a redução da precipitação.

Tais tendências permitem inferir que as mudanças meteorológicas possuem grandes





influências como fator determinante no aumento do número de focos de incêndios, visto que a queima é agravada por condições meteorológicas consideradas específicas, tais como a falta de precipitação, elevada velocidade dos ventos na região e baixa umidade relativa do ar, além de estarem relacionadas com atividades antrópicas no meio biofísico amazônico (MACHADO et al., 2014). Segundo Fuchs (2020), a expansão das taxas das queimadas nos últimos anos na região amazônica está muito mais associada a questões antrópicas do que ambientais, em decorrência dessa prática possui estreita relação com o processo de desmatamento e manejo de áreas agrícolas e pecuárias, principalmente para a pecuária e o monocultivo de soja.

Além disso, a distribuição agrupada das queimadas, possui relação intrínseca com a prática e a forma de como o manejo é realizado na agricultura e ainda com as condições de uso do solo, contribuindo satisfatoriamente no favorecimento dessas ocorrências de forma agregada e em regiões específicas (PEREIRA et al., 2012). Ou seja, as queimas resultantes dos resíduos florestais não acontecem de maneira aleatória, existe uma tendência em ocorrer em locais específicos, possuindo diferentes fatores contribuintes para esse processo de combustão acontecer, desde atividades consideradas comuns na Amazônia Legal, a exemplo da roça e queima dos roçados, seguidos de limpeza de pastagens para a renovação da graminha, indo até a escalas mais abrangentes.

## CONCLUSÕES

Foram registrados no município de Pacajá/PA um total de 14.139 focos de queimadas no período estudado. Os maiores números de focos de queimadas foram registrados nos meses de outubro e novembro, época do ano que apresenta menores taxas pluviométricas na região amazônica. Diversos fatores estão associados ao crescimento do número de queimadas, principalmente as atividades do homem *versus* natureza, que são favorecidas e intensificadas com os incentivos do governo, com mudanças em legislações e alterações de MPs, o que favorece a qualquer custo a apropriação dos recursos naturais, florestais e outros, visando alcance do lucro e da economia fundiária.

Em síntese, verificou-se que os registros de focos de calor se encontram agrupados com maior intensidade na região leste do município, em que a dinâmica espaço-temporal de ocorrência de queimadas não foi bruscamente aleatória e conseguiu apresentar um padrão espacial e temporal bem definido, principalmente no período seco em que apresenta poucas



chuvas na região, nos meses de setembro a novembro. É importante ressaltar que no primeiro semestre do ano (de janeiro a junho), os dados são quase insignificantes, devido corresponder ao período chuvoso, conhecido como inverno amazonense.

Nesse sentido, as ferramentas de geotecnologia utilizadas nessa pesquisa mostraram-se como uma alternativa promissora, principalmente através de sensoriamento remoto, o qual possibilita acompanhar o ritmo e o comportamento das queimadas na porção central da Amazônia Legal, por meio de técnicas que podem melhor viabilizar a tomada de decisão dos órgãos responsáveis pelo monitoramento ambiental, além de ser uma ferramenta muito útil na elaboração de laudos periciais ambientais, que servem como mecanismo de provas em laudos realizados em diferentes locais e em diferentes estudos ambientais que visam contribuir com o monitoramento das ações antrópicas no meio biofísico amazônico.

## REFERÊNCIAS

ABREU, F. A.; SOUZA, J. S. A. Dinâmica espaço-temporal de focos de calor em duas terras indígenas do Estado de Mato Grosso: uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por Xavantes e Bororos. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2016.

ARAÚJO, A. N. et al. Relação entre desmatamento e percepção ambiental dos produtores rurais no município de Pacajá-Pará. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 1, p. 1-14, 2016.

ARTAXO, P.; GATTI, V. L.; CÓRDOVA, M. A.; LONGO, M. K.; FREITAS, R. S. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **ACTA Amazônica**, v. 35 – 2005; 185-196.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p.71- 86, 2005.

CANCIAN, N. Registro de agrotóxicos no Brasil cresce e atinge maior marca em 2018. Folha de S. Paulo, 04 de março de 2019. Disponível em: <[www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/03/registro-de-agrotoxicos-no-brasil-cresce-e-atinge-maior-marca-em-2018](http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/03/registro-de-agrotoxicos-no-brasil-cresce-e-atinge-maior-marca-em-2018)> Acesso em: 11 jun. 2022.

CARNEIRO, K. F. S.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, estado do Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 31-40, 2019.

CUNHA, J. S. Governo Temer: Relações do agronegócio com o capital especulativo financeiro e impactos sobre os camponeses e a legislação agrária. **Cadernos do CEAS: Revista crítica de humanidades**, n. 241, p. 301-326, 2017.



EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

FEARNSIDE, P. M. O perigo da “lei da grilagem”. **Amazônia Real**, v. 22, 2020.

FERNANDES, T.; HACON, S. D. S.; NOVAIS, J. W. Z. Dinâmica temporal de focos de calor e seus condutores de pressão no território do Sudeste Paraense. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 681-692, 2019.

