

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NO AUXÍLIO DO MONITORAMENTO DE DESFLORESTAMENTO E QUEIMADAS NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ, NO SUDESTE DO PARÁ**

USE OF GEOTECHNOLOGIES TO AID IN THE MONITORING OF DEFORESTATION AND BURNS IN THE TUCURUÍ MICROREGION, IN SOUTHEAST PARÁ

**Paulo da Silva Garcia**Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade do Estado do Pará  
eng.ambpaulogarcia@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9887-3173>**Gabriela Dias Saraiva Pompeo**Graduada em Engenharia Ambiental  
Universidade do Estado do Pará  
gabissaraiva@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-4551-9589>**Carlos da Silva Garcia**Graduado em Engenharia Ambiental  
Universidade do Estado do Pará  
cgarcia.engamb@outlook.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5500-8390>**Leandro da Silva Garcia**Graduando em Engenharia Civil  
Universidade do Federal do Pará  
lehgarcia895@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1614-8371>**RESUMO**

Os recursos naturais na Amazônia vêm sendo explorados de diversas formas durante anos, este bioma sofre ocupações constantes e intenso uso do solo por diversas culturas. Por consequência, o uso de fogos está ligado diretamente ao avanço da exploração do bioma amazônico. Diante desse cenário, numa tentativa de compreender a correlação da dinâmica dos focos de queimadas e o desflorestamento no sudeste do estado do Pará, este trabalho pretende identificar o comportamento do processo de uso e ocupação do solo, entre os anos de 2015 e 2020 na microrregião de Tucuruí. Para elaboração dos mapas foi coletado dados do BDQUEIMADAS, INPE, PRODES, IBGE, DNIT, SICAR e INCRA. Os arquivos *shapefile* foram adquiridos em seguida re-projetados para SIRGAS 2000, analisando uma série temporal de 6 anos, estimados as intensidades pela ferramenta KERNEL no *software* ArcGis 10. Os resultados indicam que o acúmulo de números de focos de calor ( $n: 7.176$ ) e desflorestamento 1.308,19 Km<sup>2</sup>, sendo que o ano de 2015, 2016 e 2017 apresentam os valores mais significativos, dentre as regiões estudada, duas se destacaram Novo Repartimento e Itupiranga com mais de  $\pm 79\%$  e 86%. Desse modo, destaca-se o uso das geotecnologias para a identificação e o monitoramento de áreas afetadas pelo uso intensivo do fogo e desflorestamento. Sendo perceptível que há uma relação entre os dois

aspectos, geralmente, ocorrem de modo conjunto, primeiro a derrubada e posteriormente a queima.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos Naturais, Dinâmica, Ferramenta de Kernel.

#### **ABSTRACT:**

The natural resources in the Amazon have been exploited in different ways for years, this biome suffers constant occupation and intense land use by different cultures. Consequently, the use of fires is directly linked to advances in the exploration of the Amazon biome. Given this scenario, in an attempt to understand the correlation between the dynamics of fire outbreaks and deforestation in the southeast of the state of Pará, this paper intends to identify the behavior of the process of land use and occupation, between the years of 2015 and 2020 in the microregion. of Tucuruí. To prepare the maps, data were collected from BDQUEIMADAS, INPE, PRODES, IBGE, DNIT, SICAR and INCRA. The shapefile files were then redesigned for SIRGAS 2000, analyzing a 6-year time series, estimated intensities by the KERNEL tool in the ArcGis 10 software. The results indicated that the accumulation of numbers of hotspots (n: 7,176) and deforestation 1,308.19 Km<sup>2</sup>, with the year 2015, 2016 and 2017 showing the most significant values, among the regions studied, two stood out Novo Repartimento and Itupiranga with more than ±79% and 86%. Thus, the use of geotechnologies for the identification and monitoring of areas affected by the intensive use of fire and deforestation stands out. As it is noticeable that there is a relationship between the two aspects, they usually occur together, first felling and then burning.

