

## Análise multitemporal de desflorestamento e queimadas na sub-bacia do rio Itacaiúnas, Marabá – Pará

Multitemporal analysis of deforestation and burns in the Itacaiúnas sub-basin, Marabá - Pará

Análisis multitemporal de la deforestación e incendios en la subcuenca del río Itacaiúnas, Marabá – Pará

Recebido: 24/02/2021 | Revisado: 03/03/2021 | Aceito: 11/03/2021 | Publicado: 18/03/2021

**Layla Bianca Almeida Dias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8622-2768>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [dlaylabianca@gmail.com](mailto:dlaylabianca@gmail.com)

**Paulo da Silva Garcia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9887-3173>

Universidade do Estado do Pará

E-mail: [eng.ambpaulogarcia@gmail.com](mailto:eng.ambpaulogarcia@gmail.com)

**Lucimar Costa Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9389-5840>

Universidade Federal do Pará

E-mail: [lu.costa0708@gmail.com](mailto:lu.costa0708@gmail.com)

**Antônio Pereira Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6241-985X>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [antonio.junior@uepa.br](mailto:antonio.junior@uepa.br)

### Resumo

Alterações nas paisagens por desflorestamento e queimada são consequência das ações antrópicas que ocasionam danos ao meio ambiente, e o uso das tecnologias de SIG favorecem o monitoramento dessas modificações. O objetivo dessa pesquisa foi analisar, de modo quantitativo, a evolução do desflorestamento e queimadas na sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas, com recorte temporal compreendido entre 2006-2017, com intervalos trienais. Para elaboração dos mapas temáticos, coletaram-se dados geográficos do INPE, DETER, PRODES e do BDQUEIMADAS. Os dados adquiridos foram tratados com uso da ferramenta densidade de Kernel em *software* QGis. A análise indicou que o triênio 2006-2008, registrou maior extensão em desflorestamento ( $n = 162,10 \text{ km}^2$ ) e focos de queimadas ( $n = 5.586$ ) diferentemente dos anos 2012-2014 com menores ocorrências nesses aspectos (desflorestamento,  $n = 15,93 \text{ km}^2$ ; queimadas,  $n = 595$  focos). Os 10 municípios da sub-bacia apresentaram médias relevantes de desflorestamento ( $n = 23,0 \text{ km}^2/\text{ano}$ ) e queimadas ( $n = 828,8$  focos/ano), com destaque a Marabá por manifestar a maior área desflorestada focos de queimadas ( $\bar{x} = 106,4 \pm 95,1$ ). Valores menores de desmatamento foram ao município de Curionópolis ( $\bar{x} = 1,1 \pm 1,2$ ), já Sapucaia indicou menores focos de queimadas ( $\bar{x} = 32,0 \pm 28,4$ ). Com esses dados pode-se identificar os principais capitais envolvidos nessas duas ações em Marabá: pecuária, pois entre 2009-2011, essa atividade sofreu um incremento igual a 32%. Como o desflorestamento é frequente nesse município, é de bom alvitre que se utilizem como pastos, aquelas áreas que não possuem mais cobertura vegetal para haja uma mitigação no desflorestamento.

**Palavras-chave:** Corpos hídricos; Densidade de Kernel; Focos de calor.

### Abstract

Changes in landscapes due to deforestation and burning are the consequence of anthropic actions that cause damage to the environment, and the use of GIS technologies favors the monitoring of these changes. The objective of this research was to analyze, in a quantitative way, the evolution of deforestation and fires in the Itacaiúnas River sub-basin, with a time frame ranging from 2006-2017, with triennial intervals. To prepare the thematic maps, geographic data were collected from INPE, DETER, PRODES and BDQUEIMADAS. The acquired data were treated using the Kernel Density tool in QGis software. The analysis indicated that the triennium 2006-2008, recorded greater extension in deforestation ( $n = 162.10 \text{ km}^2$ ) and fires ( $n = 5,586$ ) differently from the years 2012-2014 with lower occurrences in these aspects (deforestation,  $n = 15.93 \text{ km}^2$ ; fires,  $n = 595$  focuses). The 10 municipalities of the sub-basin presented relevant averages for deforestation ( $n = 23.0 \text{ km}^2/\text{year}$ ) and fires ( $n = 828.8$  focus/year), with Marabá standing out for manifesting the largest deforested area and fires focus ( $\bar{x} = 106.4 \pm 95.1$ ). Lower values of deforestation were found in Curionópolis ( $\bar{x} = 1.1 \pm 1.2$ ), while Sapucaia indicated the smallest fires ( $\bar{x} = 32.0 \pm 28.4$ ). With these data one can identify the main capitals involved in these two actions in Marabá: cattle ranching, because

between 2009-2011, this activity suffered an increase equal to 32%. As deforestation is frequent in this municipality, it is advisable to use as pastureland, those areas that no longer have vegetation cover to mitigate deforestation.

**Keywords:** Water bodies; Kernel density; Heat spots.

### Resumen

Los cambios en los paisajes debidos a la deforestación y las quemas son consecuencia de las acciones antrópicas que causan daños al medio ambiente, y el uso de las tecnologías de los SIG favorece el seguimiento de estos cambios. El objetivo de esta investigación fue analizar, de forma cuantitativa, la evolución de la deforestación y los incendios en la subcuenca del río Itacaiúnas, con un marco temporal que va de 2006 a 2017, con intervalos trienales. Para la elaboración de los mapas temáticos se recogieron datos geográficos del INPE, DETER, PRODES y BDQUEIMADAS. Los datos adquiridos se trataron con la herramienta Kernel Density del software QGIS. El análisis indicó que el trienio 2006-2008, registró mayor extensión en deforestación ( $n = 162,10 \text{ km}^2$ ) e incendios ( $n = 5.586$ ) a diferencia de los años 2012-2014 con menor ocurrencia en estos aspectos (deforestación,  $n = 15,93 \text{ km}^2$ ; incendios,  $n = 595$  focos). Los 10 municipios de la subcuenca presentaron promedios relevantes de deforestación ( $n = 23,0 \text{ km}^2/\text{año}$ ) e incendios ( $n = 828,8$  focos/año), destacándose Marabá por manifestar la mayor área de incendios deforestada ( $\bar{x} = 106,4 \pm 95,1$ ). Los valores más bajos de deforestación se encontraron en Curionópolis ( $\bar{x} = 1,1 \pm 1,2$ ), mientras que Sapucaia indicó un menor número de incendios ( $\bar{x} = 32,0 \pm 28,4$ ). Con estos datos podemos identificar los principales capitales involucrados en estas dos acciones en Marabá: la ganadería, porque entre 2009-2011, esta actividad sufrió un aumento igual al 32%. Como la deforestación es frecuente en este municipio, es aconsejable utilizar como pastizales, aquellas zonas que ya no tienen cobertura vegetal para mitigar la deforestación.

**Palabras clave:** Masas de agua; Densidad del grano; Focos de calor.

## 1. Introdução

Nos últimos 30 anos o desflorestamento e as queimadas têm-se tornado tema de diferentes tipos de estudos, como por exemplo as análises das alterações climáticas, o uso do solo e conservação entre outros. Essa escolha pode ser justificada pelo fato de que o desflorestamento e as queimadas são práticas habituais utilizadas no típico processo de corte e queima da ação humana na região da Amazônia Legal Brasileira (Santos *et al.*, 2017).

Essa ação é utilizada como um sistema de pré-produção agrícola nessa região, e favorece a alteração de ambiente naturais em áreas de ocupação urbana, agricultura extensiva para suprir a demanda produtiva do mercado mundial, como o exemplo da soja (*Glycine max* (L) Merrill). Outra justificativa está relacionada a busca por recursos naturais como minerais (Ex.: ouro, Au) ou até mesmo terra cultiváveis (Busch & Gallon-Ferretti, 2017; Crespo *et al.*, 2015; Rego & Kato, 2017; Silva, 2015).

No entanto, tanto o cultivo agrícola e a mineração, provocam alterações dos meios naturais como, por exemplo, as bacias hidrográficas, especialmente em sistemas agricultáveis, onde há redução da qualidade do solo, interferência no ciclo hidrológico, perda da qualidade da água e a eliminação de espécies animais e vegetais (Ex.: *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) endêmicos (Fengler *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2008).

Quanto as bacias hidrográficas são consideradas “ambientes vulneráveis”, porque as alterações impostas nas paisagens das bacias hidrográficas, influenciam diretamente na capacidade resiliência de ecossistemas e conseqüentemente no equilíbrio ambiental por serem regiões de destinadas a preservação (Chaudhary *et al.*, 2016).

Outro fator a ser observado quanto a impactos em bacias hidrográficas, está associado ao serviço ambiental que ela presta: recarga hídrica e conservação de ecossistemas. Para a Agência Nacional das Águas (ANA, 2019) elas são consideradas como unidades de sistemas ambientais ou região de captação natural d'água e da precipitação, que faz afluir a massa de água para uma única local de saída, conhecido como exutório.