FUCHS, V. B. Expansão de fronteira impulsionada pela China na Amazônia: quatro eixos de pressão causados pela crescente demanda pelo comércio de soja. **Civitas-Revista de Ciências Sociais**, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2020.

GIGANTE, L. A.; ZAVALA, R. Z.; PEREIRA, B. D.; SILVA, G. R.; OYAMADA, C. O. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no Estado de Mato Grosso. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 45, 2007, Londrina-PR. **Anais....** Londrina: 2007.

GERUDE, R.G. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: INPE: 2013.

GRANEMANN, D. C. & CARNEIRO, G.L. (2009) Monitoramento de fogos de incêndios e áreas de queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, n. 1, 55-62. 2009.

IBAMA. Embargos Brasil. Disponível: [http://siscom.ibama.gov.br/geoserver/publica/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=publica:vw\\_brasil\\_adm\\_embargo\\_a&outputFormat=SHAPE-ZIP](http://siscom.ibama.gov.br/geoserver/publica/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=publica:vw_brasil_adm_embargo_a&outputFormat=SHAPE-ZIP). Acesso em: 03 mar 2022.

IBGE. Censo agropecuário 2017. Disponível em: <[censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=15&tema=75652](http://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=15&tema=75652)> Acesso em: 14 fev.2022.

IDESP. Síntese econômica, social e ambiental do município de Pacajá. Belém - PA, 2013. 50p. Disponível em: [www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Pacaja.pdf](http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Pacaja.pdf).> Acessado em: 11 fev. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 10 de ago. 2022.



INPE. Dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia referentes aos municípios da Amazônia Legal. Disponível em: [terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates). Acesso em: 10 de jun de 2022.

IPAM. Amazônia em Chamas. Nota Técnica do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2019/08/NT-Fogo-Amazo%CC%82nia-2019.pdf>. Acesso em: 19 de jun. de 2022.

JUNIOR, J., 2016. Operação Arco de fogo fecha madeiras e carvoarias em Tailândia, Pará. Portal Tailândia. Disponível em: <https://portaltailandia.com/tailandia-pa/operacao-arco-de-fogo-tem-inicio-em-tailandia/>. Acesso em: 11 fev 2022;

LEITE, A. Z; TUBINO, N. L. G; SAUER, S. Políticas públicas para terra e território: um olhar prospectivo sobre os próximos quatro anos no campo brasileiro. INCERTEZAS E SUBMISSÃO? p. 171, 2019.

LOPES, A. C. L. et al. Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 298-303, 2017.

MACHADO, N. G; SILVA, F. P; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 459-469, 2014.

MATLHODI, Botlhe, KENABATHO, Piet k. PARIDA, Bhagabat P., MAPHANYANE, Joyce. et al. Evaluating Land Use and Land Cover Change in the Gaborone Dam Catchment, Botswana, from 1984–2015 Using GIS and Remote Sensing. **Sustainability**, [s.l.], v. 11, n. 19, p.5174-5197, 20 set. 2019.

MÉLO, A. S.; JUSTINO, F.; LEMOS, C. F.; SEDIYAMA, G.; RIBEIRO, G. Suscetibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.3, 401 - 418, 2011.

MORÁN, E. F. A ecologia humana das populações da Amazônia. Petrópolis, Vozes, 1990. Disponível em: [http://www.pgdra.unir.br/uploads/85796698/menus/planos/Ecologia\\_humana\\_da\\_amazonia.pdf](http://www.pgdra.unir.br/uploads/85796698/menus/planos/Ecologia_humana_da_amazonia.pdf). Acesso em: 11 mar 2022.

NASCIMENTO, O. S. et al. Análise espaço-temporal dos focos de calor no município de Parnaguá Piauí, entre 2008 a 2015. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 193-199, 2017.

NASCIMENTO, D. R. DO, ALVES, L. N., & SOUZA, M. L. (2019). Implantação de sistemas agroflorestais para a recuperação de áreas de preservação permanente em propriedades



familiares rurais da região da Transamazônica, Pará. Agricultura familiar: pesquisa, formação e desenvolvimento, Belém, 13 (2), 103-120.

PADILLA, M.; STEHMAN, S. V.; CHUVIECO, E. Validation of the 2008 MODISMCD45 global burned area product using stratified random sampling. Remote Sensing of Environment, v. 144, p.187-196, 2014.

PEREIRA, G., CHÁVEZ, E. S., SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 7, p. 89-103, 2012.

SILVA, EB Fo, Teles LJS, Santos LA No. Ocorrências de focos de calor no estado de Rondônia em 2007. **Sociedade & Natureza** 2009; 21(2): 123-140.

SILVA, C.: LIMA, C.A; PENA, H.W.A. Análise da dinâmica produtiva do município de Anapu, estado do Pará. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 1, n. 194, 2014.

SOUZA, N. P et al. Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: INPE: 2013.