**KEYWORDS:** Natural resources, Dynamics, Kernel Tool.

#### **INTRODUÇÃO**

Originalmente, o bioma Amazônico ocupava cerca de 4,196 milhões de km<sup>2</sup> do Brasil, com expansão econômica do litoral para o interior, iniciou-se a intensificação do uso do solo na região da Amazônia legal, desde então, anualmente, ocorrem perdas significativas de área florestal deste bioma (MEIRELLES FILHO, 2014).

Machado (2012) afirma que o processo de degradação em grande escala da cobertura vegetal está intimamente ligado ao desenvolvimento da agricultura. Corroborando com esse pensamento, Mello & Artaxo (2017) arrematam que a produção de soja é o ramo de destaque que contribui diretamente no desflorestamento da Amazônia Legal, bem como a pecuária e a indústria madeireira; essa que, em sua maior parte, é realizada ilegalmente, exercendo forte pressão sobre unidades de conservação, territórios indígenas e mesmo propriedades particulares.

Por conseguinte, a prática da queimada é outro método de limpeza de áreas menos oneroso bastante difundido no Brasil, além de facilitar o plantio (MACHADO, 2012). No que tange o manejo pecuarista, também é possível estabelecer uma correlação entre o desflorestamento e as queimadas, na qual a prática da retirada da vegetação é seguida pela queima, onde a ação do fogo além de empobrecer a cobertura vegetal da área, queima a camada superficial composta de húmus, além de matar parte da microfauna e microflora presente (ABADIAS *et al.*, 2020).

Neste contexto, com o avanço das tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), bem como o alto investimento em ferramentas de sensoriamento remoto, é possível obter imagens de satélite cada vez mais nítidas e ricas em detalhes, que contribuem, significativamente, para o trabalho de fiscalização e controle exercido pelos órgãos ambientais em suas esferas de competências. Essas, também são utilizadas no auxílio de pesquisas científicas e no monitoramento da dinâmica do uso do solo, com a finalidade de buscar melhores formas de gestão dos espaços naturais (SANTOS *et al.*, 2018).

Os fenômenos naturais e sociais expandem-se a uma velocidade incrível, dessa forma, os SIG's destacam-se, pois, estes possibilitam a introdução da componente de análise espacial na avaliação e na prevenção de diferentes cenários, análises de territórios, permitindo uma tomada de decisões, no tempo adequado e corretas (MOUTINHO, 2019).

Além da possibilidade de análise da cobertura vegetal, ano a ano, as técnicas de sensoriamento remoto permitem a identificação de focos de incêndios, Tostes *et al.* (2018) afirma que isso se torna fundamental em uma região de grande extensão territorial e com muitas áreas de difícil acesso, como é o caso do Brasil.

É fato que no Brasil, o desflorestamento e as queimadas, são as maiores questões ambientais, visto que ocorrem, tradicionalmente, associadas. Só no estado do Pará, no ano de 2020, o INPE registrou cerca de 38.603 focos ativos e que foram desflorestadas, dentro da Amazônia, uma área de aproximadamente, em 2020, 10.851 km<sup>2</sup>, o que equivale a cerca de 1.085.100 campos oficiais de futebol (INPE, 2021).