Por essa razão, sub-bacias (Extensão =  $765.926,86 \text{ Km}^2$ ) como a do rio Itacaiúnas, são partes constituintes de uma bacia hidrográfica, que pelo delineamento do fluxo hídrico são formadas e proporcionam assim o estabelecimento de novos habitats (Castro *et al.*, 2016; Tucci, 2014). Como as modificações degradadoras em sub-bacias são constantes (Ex.: expansão urbana e agropecuária), há necessidade de uma gestão eficaz desse bem natural (Alencar *et al.*, 2017; Floress *et al.*, 2015).

Sobre essa gestão, a eficácia dela é incrementada com o uso das tecnologias de geoprocessamento como o Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilita uma acurácia mais efetiva dessas localidades porque disponibiliza dados aeroespaciais e geográficos essenciais à execução de ferramentas como, por exemplo, mapa de Kernel (Bacani *et al.*, 2015).

Consequentemente, esse tipo de sistema proporciona uma série de benefícios como: agilidade na obtenção de dados geográficos pontuais, baixo custo de operação e manutenção do sistema, favorecer a elaboração de diagnósticos e ser uma hábil ferramenta para tomada de decisão na gestão hídrica e ambiental, especialmente o monitoramento de regiões de bacias hidrográficas (Nascimento & Fernandes, 2017).

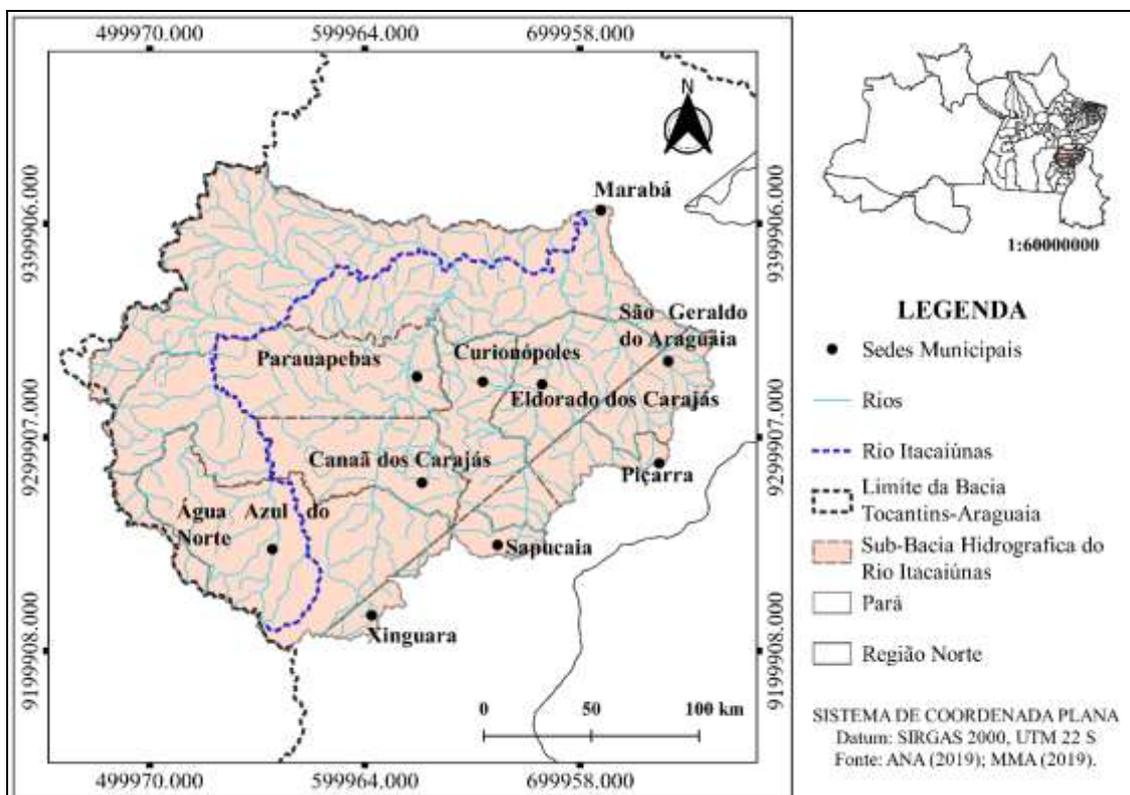
Todas essas argumentações justificam esta pesquisa, que demonstram a necessidade de estudar ação humana pelo desflorestamento e queimadas em regiões de bacias hidrográficas, que é possível pelo uso de tecnologias de georreferenciamento que permitem a identificação de ações medidas mitigadoras. Assim, objetivou-se neste trabalho realizar uma análise multitemporal (2006 a 2017) de desflorestamento e intensidade de queimadas na sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas, sudeste do Pará.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

Localizada na porção do sudeste paraense, a unidade de planejamento hidrográfico do rio Itacaiúnas abrange os territórios municipais de Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Eldorado dos Carajás, Marabá, Parauapebas e microrregiões de São Geraldo do Araguaia, Sapucaia, Piçarra e Xinguara (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas. Marabá – Pará.



Fonte: Autores (2021).

Desse modo, essa sub-bacia pertence a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, compreendendo cerca 3,30% do estado do Pará (Penereiro *et al.*, 2016). A escolha dos dados levou em consideração dois fatos: (1) nos meses de junho a outubro, registra-se uma baixa umidade, ausência de precipitação e aumento das temperaturas que (2) propicia o registro de focos de queimadas e desflorestamento (Abreu & Souza, 2016).

O rio Itacaiúnas apresenta as principais características geomorfológicas (Ex.: tipos de relevo) presente em uma sub-bacia como: afluência que se dá margem esquerda do rio Tocantins, confluência no rio Araguaia, com altitude de 300 metros (m) do nível do mar e 42.000 km<sup>2</sup> de extensão (Messias & Ferreira, 2014; Oti & Ewusi, 2016; Silva Júnior, 2017).

Essa área da unidade hidrográfica dispõe de duas tipologias de floresta dominante: as florestas ombrófila densa e aberta características do bioma Amazônico (Viana & Gil, 2018). Enquadra-se na classificação Köppen-Geiger, como tipo “Aw” e “Am”, típico de clima tropical e tropical úmido, com temperatura média acima de 22°C, período seco prolongado e chuvoso definido (Alvares *et al.*, 2014; Dubreuil *et al.*, 2018).

Sabe-se também, que as sub-bacias hidrográficas são como uma unidade básica para que haja o planejamento de ecossistemas, ou seja, ele afirma a existência de uma relação interdependente dos meios físico, biológico e antrópico (Carpenter *et al.*, 2015). Desse modo, a sub-bacia do rio Itacaiúnas, ao longo do processo de ocupação e exploração, contribuiu intrinsecamente com o desenvolvimento regional do sudeste do estado do Pará (Souza Filho *et al.*, 2016).

## 2.2 Delineamento da pesquisa

O método aplicado nessa pesquisa foi o quantitativo, pois Pereira *et al.* (2018) sintetizaram nele faz-se coleta de dados por meio de grandezas, nesse caso, áreas desmatadas e número de focos de queimadas, associado ao qualitativo porque após a obtenção dos dados houve interpretação deles que são os focos de atenção dessa pesquisa. Já Vieira *et al.* (2017) escreveu que se deve eliminar nas pesquisas, os erros e experimentar as conjecturas. Por isso, a obtenção das imagens de satélite devem ser precisas e os Mapas de kernel, elaborados sem erros. Os dados pretéritos foram obtidos em *sites* de busca com acesso aberto, tais como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *Science Direct*, dentre outros (Quadro 1).

**Quadro 1.** Principais *sites* de busca utilizados para obtenção de artigos de referência.

SITE	TIPO DE ARTIGO
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES)	Artigos nacionais que desenvolveram pesquisa na área de desflorestamento e queimadas na região sudeste do Pará e na região da Amazônia Legal Brasileira e análise estatística (Análise de Variância a um critério) e Teste de Tukey a 5%.
<i>Scientific Electronic Library Online</i> (SciELO)	Artigos internacionais sobre as práticas de desflorestamento e queimadas na região amazônica brasileira
<i>Science Direct</i>	Artigos internacionais que utilizaram das ferramentas de geoprocessamento como a intensidade Kernel

Fonte: Autores (2021).

## 2.3 Coleta de dados

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dados tabulares disponíveis de forma gratuita em plataformas digitais governamentais: (1) Quanto ao desflorestamento, eles foram obtidos do Programa de Detecção de Desflorestamento

em Tempo Real (DETER); (2) os focos de queimadas foram obtidos no Banco de Dados de Queimadas (BDQUEIMADAS) disponível no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a extensão da sub-bacia do rio Itacaiúnas e a malha hidrográfica, foram obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA), os arquivos de fronteira municipais foram adquiridos na plataforma Ministério do Meio Ambiente (MMA), todos tratados na plataforma gratuita QGIS, versão 3.4 ltr. A coleta foi efetuada nos arquivos e *links* oficiais abertos (Quadro 2).

**Quadro 2.** Objetos de busca e links utilizados para localizar e a obtenção.

DADOS	LOCAL DE BUSCA	DATUM	ESC
<i>Shapefiles</i>			
Da sub-bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas	ANA. Link: < <a href="http://dados.gov.br/dataset/unidade-de-planejamento-hidrico1">http://dados.gov.br/dataset/unidade-de-planejamento-hidrico1</a> >	WGS 84	--
Dos focos de queimadas	INPE. Link: < <a href="http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas">http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas</a> >.	WGS 84	--
Do desflorestamento	DETER. Link: < <a href="http://www.obt.inpe.br/deter/ccadastro.php">http://www.obt.inpe.br/deter/ccadastro.php</a> >	GRS 1980 elipsoid	--
Dos corpos hídricos	ANA. Link: < <a href="http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home">http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home</a> >	WGS 84	1:1.000.000
Do limite municipal	MMA. Link: < <a href="http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm">http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm</a> >	SAD 69	1:100.000

Legendas: Datum: Modelo da Terra; ESC: Escala. Fonte: Autores (2021).

Os arquivos de focos de Queimadas, são usados do satélite NOAA-12 (2006 a 2007) que, até 2007, foi usado com satélite de referência. Já para o período de 2008 a 2017, o satélite NOAA-15 é o atual satélite de referência (INPE, 2019a). Os dados relacionados a regiões desflorestadas são captadas e coletadas pelo satélite “Terra”, que é possível detectar alterações na cobertura florestal com áreas maiores que 25 hectares, abordo dos sensores MODES para os anos de 2006 a 2017.

Com a obtenção desses dados, fez-se a reprojeção para o SIG SIRGAS 2000, com arquivos de base de dados *geoespaciais* em forma de vetores (*Shapefile*) pela função *salvar feições como*. Além do mais, a obtenção dos arquivos de foco de queimada foi possível através do processamento diário de imagem do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), que está acoplado aos satélites polares NOAA-12 e NOAA-15, referentes aos anos de 2006 a 2017.

Para os dados tabulares de desflorestamento, foi separado os valores (em km<sup>2</sup>) referentes aos anos de 2006 a 2017, assim os arquivos geoespaciais de desflorestamento são organizados de forma que, por ano e em uma única base e manipulando as informações da tabelas no *Software* Excel, versão 2013 (Microsoft Corporation, 2013), para o cruzamento de focos de queimada com desflorestamento (em km<sup>2</sup>), Logo após, foi efetuado o tratamento dos dados de foco de queimadas e valores de desflorestamento, definiu-se a série temporal que foi abordada no estudo que, em 12 anos (Quatro triênios: 1° = 2006-2008; 2° = 2009-2011; 3° = 2012-2014; 4° = 2015-2019), proporcionou a elaboração de um de Kernel para cada triênio.

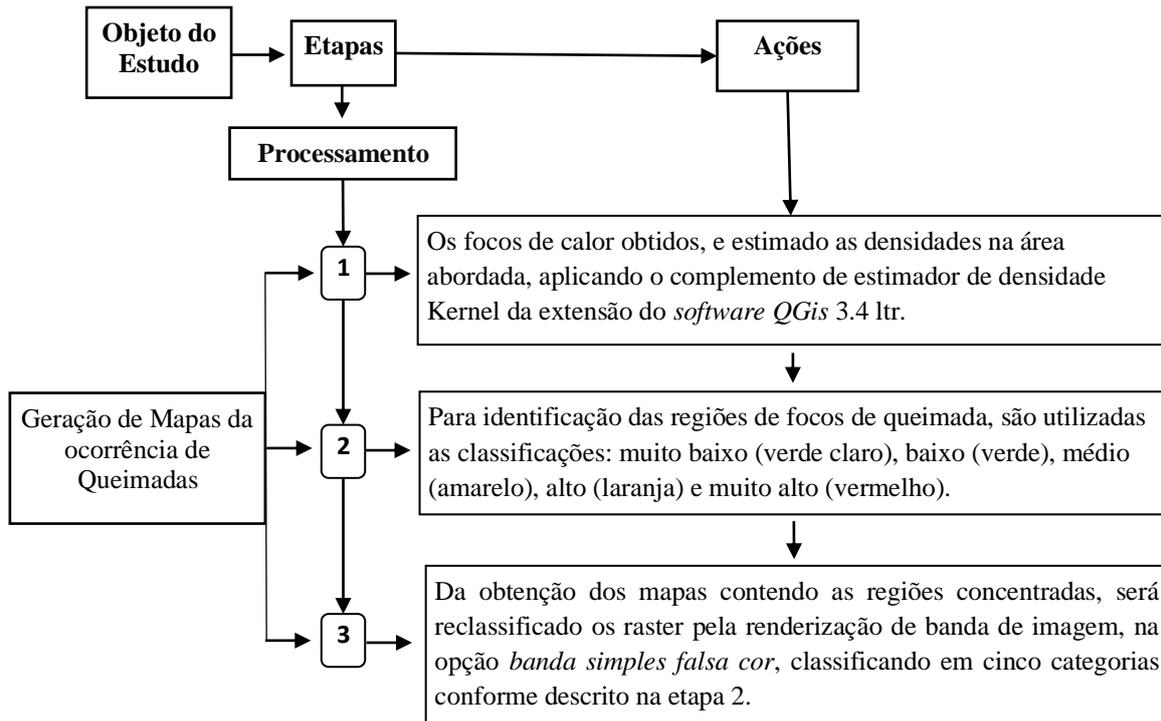
#### 2.4 Processamento e análise de dados

A partir da adequação dos dados de desflorestamento e focos de calor, coletados respectivamente nas plataformas digital do DETER e BDQueimadas para os anos de 2006 a 2017, fez-se o tratamento com o uso do *Software* QGis, versão 3.4

ltr. Com posterior sobreposição dos arquivos vetoriais de desflorestamento (*Shapefile*) pelos dados pontuais de focos de calor. Desse modo, elaborou-se os mapas temáticos a partir da função *Compositor de impressão*.

Para tanto, efetuou-se a tabulação dos arquivos de focos de calor referentes a sub-bacia do rio Itacaiúnas no período estudado (2006-2017). Logo após, realizou-se a sobreposição desses dados pontuais de calor sobre a malha da região de estudo. Desse modo, aplicou-se o estimador de densidade de Kernel para geração dos mapas da intensidade de queimada (Figura 2).

**Figura 2.** Fluxograma de etapas e ações do processamento e análise de dados.



Fonte: Autores (2021).

Ademais, entende-se por método de estimativa de calor (Kernel), segundo Silva e Nunes (2016) a técnica que possibilita, por densidade, a estimação de eventos em toda área, mesmo onde não há ocorrências, já para Batistão *et al.* (2017), ela estuda o comportamento dos padrões pontuais devido a aglomeração de ocorrência do evento limitado fisicamente pela distância do raio. Esse método também é considerado como técnica de suavização, possibilitando a geração de mapas de contorno de intensidade de superfície contínua ou mapas de proporção de eventos (Morais, 2015).

Por outro lado, Viana (2016), escreveram: para que haja uma aplicabilidade adequada depende de duas variáveis: o raio de influência ( $\tau$ ), que defini a dependência espacial do ponto, ou vizinhança, o qual controla o contorno da superfície gerada da função  $k$  (Kernel) para suavizar as propriedades de interesses. Em geral supondo que  $u_1, u_2, \dots, u_n$  são as localizações de  $n$  eventos ocorridos em uma região qualquer em que  $u$  representa a localização genérica que queremos estimar. O estimador de intensidade é calculado considerando  $n$  eventos ( $u_1, u_2, \dots, u_{n-1}$ ) contidos no raio de influência ( $\tau$ ) em torno de  $u$  e da distância ( $d$ ) entre a posição e a  $i$ -ésima amostra (Equação 1).

$$\lambda(u) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n K \left( \frac{d(ui;u)}{\tau} \right), \quad d(ui;u) \leq \tau \quad (1)$$

Em vista disso, após a confecção dos mapas de intensidade de queimada (mapa de Kernel) com análise multitemporal aborda no estudo, para tal, executou a extensão de *intensidade de calor*. Para assim definir as classes em cinco cores: verde claro (muito baixa), verde (baixo), amarelo (médio), laranja (alto), vermelho (muito alto), como foi sintetizado por Oliveira, U., e Oliveira, P. (2017).

Para análise do comportamento dos padrões de pontos identificados, utilizou-se a técnica empregada por Câmara e Carvalho (2002): a partir da aplicação do algoritmo estimador de densidade, por ser o método simples e eficaz para análise do comportamento de padrões de pontos, foi calculada a ocorrência do evento espacial da área de estudo. Além disso, nessa técnica, é realiza a contagem da distribuição de todos os pontos dentro do raio de influência, em seguida examina a distância do centro em relação ao raio.