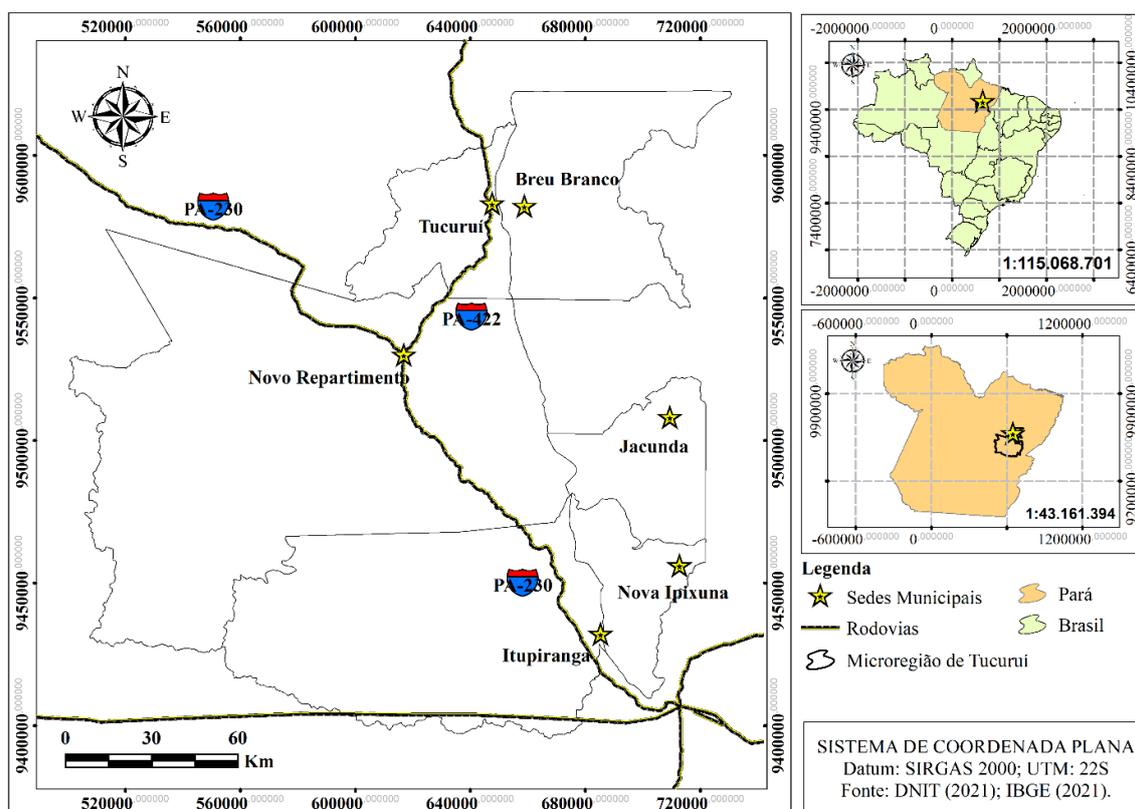
Diante desse cenário, numa tentativa de compreender a correlação da dinâmica dos focos de queimadas e o desflorestamento no sudeste do estado do Pará, este trabalho pretende identificar o comportamento do processo de uso e ocupação do solo, entre os anos de 2015 e 2020 na microrregião de Tucuruí.

## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

A microrregião de Tucuruí está localizada na porção sudeste paraense, a unidade territorial abrange os municípios de Breu Branco, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí (Figura 1).

**FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Segundo Da Luz *et al.* (2013), a organização dos espaços entre as microrregiões é organizada devido às suas formas de vida das populações locais, apresentando uma dinâmica urbana e rural idêntica. Esta área da região apresenta sua tipologia florestal destacando: a floresta ombrófila densa e aberta de caráter amazônico (VIANA & GIL, 2018). Para a classificação de Kopper-Geiger, o clima da zona é dito “Am” e “Aw”, tipos de climas tropical e tropical úmido, e média de temperatura acima de 22°C, com períodos chuvosos definidos e secos prolongados (ALVARES *et al.*, 2014 apud DUBREUIL *et al.*, 2017).