## 2.5 Tratamento estatístico dos dados

A análise de variância (ANOVA) de fator único e Teste de Tukey foram utilizados para verificar a diferença significativa em 5% ( $p < 0,005$ ), sendo classificado os dados obtidos, em grupos distintos de A, AB e B. Entre os dados alfanuméricos provenientes dos arquivos em formato *shapefile* de desflorestamento e queimadas dos meses de junho a outubro do período de 2006 a 2017. Já a tendência linear foi utilizada no estudo para verificar a expectativa da evolução e regressão do número de focos de calor e área desflorestada no período estudado (White, B e White, L., 2016). Esse tratamento, foi desenvolvido no *software* Action Start versão 3.6 e Microsoft Excel (Portal Action, s./d.).

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Análise de dados do período analisado

A análise dos dados obtidos indicou que no período analisado (2006 a 2017), a área desflorestada foi igual a 276,5 km<sup>2</sup>, e a ocorrência de focos de queimadas, totalizou 9.946 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Registro de área desflorestada e focos de queimada no período de 2006 a 2017. Sub-bacia do rio Itacaiúnas. Marabá, Pará.

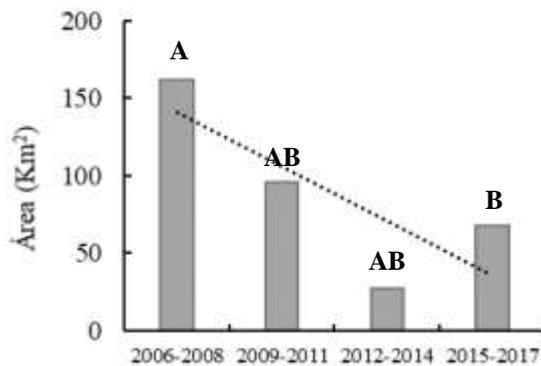
Período	Área Desflorestada (Km <sup>2</sup> )	Focos De Queimadas
2006-2008	162,1	5.586
2009-2011	65,2	3.058
2012-2014	15,9	595
2015-2017	33,2	707
<b>Totais</b>	<b>276,5</b>	<b>9.946</b>

Fonte: Autores (2021).

O crescimento populacional foi uma das causas para o desflorestamento nessa região do estado do Pará, acoplado a mineração; queimadas foram associadas a pecuária (Ex.: 2006 = 645.777 cabeças de gado; 2013 = 705.000 cabeças) e extrativismo madeireiro. Acerca desses avanços econômicos, Lobato (2019), escreveu que essa área geográfica é conhecida como o “arco do povoamento (mão-de-obra e consumidores)”, em face do crescimento da oferta de emprego e renda, já que em 2006 a construção civil (4.064 unidades construídas) iniciou uma tendência de crescimento de quase 600% (22.106 unidades) em 2012.

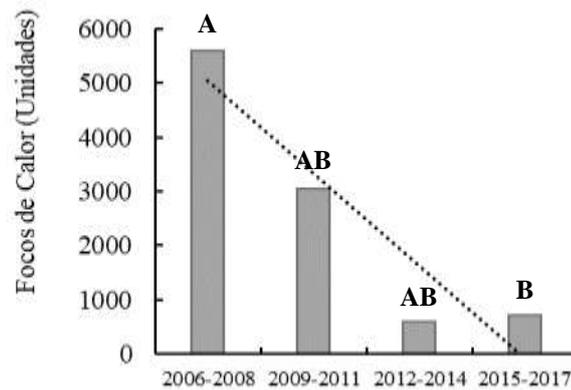
Verificou-se também que no primeiro, segundo e terceiro triênios, houve tendência a diminuição nas duas ações analisadas: (1) desflorestamento (2006-2008,  $F = 2,86$ ;  $p < 0,03$ ); (2) queimadas ( $F = 5,60$ ;  $p < 0,001$ ). Para melhor compreensão dessa diferença entre médias obtidas tanto para o primeiro fato (Figura 3a) quanto para o segundo (Figura 3b), os triênios analisados foram classificados em: A, AB e B.

**Figura 3a.** Médias trienais do desflorestamento de 2006-2017. Marabá. Pará.



Fonte: Autores (2021).

**Figura 3b.** Médias trienais de queimadas de 2006-2017. Marabá, Pará.



Fonte: Autores (2021).

Como essas duas ações, na região sudeste do Pará, onde se localiza o município de Marabá, são concomitantes, e a ocorrência apresenta a pecuária como maior fator de impacto tanto no desflorestamento quanto na queimada. Quanto a dicotomia em tela, Santos *et al.* (2020), após análises de satélites quanto a estas ações antrópicas, concluíram que a pecuária extensiva foi identificada como participante em 80% nos dois casos. Sobre essas reduções ocorridas tanto para o desflorestamento quanto para as queimadas no período analisado, Mello e Artaxo (2017), sintetizaram que essa tendência regressiva, foi possível em razão ao funcionamento do sistema do DETER e o PPCDAm que, em plena atividade, auxiliam nas ações de prevenção e monitoramento.

A ampliação da visão quanto ao desflorestamento e a tendência de diminuição obtida no sudeste paraense, deve alcançar e interligar a implantação de políticas de incentivos ao controle, advindos do Poder Público como a “Redução de emissões provenientes do desmatamento e degradação florestal (REDD+). Acerca dessa intervenção, Miranda *et al.* (2020), afirmam que por ser tratar de algo novo para mitigação de impactos e, conseqüentemente, uma melhora ambiental, devem inserir as comunidades tradicionais.

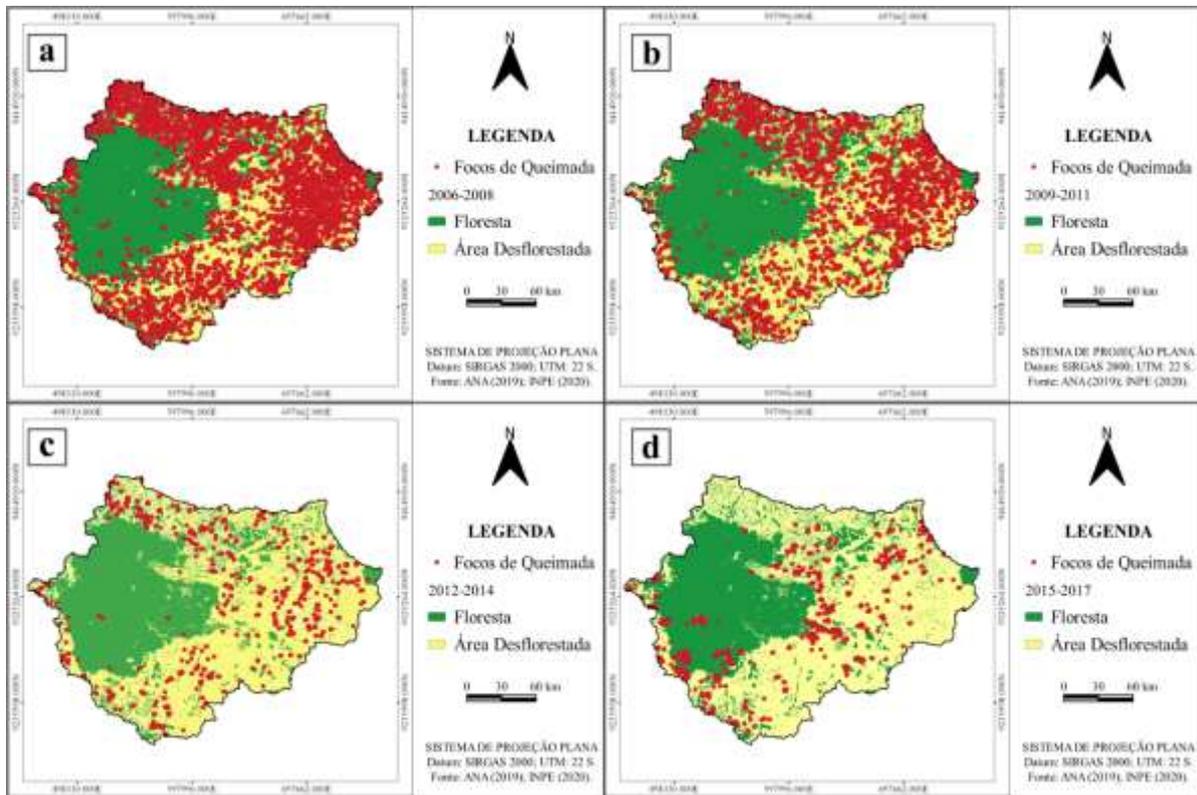
No contexto da Amazônia Legal, onde está inserido o estado de Mato Grosso, os focos de calor também foram objetos de estudo. Souza *et al.* (2021), efetuaram análises de imagens de satélites com recorte temporal situado entre 200 e 2019, e concluíram que entre 2010 (6.419) e 2015 (5.867), os focos de calor mostraram tendência e diminuição (8,6%). No Pará, especificamente na região sudeste do estado, a redução foi mais intensa (80,6%). Então as ações empregadas pelas Políticas Públicas foram mais eficientes nesse estado.

### 3.2 Análise dos triênios

Após a análise dos dados obtidos para focos de queimadas e desflorestamento, para cada triênio, foi observado que, no primeiro, 2006-2008 (Figura 4a), os focos de desflorestamentos ( $n = 162,10 \text{ km}^2$ ; 58,63%), foi superior ao número de queimadas ( $n = 5.586$ ; 56,16%). Já no segundo, 2009 a 2011 (Figura 4b), houve uma redução, tanto na área desflorestada ( $n = 65,23 \text{ km}^2$ ; 23,59%), quanto no número de focos de queimadas ( $n = 3.058$ ; 30,75%). Para o terceiro, 2012 a 2014 (Figura 4c), a

área desflorestada foi ainda menor, quando comparada ao triênio anterior ( $n = 15,93 \text{ km}^2$ ; 5, 76%) e áreas desflorestadas e focos de queimadas ( $n = 595$  focos; 5,98%) respectivamente. Para o terceiro, 2015 a 2017 (Figura 4d), os dados indicaram que houve tendência de elevação, tanto para o desflorestamento ( $n = 33,2172 \text{ km}^2$ ; 12,01%) e queimadas ( $n = 707$ ; 7,11%).

**Figura 4.** Mapas das relações entre desflorestamento e focos de calor nos quatro triênios analisados, Marabá, Pará.



Fonte: Autores (2021).

Quanto a dicotomia queimadas-desflorestamento entre 2006 e 2008, Santos (2017) e INPE (2017), realizaram um estudo de revisão da literatura publicada sobre a gênese da dicotomia, e concluíram que ela é oriunda de ações antrópicas na Amazônia brasileira, especialmente a bovinocultura extensiva ocorrida em dois municípios: Água Azul do Norte ( $\bar{x} = 476,115$ ) e Marabá ( $\bar{x} = 518,033$ ). Nesse último, deve ser acrescido o desflorestamento ( $\bar{x} = 7769,4 \text{ km}^2$ ) e o incremento de áreas agricultáveis para monocultivo como a soja [*Glycine max* (L.) Merril].

### 3.3 Focos de queimadas

Em relação as intensidades dos focos de queimadas, a análise dos dados obtidos indicou que frequências de focos de queimadas mostraram-se, em alguns municípios componentes da sub-bacia do rio Itacaiúnas, foram similares (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comparativo quanto aos focos de queimadas identificados nos municípios componentes da sub-bacia do rio Itacaiúnas – Marabá, Pará.

		1º Triênio (2006-2008)		2º Triênio (2009-2011)	
Municípios		<i>f<sub>i</sub></i> (n)	<i>f<sub>r</sub></i> (%)	<i>f<sub>i</sub></i> (n)	<i>f<sub>r</sub></i> (%)
1	Água Azul do Norte	801	14	397	13
2	Canaã dos Carajás	175	03	127	04
3	Curionópolis	226	04	127	04
4	Eldorado dos Carajás	828	15	580	19
5	Marabá	2.444	44	1.256	41
6	Parauapebas	234	04	128	04
7	Piçarra	302	05	178	6
8	São Geraldo do Araguaia	400	07	158	05
9	Sapucaia	81	01	39	01
10	Xinguara	95	02	68	02
<b>Totais</b>		5.558	100	3.058	100

Fonte: Autores (2021).

A análise dos dados obtidos indicou que, no primeiro triênio, Água Azul do Norte, Eldorado dos Carajás e Marabá, tiveram maiores números de focos de queimadas quando comparados ao valor da média desse período ( $559 \pm 714$ ). Em relação ao 2º triênio, esse fato repetiu-se ( $305,8 \pm 372,4$ ).

Quanto aos dois últimos triênios analisados, os dados obtidos indicaram que, no aspecto “queimadas”, o município de Marabá, continuou como o mais efetivo. Todavia, a mensuração da área quadrada, diminuiu (- 106 km<sup>2</sup>), o oposto foi observado no município de Água Azul do Norte (+206%), e as menores incidências foram identificadas em Xinguara e Sapucaia (Tabela 3).

**Tabela 3.** Dados comparativos quanto as queimadas ocorridas entre 2012 a 2017, na sub-bacia do rio Itacaiúnas – Marabá, Pará.

	Municípios	3º Triênio (2012-2014)		4º Triênio (2015-2017)	
		<i>f<sub>i</sub></i> (n)	<i>f<sub>r</sub></i> (%)	<i>f<sub>i</sub></i> (n)	<i>f<sub>r</sub></i> (%)
1	Água Azul do Norte	94	16	194	27
2	Canaã dos Carajás	12	02	78	11
3	Curionópolis	26	04	65	09
4	Eldorado dos Carajás	123	21	52	07
5	Marabá	238	40	184	26
6	Parauapebas	35	06	112	16
7	Piçarra	26	04	01	01
8	São Geraldo do Araguaia	30	05	04	01
9	Sapucaia	02	0,4	06	0,6
10	Xinguara	09	1,6	11	01
	<b>Totais</b>	595	100	707	100

Fonte: Autores (2021).

Os dados obtidos indicaram que, no 3º triênio, três municípios (Água Azul do Norte, Eldorado do Carajás e Marabá) apresentaram um número de focos de queimadas quando comparado a valor médio do triênio ( $59,5 \pm 73,7$ ). No 4º triênio, quatro deles (Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, Marabá e Parauapebas) ficaram acima desse valor ( $70,7 \pm 72,4$ ).

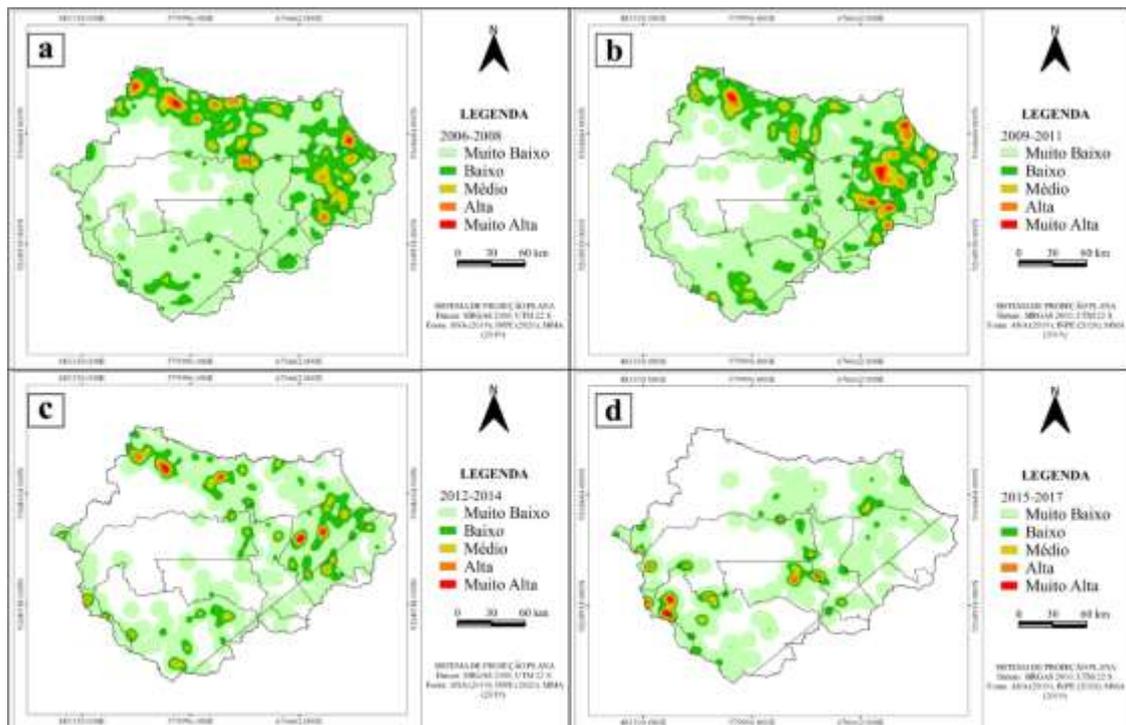
Na pesquisa realizada por Fonseca-Morello *et al.* (2017), acerca da produção científica quanto ao incremento da flamabilidade na Floresta Amazônica, eles correlacionam isso as mudanças climáticas na região que provoca tendência a diminuição nas taxas de precipitação (- 20%), bem como a elevação da temperatura (2°C a 8°C), conseqüentemente, a diminuição da umidade, o que é fator estimulante à propagação do fogo. Isso é uma das justificativas para os índices de queimadas ocorridas no sudeste paraense, cujo estado é componente da região Amazônica.