## COLETA DE DADOS

No decorrer deste trabalho, foram coletados dados de forma gratuita nos sistemas do governo nas plataformas digitais: Os valores de Desflorestamento foi obtido na plataforma de dados geográficos *site* Terrabrasilis desenvolvida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os arquivos *shapefile* de queimadas são obtidos no Banco de Dados de Queimadas (BDQUEIMADAS) disponível no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o limite da microrregião de Tucuruí, limite do estado do Pará e Brasil foi coletado no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as rodovias estão disponíveis no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), as zonas das áreas de proteção ambiental – APA’s são obtidas no Ministério de Meio Ambiente (MMA), os dados de terras indígenas, projeto de assentamento – PA e áreas georreferenciadas são encontrados no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e as demarcações de imóveis rurais no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

Os dados coletados de focos de queimada (*shapefile*) de 2015 a 2020, na região, são tratados diariamente pelo processo de imagens termais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrodiometer*) que em conjunto ao satélite meteorológico AQUA\_M-T, como o atual satélite de referência do INPE, permitindo a análise diária dos focos de queimadas, compondo valores anuais (INPE, 2017). Já os valores de

desflorestamento ( $km^2$ ), estão disponíveis na plataforma TerraBrasilis associado aos dados do PRODES e DETER, que em conjunto ao sensor MODES coletam valores acumulados para cada ano dentro da Amazônia.

Ao adquirir os vetores de focos de queimadas em *shapefile*, faz-se re-projetado para o sistema SIRGAS 2000 os arquivos de base de dados, na função *Arctoolbox >Data Management tool >Projections and Transformations*. Além disso, há fatores que limitam a obtenção de dados de queima, como fogo abaixo da copa das árvores, queimadas menores que 30 metros e altas densidades de nuvens na região (INPE, 2011).

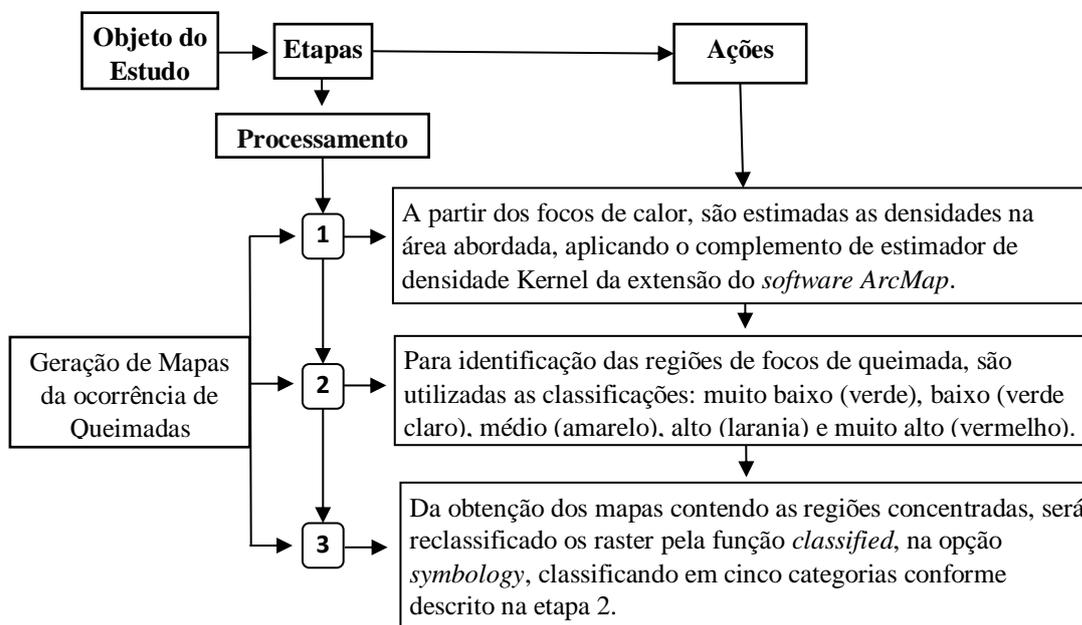
Em seguida os dados de desflorestamento são separados os resultados ( $km^2$ ) em cada ano de 2015 a 2020, de forma que os valores geoespaciais estejam organizados anualmente em uma única base em forma de tabela no *Software Excel*, versão 2013 (MICROSOFT CORPORATION, 2013), para a relação comparativa entre os focos de queimadas e desflorestamento. Assim foi tratado todos os arquivos de queimadas e desflorestamento definido uma série temporal de 6 anos, proporcionando a elaboração de 6 mapas de Kernel.