Outra justificativa foi identificada no estudo realizado por Santos *et al.* (2020) quando analisaram imagens dos focos de queimadas contidas no PRODES, para os anos de 2005 a 2015, e a conclusão desses autores foi similar ao descrito na pesquisa realizada três anos antes, ou seja, 2017, onde a precipitação diminuiu, a temperatura se eleva e favorece os focos de queimadas. Já estudo efetuado por Souza (2018), na região dos Carajás sobre focos de incêndios, esse autor concluiu que o aumento dos casos de queimada na região é dividido principalmente pelo atrativo financeiro da atividade minerária que corrobora com desenvolvimento desordenado dessas cidades.

### 3.4 Mapas de Kernel

Os dados obtidos e analisados para as queimadas, foram suficientes para elaboração dos mapas que permitiram identificar as concentrações dos focos de calor na sub-bacia objeto desse estudo, nos quatro triênios: 2006-2008 (Figura 5a); 2009-2011 (Figura 5b); 2012-2014 (Figura 5c) e 2015-2017 (Figura 5d).

**Figura 5.** Mapa de Kernel para qualificação da intensidade dos focos de calor nos quatro triênios analisados. Marabá – PA.



Fonte: Autores (2021).

A análise dos dados permitiu que fosse visualizada e classificada a intensidade dos focos nos quatro triênios analisados que, em dois municípios, Marabá e Eldorado dos Carajás, ocorreram focos de “alta e muita alta” intensidade, respectivamente. Indicou também que, em Água Azul do Norte, no último triênio, a intensidade foi classificada como “alta e média”.

A explicação para tal fato, foi descrita pelo sistema Terra Brasilis (2018). Esse Instituto informa que, devido a ocorrência do fenômeno *El Niño* nesse período (2015 a 2017), elevou a temperatura mundial em até 1,1°C. A consequência disso no sudeste paraense, foi a diminuição nas taxas de precipitação e incrementou períodos prolongados de secas e o aumento de queimadas e assolação vegetal no período de 2015 a 2017, o que pode ter acentuado a elevação dos registros de focos de calor na área estudada.

Para Silva *et al.* (2018), esse fenômeno atmosférico-oceânico ocorre no Oceano Pacífico, e está diretamente relacionado ao aquecimento do oceano, afeta as condições climáticas globais, e a sua ocorrência gera redução nos regimes pluviométricos das zonas tropicais, devido ao prolongamento de períodos de estiagem, o que provoca tendência de elevação quanto a vulnerabilidade aos riscos de queimadas (Fernandes *et al.*, 2019).

Logo, com os incentivos fiscais os registros de focos de queimada também regrediram. Isso foi possível, pois a prática de corte e queima estão diretamente relacionadas quanto ao uso e ocupação do solo (MMA, 2018). Por essa razão, pode-se perceber no mapa de Kernel dos anos de 2009 a 2011 uma alteração na concentração das zonas de intensidades muito alta, em área pouco afetada nos anos anteriores.

### 3.5 Áreas desflorestadas

A análise dos dados obtidos indicou que ocorreram tendências de elevação e diminuição nessa ação, principalmente no município de Marabá que, no segundo e terceiro triênio, apresentou uma diminuição na área desflorestada, mas que no último, a área, em km<sup>2</sup>, elevou-se novamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Dados obtidos e analisados sobre o desflorestamento, entre 2006 e 2017 para os municípios.

MUNICÍPIOS	Triênios							
	1º		2º		3º		4º	
	2006-2008		2009-2011		2012-2014		2015-2017	
	<i>fi</i>	<i>fr (%)</i>						
Água Azul do Norte	22,0	14	15,3	23	3,4	22	10,1	31
Canaã dos Carajás	0,3	00	2,0	03	,0	24	4,0	06
Curionópolis	3,2	02	0,0	00	0,0	00	1,0	01
Eldorado dos Carajás	0,8	01	1,7	2,5	0,0	00	1,0	03
Marabá	113,1	70	41,0	63	6,3	39	16,0	48
Parauapebas	13,5	08	8,0	08	2,0	11	3,0	04
Piçarra	0,0	00	0,0	00	0,0	00	0,0	00
São Geraldo do Araguaia	0,0	00	0,0	00	0,0	00	0,0	00
Sapucaia	5,0	03	0,0	00	0,0	00	4,0	07
Xinguara	4,2	02	1,0	0,5	1,0	04	0,0	00

Fonte: Autores (2021).

Os dados indicaram que, dos 10 municípios componentes da sub-bacia do rio Itacaiúnas, nos três triênios, houve redução em Água Azul do Norte, Curionópolis, Marabá, Parauapebas, Sapucaia e Xinguara. Essa redução para Moutinho *et al.* (2016), está associada diretamente ao aumento das fiscalizações dos órgãos públicos competentes.

Por essa razão, o abrandamento da taxa de anual de desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal do período de 2000 a 2014, segundo Matos (2016), é consequência as ações de prevenção por esses sistemas auxiliam no combate à exploração ilegal de árvores, medidas punitivas com a operações preventivista (como arco de fogo) e a criação de unidades de conservação em municípios com alta incidência de desflorestamento.

Uma das causas para essas elevações, estão associadas ao crescimento econômico e estrutural elevado, especialmente em 2008. Sobre isso, Santos (2017), efetuou estudo de revisão sobre o tema e conclui que, devido ao incremento quanto a exportação de minério de ferro (Cu; Mn = 82%); soja (+0,3%), madeira compensada, em folhas e toras (0,7%) Acerca do incremento nas áreas desflorestadas. Além da montagem da Estrada de Ferro Carajás, principalmente para o escoamento da produção mineral.

Já na pesquisa realizada pela Fundação Amazônia de Amparo e Estudos e Pesquisa (FAPESPA), o incremento do desflorestamento ocorreu de 2008 até 2014 porque a produção agropecuária no estado do Pará alcançou 14.63 ha de área para pastagem, com crescimento contínuo até 2014. Isso justifica, fatores esses que podem estar relacionadas a expansão agrícola

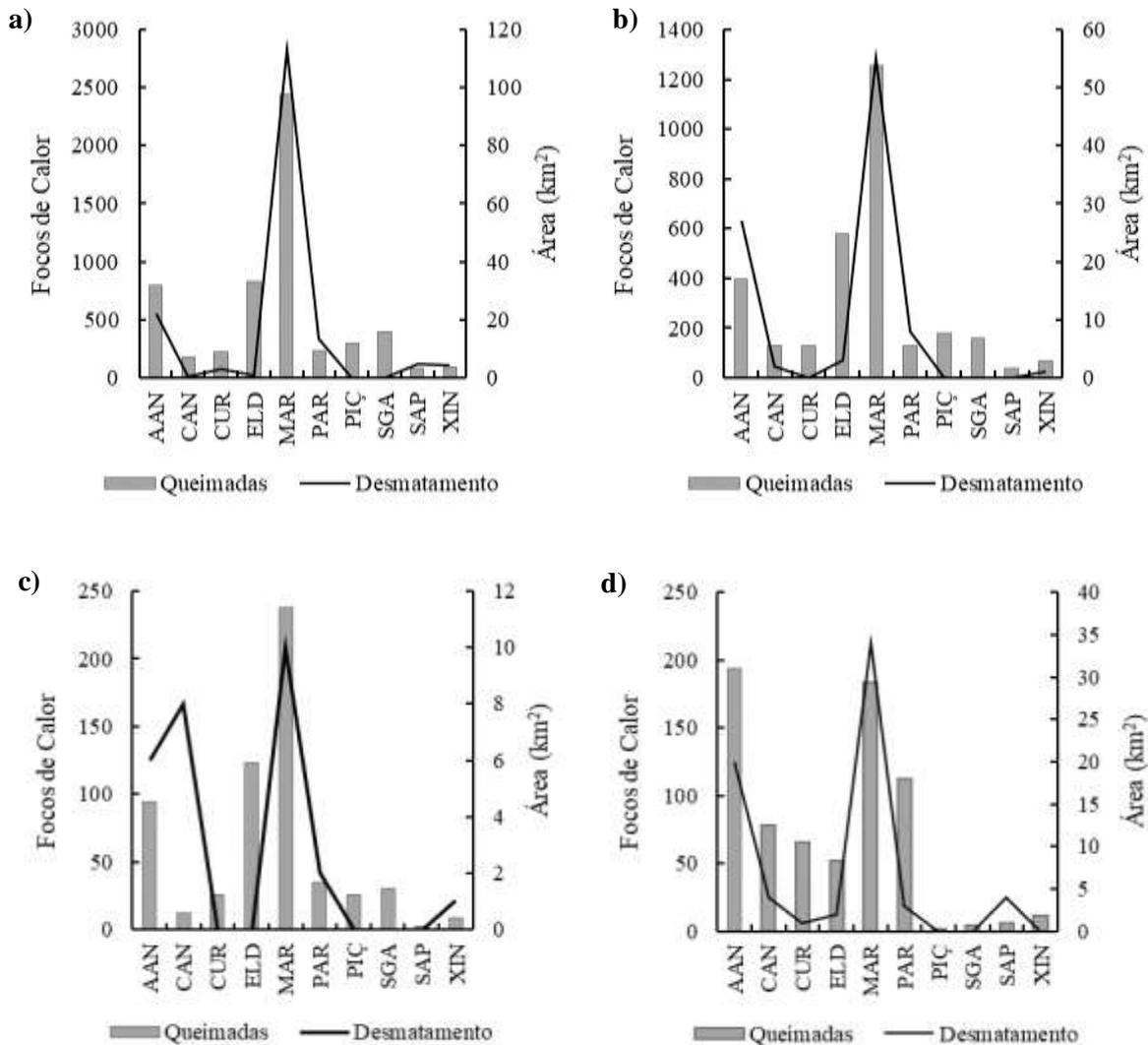
principalmente nos municípios de Marabá e Água Azul do Norte, que ocupam 2° e o 7° respectivamente a posição de maiores produtores de rebanho bovino do estado (Fapespa, 2017).