## PROCESSAMENTO DE DADOS

Seguindo os arquivos tabulares, os *shapefile* de focos de queimadas e os valores de desflorestamento são sobrepostos ao limite da área de estudo, em uma única base de dados, facilitando a manipulação de informações e dados gerados (2015 a 2020) nos focos de queimadas, faz-se todo processamento no *software ArcGis*, versão 10.2 Dessa maneira, foi iniciado a elaboração de mapas temáticos a partir da função *Layout View*.

À vista disso, iniciou a tabulação dos vetores de focos de queimadas referente a Microrregião de Tucuruí na série temporal (2015 a 2020). Sendo assim aplicou a sobreposição dos dados pontuais na área, para compreender a interação dos valores sobre a malha da região. Dessa forma foi executado o estimador de intensidade de Kernel para gerar os valores de intensidades (Figura 2).

**FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DE ETAPAS E ANÁLISE DE DADOS.**



**Fonte:** Adaptado de DIAS et al. (2021).

O método de estimativa de Kernel, para Silva & Nunes (2016) e o método que facilita a estimativa de eventos em uma certa área, já para Bastião *et al.* (2017), o método estuda o comportamento dos pontos devido a aglomeração de ocorrências dos eventos, limitado pela distância do raio. Essa técnica pode ser considerada como método de suavização, gerando mapas de intensidades de superfície terrestre ou proporção de eventos (MORAIS, 2015).

Em contrapartida, Viana (2016) aplica as técnicas e adequa em variáveis: a distância do raio de influência ( $\tau$ ), que vai definir a interação espacial ao ponto central, o qual define o limite da superfície gerada da função  $k$  (Kernel). Diante disso, 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 qualquer 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 localizações  $u$  e da distância ( $d$ ) entre a posição e a  $i$ -ésima amostra, a partir da equação geral (1):

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

Em seguida ao confeccionar os mapas temáticos de intensidade de calor (Kernel) dos 6 anos, para isso, iniciou a execução da extensão de *Kernel Density*. Assim foi definido em cinco classes ou cores: verde (muito baixa), verde claro (baixo), amarelo (médio), laranja (alto), vermelho (muito alto), seguindo o modelo de legenda de Dias *et al.* (2021).

Ao estudar o comportamento dos padrões de pontos, optou por empregar a técnica usada por Câmara & Camargo (2002), a partir do estimador de intensidade, essa técnica permite por um método simples e cabal para o estudo do comportamento, sendo assim foi estimado a ocorrência de eventos na área de estudo. Como também, nesse método, é estimado a contagem da distribuição dos pontos no raio de influência, em seguida é analisada a distância do raio ao centro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da coleta dos dados no período de 6 anos, foi detectado pelo satélite AQUA\_M-T e o projeto PRODES, um total de 7.176 focos de queimadas e 1.308,19 Km<sup>2</sup> de desflorestamento. Foi observado que dentre os anos, destaca-se 2015, com 1666 ocorrências, acompanhando de 2016 e 2017 com, respectivamente, 1285 e 1320 números de queimadas. No que tange o desflorestamento, tem-se o ano 2016 com 333,36 Km<sup>2</sup> de área desflorestada, consecutivamente os anos de 2018 e 2020 com 235,49 Km<sup>2</sup> e 218,49 Km<sup>2</sup>, na devida ordem (Tabela 1).

**TABELA 1 - FOCOS DE QUEIMADAS E ÁREA DESFLORESTADA, DE 2015 A 2020, NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**

<b>Período</b>	<b>Focos de Queimadas</b>	<b>Área Desflorestada (Km<sup>2</sup>)</b>
2015	1666	145,78
2016	1285	333,36
2017	1320	172,47
2018	1030	235,49
2019	891	202,59

2020	984	218,49
<b>Total</b>	<b>7176</b>	<b>1308,19</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de dados do BDQUEIMADAS (2021); TERRABRASILIS (2021).

A análise dos dados indicou que o total de focos de queimadas entre 2015 a 2020, destaca-se Novo repartimento com 54 %, seguindo, Itupiranga com 25%, Breu-Branco com 9%, Tucuruí com 6%, Nova Ipixuna com 4% e por último, Jacundá apresenta 3%. A distribuição entre os períodos estudados indica que, os anos de 2015, 2016 e 2017 correspondem a 59,5178 % do total de focos de queimadas, ao mesmo tempo que os anos de 2018, 2019 e 2020 equivalem a 40,4822% do total (Tabela 2).

Já para análise do total de dados de desflorestamento, o município de Novo Repartimento apresenta 67%, seguindo, Itupiranga com 19%, Tucuruí com 6%, Breu-Branco com 5%, Nova Ipixuna com 2% e Jacundá com 1%. O valor acumulado de 2015, 2016 e 2017 apresenta com total de 49,8101% de desflorestamento, já para os anos de 2018, 2019 e 2020 os valores estão com 50,1899%, podendo notar que os números de queimadas e desflorestamos não apresenta valores de distribuição padronizado. Além disso, vale destacar que os resultados para os municípios de Novo Repartimento e Itupiranga de 2015 a 2020 equivalem a 79% para focos de queimadas e 86% de desflorestamento, enquanto as demais cidades apresentam resultados pouco significativos (Tabela 02).

**TABELA 2 - DADOS COMPARATIVOS QUANTO AOS FOCOS DE QUEIMADA DETECTADO PELO SATÉLITE AQUAM\_M-T, ÁREA DESFLORESTADA (KM²), NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**

	Número de Focos de Queimadas												Total
	2015		2016		2017		2018		2019		2020		
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> (%)	<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> (%)	<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> (%)	--
Breu Branco	161	10	87	07	120	09	72	07	81	09	129	13	<b>650</b>
Itupiranga	558	33	343	27	266	20	275	27	171	19	198	20	<b>1811</b>
Jacundá	49	03	17	01	49	04	18	02	20	02	33	03	<b>186</b>

Nova Ipixuna	47	03	54	04	58	04	29	03	31	03	43	04	<b>262</b>
Novo Repartimento	756	45	709	55	773	59	560	54	547	61	515	52	<b>3860</b>
Tucuruí	95	06	75	06	54	04	76	07	41	05	66	07	<b>407</b>
<b>Total</b>	<b>1666</b>	<b>100</b>	<b>1285</b>	<b>100</b>	<b>1320</b>	<b>100</b>	<b>1030</b>	<b>100</b>	<b>891</b>	<b>100</b>	<b>984</b>	<b>100</b>	
<b>Área Desflorestada (Km<sup>2</sup>)</b>													
	<b>2015</b>		<b>2016</b>		<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>Total</b>
<b>Municípios</b>	<i>fi</i> (n)	<i>fr</i> (%)	--										
Breu Branco	15,96	11	9,24	03	8,92	05	9,69	04	9,31	05	12,20	06	<b>65,32</b>
Itupiranga	27,83	19	86,53	26	29,17	17	31,99	14	34,75	17	33,24	15	<b>243,51</b>
Jacundá	3,28	02	2,08	01	1,97	01	2,74	01	3,68	02	3,69	02	<b>17,45</b>
Nova Ipixuna	3,55	02	4,44	01	3,81	02	3,21	01	6,02	03	6,17	03	<b>27,20</b>
Novo Repartimento	72,45	50	222,04	67	121,61	71	171,15	73	140,65	69	154,58	71	<b>882,47</b>
Tucuruí	22,71	16	9,03	03	6,99	04	16,71	07	8,19	04	8,61	04	<b>72,24</b>
<b>Total</b>	<b>145,78</b>	<b>100</b>	<b>333,36</b>	<b>100</b>	<b>172,47</b>	<b>100</b>	<b>235,49</b>	<b>100</b>	<b>202,59</b>	<b>100</b>	<b>218,49</b>	<b>100</b>	