Quando comparado ao primeiro triênio (2006-2008) ao terceiro triênio (2012-2014) registra uma elevada redução no índice de desflorestamento (83%). Para Mello e Artaxo (2017), essa tendência regressiva, foi possível em razão ao funcionamento do sistema do DETER e o PPCDam, que em plena atividade auxiliam nas ações de prevenção e monitoramento (Delazeri, 2016).

### 3.6 Comparativo intermunicípios

Os dados obtidos e analisados entre os 10 municípios componentes da sub-bacia do rio Itacaiúnas, permitiram concluir que, três deles, Água Azul do Norte (Figuras 6a, 6c, 6d) Eldorado do Carajás (Figuras 6c;6d) e Marabá (Figuras 6a; 6b, 6c, 6d) apresentaram tendências de crescimento e diminuição.

**Figura 6.** Comparativo intermunicípios para queimadas e desflorestamento nos quatro triênios analisados. Sub-bacia do rio Itacaiúnas. Marabá, Pará.



Legendas: a) 2006-2008; b) 2009-2011; AAN: Água Azul do Norte; CAN: Canaã dos Carajás; CUR: Curionópolis; ELD: Eldorado dos Carajás; MAR: Marabá; PAR: Parauapebas; PIÇ: Piçarra; SGA: São Geraldo do Araguaia; SAP: Sapucaia; XIN: Xinguara. c) 2012-2014; d) 2015-2017; AAN: Água Azul do Norte; CAN: Canaã dos Carajás; CUR: Curionópolis; ELD: Eldorado dos Carajás; MAR: Marabá; PAR: Parauapebas; PIÇ: Piçarra; SGA: São Geraldo do Araguaia; SAP: Sapucaia; XIN: Xinguara. Fonte: Autores (2021).

O município de Água Azul do Norte (ANA), no segundo (2009-2011) e terceiro (2012-2014) triênios, apresentou tendência ao crescimento na taxa de desflorestamento, e no último (2015-2017), decresceu, porém, o número de focos de queimadas foi elevado. A justificativa para tal elevação, foi o crescimento da produção agrícola (56%), pecuária (26%), silvicultura, exploração florestal e pesca (18%). Isso, de acordo com a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA, 2017), permitiu o crescimento no estado, de 9,38% a nível Brasil e, como essa região é predomínio da bovinocultura, justifica-se o crescimento tanto do desmatamento quanto das queimadas.

Por outro lado, em relação as queimadas, Souza (2018) efetuou estudo sobre esses focos de incêndios na região do Carajás, e concluiu que o aumento dos casos de queimada na região é dividido principalmente pelo atrativo financeiro da atividade minerária que corrobora com desenvolvimento desordenado dessas cidades.

#### 4. Conclusão

A sub-bacia do rio Itacaiúnas foi objeto de desflorestamento por quase todos os dez municípios que a constituem, com maior frequência esta ação ocorreu em Eldorado dos Carajás e Marabá. Em relação as queimadas, esse último município manteve-se como o de maior intensidade nesse quesito.

No município que abriga o PGC, Parauapebas, a expansão de áreas desflorestadas foi incrementado quando comparado aos três triênios anteriores. Isso está relacionado a expansão da área de extração mineral naquela localidade.

Um dos fatores que controlaram essas duas ações no período analisado, foram as ações dos órgãos fiscalizadores e isso ficou evidente nos três primeiros trimestres analisados. Embora no quarto, tenha ocorrido expansões tanto de áreas desmatas e uma redução quanto as áreas de queimadas.

Os dados aqui contidos são ferramentas essenciais aos órgãos e controle e prevenção, nas três esferas políticas, e que podem auxiliar de forma direta, a elaboração de ações ambientais mais eficazes e que contribuam para a diminuição tanto do desflorestamento quanto das queimadas nessa área.

Faz-se mister que outros trabalhos sejam realizados nessa região, posto que ela possui uma dinâmica econômica elevada, seja sobre o solo ou sob ele, e a relevância quanto ao controle do crescimento econômico, uso e ocupação do solo, manutenção da qualidade do ar e dos recursos hídricos, podem gerar dados importantes que permitam a comparação não só do desenvolvimento produtivo da sub-bacia do rio Itacaiunas, mas também o equilíbrio da qualidade de vida das comunidades do entorno dela e a conservação dos recursos naturais.

#### Referências

- Abreu, F. A., & Souza, J. S. A. (2016). 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. *Floresta & Ambiente*, 23(1), 1-10. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.041813>.
- Alencar, V. B., Meira, S.A., & Mendes, L. M. S. (2017). Áreas de Preservação Permanente no Campus do Itaperi e seu entorno (Fortaleza, Ceará): o uso de técnicas de geoprocessamento no auxílio à proteção ambiental. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, (9), 45-59. <http://dx.doi.org/10.18468/planetaamazonia.2017.n9.p45-59>.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANA. (2019) La Cuenca Hidrográfica. *Agência Nacional De Águas*. <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/83>.
- Bacani, V. M., Sakamoto, A. Y., Luchiani, A., & Quérol, H. (2015). Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. *Mercator*, Fortaleza, 14(2), 119-135. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0008>.
- Batistão, M. D. C., Flores, E. F., & Silva, J. F. C. (2017). Geocodificação de Acidentes Rodoviários para Identificação de Trechos Críticos com Estatística Espacial. *Anuário do Instituto de Geografia-UFRI*, 40(2), 89-97. [https://doi.org/10.11137/2017\\_2\\_89\\_97](https://doi.org/10.11137/2017_2_89_97).
- Busch, J., & Gallon-Ferretti, K. (2017). What drives deforestation and what stops it? a meta-analysis. *Review of Environmental Economic and Policy*, 11,3-23. <<https://www.files.ethz.ch/isn/179235/what-drives-deforestation-what-stops.pdf>>.