**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de dados do BDQUEIMADAS (2021); TERRABRASILIS (2021).

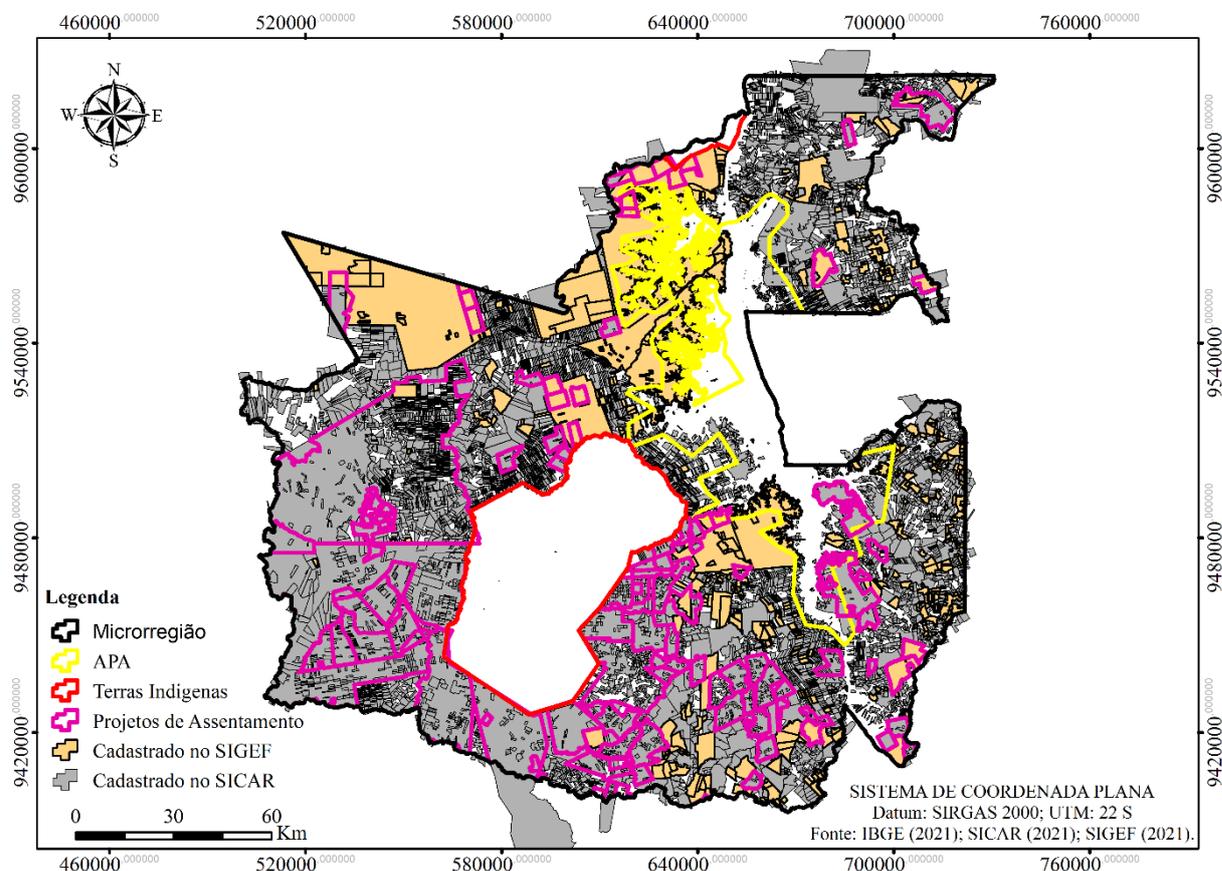
Vale destacar que estes fatores sofrem influência direta da expansão e uso da terra, como o uso de sistema de pecuária mais o incremento de projetos de assentamentos, acrescentaram no desmatamento e queimadas nessas regiões (FARIAS *et al.*, 2018). Ao observar os números de imóveis cadastrados no Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR, Sistema de Gestão Fundiário – SIGEF e Projetos de Assentamentos – PA’s, notou que Novo Repartimento e Itupiranga contém os maiores números (Tabela 3).