- Carpenter, R. S., Booth, E. G., Gillon, S., Kuchair, C. J., Loheide, S. P., Mase, A. S., Motew, M. M., Qiu, J., Rissman, A. R., Seifert, J., Soyulu, M. E., & Turner, M., Wardropper, C. (2015). Plausible futures of a social-ecological system: Yahara watershed, Wisconsin, USA. *Ecology and Society*, 20(2), 10. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07433-200210>.
- Castro, J. A., Vaugh, C. C., Julian, J. P., & Garcia-Llorente, M. (2016). Social demand for ecosystem services and implications for watershed management. *Journal of the American water resources association*, 52(1), 209-220. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12379>.
- Chaudhary, P. R., Upreti, Y., & Rimal, S. K. (2016). Deforestation in Nepal: Causes, Consequences, and Responses. In: Shroder, J. F., & Sivanpillai, R. Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters. (12), 335-372. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394847-2.00020-6>
- Crespo, A. C., Oliveira, P. C. J., Boit, A., Cardoso, M., & Thonicke, K. (2015). Forest edge burning in the Brazilian Amazon promoted by escaping fires from managed pastures. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, (120), 2095–2107. <https://doi.org/10.1002/2015JG002914>.
- Delazeri, L. M. (2016). Determinantes do Desflorestamento nos Municípios do Arco Verde – Amazônia Legal: uma abordagem econométrica. *Economia-Ensaios*, 30(2), 11-34. <https://doi.org/10.14393/REE-v30n2a2016-1>.
- Dubreuil, V., Fante, K. P., & Sant'Anna Neto, J. L. (2017). Les types de climats annuels au Brésil: une application du classement de Köppen de 1961 a 2015. *EchoGéo*, (41), 1-28. <https://doi.org/10.4000/echogeo.15017>
- FAPESPA. (2017). Boletim Agropecuário do Pará 2017. *Fundação Amazônica de Amparo a Estudos e a Pesquisas*. <http://www.fapespa.pa.gov.br/upload/Arquivo/anexo/1383.pdf?id=1533567716>.
- Fengler, F. H., Moraes, J. F. L., Ribeiro, A. I., Peche Filho, A., Storino, M., & Medeiros, G. A. (2015). Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 402-408. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p402-408>.
- Fernandes, T., Hacon, S. S., Novais, J. W. Z., Gil, R. L., & Medeiros, N. B. C. (2019). Dinâmica espaço-temporal de focos de queimadas na área fisiográfica da microrregião de Parauapebas-PA, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 8(1), 340-364. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019340-364>.
- Floress, K., Kathleen K. A., Halvorsen, K. E., Kozich, A. T., & Davenport, M. (2015). The Role of Social Science in Successfully Implementing Watershed Management Strategies. *Journal of Contemporary Water research & Education*, 154, 85-105. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03189.x>.
- Fonseca-Morello, T., Ramos, R., Steil, L., Barlow, J., Markusson, N., & Ferreira, A. (2017). Queimadas e incêndios na Amazônia Brasileira: porque as políticas públicas têm efeito limitado? *Ambiente & Sociedade*, 20(4), 19-40. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc02332r1v2042017>.
- Gallon, K. F., & Busch, J. (2017). What drives deforestation and what stops it? a meta-analysis. *Review of Environmental Economic and Policy*, (11), 3-23. <https://www.files.ethz.ch/isn/179235/what-drives-deforestation-what-stops.pdf>.
- INPE. (2017). INPE registra 7,989 km<sup>2</sup> de desflorestamento por corte raso na Amazônia em 2016. <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-registra-6-947-km2-de-desflorestamento-namazonia-em-2017>>.
- INPE. (2019). A estimativa da taxa de desflorestamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km<sup>2</sup>. <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5294](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294)>.
- Lobato, M. M. A dinâmica na fronteira paraense e os territórios do capital: pecuária, extração madeireira e mineração. *Formação*, 26(47), 89-110. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5600>.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2017). Técnica de pesquisa. (8a ed.), *Atlas*.
- Matos, F. L. L. C. (2016). [Dissertação]. Análise das Taxas Anuais de Desflorestamento na Amazônia Legal a partir da Relação entre Autos de Infração e Área Desmatada no período entre 2000 e 2014. <http://dx.doi.org/10.26512/2016.02.D.21045>.
- Mello, N. G. R., & Artaxo, P. (2017). Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desflorestamento na Amazônia Legal. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, (66), 108-129. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-901x.v0i66p108-129>.
- Messias, C.G., & Ferreira, M. M. (2014). Estudo geomorfológico de bacias hidrográficas do reservatório do funil, Alto Rio Grande (MG), por meio de imagens estereoscópicas ALOS/PRIISM. *Revista do Departamento de Geografia-USP*, (28), 237-262. <https://doi.org/10.11606/rdg.v28i0.554>.
- Microsoft Corporation (2013). <http://www.microsoft.com/en-us/microsof-365/previous-versions/microsoft-excel-2013>.
- Miranda, S. B. A., Noronha Filho, F. A., Dias, G. F. M., Costa, J. A., Rodrigues, N. F. S. Análise do desflorestamento na aerovia entre as cidades Boa Vista – Brasília. *Research, Society and Development*, 9(11), e70091110456. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10456>
- MMA. (2018). Saiba o que é desflorestamento e quem o monitora no Brasil. *Ministério do Meio Ambiente*. <http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2012/04/saiba-o-que-e-esmatamento-e-quem-o-monitora-no-brasil>.
- Morais, A. A. (2015) [Dissertação]. Uso da Estimativa de Kernel na Espacialização dos Eventos de Furto, Roubo e Homicídio no Perímetro Urbano de Monte Carmelo - MG. <http://orcid.org/0000-0001-9801-4184>.
- Moutinho, P., Guerra, R., & Ramos-Azevedo, C. (2016). Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: What is missing. *Elementa: Science of the Anthropocene*, (4), 000125. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000125>.
- Nascimento, T.V., & Fernandes, L. L. (2017). Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Revista Ciência e Natura*, 39(1), 169-177. <https://doi.org/10.5902/2179460X21737>.
- Oliveira, U. C., & Oliveira, P. S. (2017). 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-RJ*, 7(1), 87-99. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2017.3473>.

- Oti, D., & Ewusi, A. (2016). Hydrometeorological Trends of Tocantins and Itacaiúnas Rivers in Brazil. In: *4<sup>th</sup> UMaT Biennial International Mining and Mineral Conference, Anais*, p. 114-126.
- Penreiro, J. C., Martins, L. L. M., & Beretta, V. Z. (2016). Identificação de variabilidades e tendências interanuais em medidas hidro climáticas na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 18(12), 219-241. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.38840>.
- Portal Action. Teste de Tukey (TDS – Tukey Significant Different). <http://www.portalaction.com.br/anova/31-teste-de-tukey>.
- Rego, A. K. C., & Kato, O. R. (2017). Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. *Novos Cadernos*, 20(3), 203-224. <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v20i3.3482>.
- Santos, K. S., Silva, D. D., & Guimarães, R. J. P. G. (2020). Análise multitemporal de focos de queimadas e variáveis climáticas no estado do Pará. *Revista Geográfica Acadêmica*, 14(1), 118-133. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/6228/3015>.
- Santos, T. O., Andrade Filho, V. S., Rocha, V. M., & Menezes, J. S. (2017). Os impactos do desflorestamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. *Rev. Geogr. Acadêmica*, 11(2), 157-181.
- Santos, V. M. (2017). A economia do sudeste paraense: evidências das transformações estruturais. In: Monteiro Neto, A., Castro, C. N., Brandão, C. A. *Desenvolvimento regional no Brasil: políticas, estratégias e perspectivas*. Rio de Janeiro: Ipea, (4), 127-154.
- Silva, A. H. C. V., & Nunes, F. G. (2016). Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas a Análise de Padrões Pontuais com uma Contribuição à Cartografia de Zonas Sísmicas no Estado de Goiás. *Ateliê Geográfico*, Goiânia-GO, 10(2), 128-142. <https://doi.org/10.5216/ag.v10i2.36137>.
- Silva, E. C. G., Fieldler, N. C., Juvanhol, R. S., Silva, G. M. A., & Neves, F. P. (2018). Análise temporal da ocorrência de incêndios florestais nas Américas e região do Caribe. *Nativa*, Sinop-MT, 6(5), 491-496. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i5.5845>.
- Silva, N. C. (2015). O despertar da conscientização ambiental no ensino de geografia. *Revista brasileira de educação ambiental - Revbea*, 10(1), 75-83. <https://doi.org/10.34024/Revbea.2015.v10.1845>.
- Silva Júnior, R. O. (2017). Resposta hidrológica devido às mudanças no uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas (BHRI).
- Souza, B. M. (2018) [Dissertação]. Avaliação de índices de perigo de incêndios florestais em Canaã dos Carajás-PA. *Instituto Tecnológico da Vale*. <https://doi.org/10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2018.5.Souza>.
- Souza, C. R., Azevedo, C. P., Rossi, L. M. B., & Lima, R. M. B. (2008). *Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl.)*. EMBRAPA, 2008. Documentos 60. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/669639/1/ComTec632008.pdf>.
- Souza, M. B., Dias, g. f. m., Miranda, S. B. A., Nascimento, R. E. N., Gama, L. H. O., Paiva, P. F. P. R. Dinâmica de uso e cobertura do solo associada a focos de calor no município de Poconé – MT. *Research, Society and Development*, 10(3), e0710312930. <http://dx.doi.org/1033448/rsd-v10i312930>.
- Souza Filho, P.W.M. (2016). Four decades of land-cover, land-use and hydro climatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. *Journal of Environmental Management*, 167, 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039>.
- Terra Brasilis. (2018). *Taxa de desflorestamento na Amazônia*. <[http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates)>.
- Tucci, C. E. M. (2014). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. (4a ed.), Editora da UFRGS/ABRH.
- Viana, M. S. (2016). Estratégias de Logística Urbana a Serem Aplicadas nas Áreas Centrais e Históricas: Proposta Metodológica Baseada em Avaliação Multicritério em Ambiente SIG.
- Viana, P. L., & Gil, A. S. B. (2018). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: *Cannabaceae*. *Revista Rodriguésia*, 69(1),049-051. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869105>.
- Vieira, A. A. N., Clemente, A., Dias, G. A., & França Filho, M. T. (2017). Metodologia Científica no Brasil: ensino e interdisciplinaridade. *Educação & Realidade*, 42(1), 237-260. <https://doi.org/10.1590/2175-623654484>.
- White, B. L. A., & White, L. A. S. (2016). Queimadas controladas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. *Floresta*, 46(4),561-570. 10.5380/r