**TABELA 3** - NÚMEROS DE ÁREAS COM CADASTRO DE SICAR, ÁREAS GEORREFERENCIADAS E PROJETOS DE ASSENTAMENTO, NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.

<b>Municípios</b>	<b>SICAR</b>	<b>SIGEF</b>	<b>P.A</b>
--	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
Breu Branco	2485	101	3
Itupiranga	4297	184	35
Jacundá	1042	136	1
Nova Ipixuna	1283	67	8
Novo Repartimento	8689	341	32
Tucuruí	1067	43	8
<b>Total</b>	<b>18863</b>	<b>872</b>	<b>87</b>

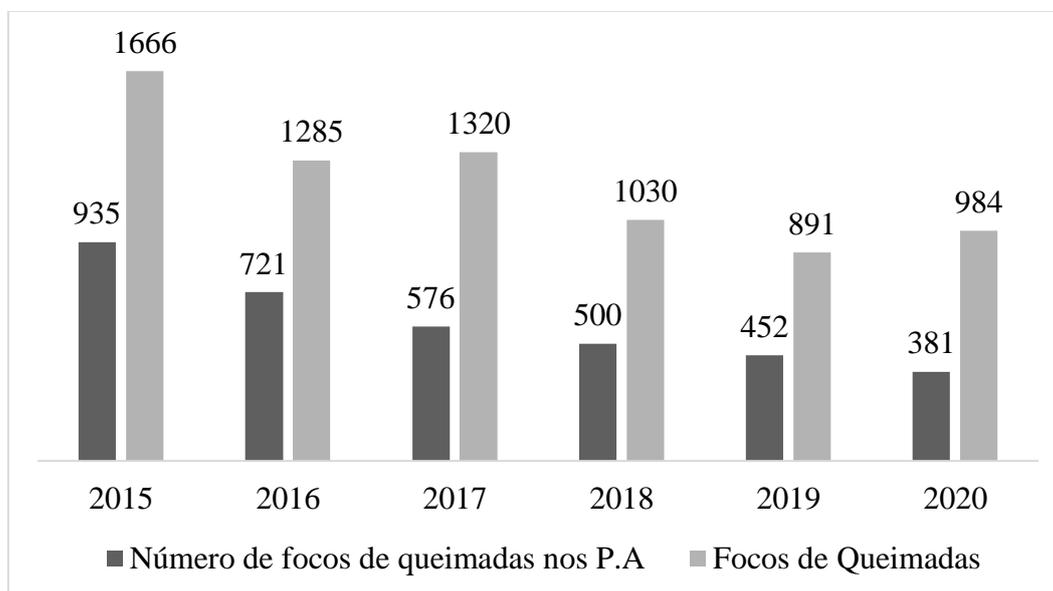
**Legenda:** Sicar: Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural; Sigef: Sistema de Gestão Fundiária; P.A: Projetos de Assentamento. **Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de dados do SICAR (2021); INCRA (2021).

No tocante ao processo de colonização e o avanço das fronteiras agrícolas nessa região fomentou para o crescimento de atividades de uso do solo, direta ou indiretamente (Figura 03). Ressalta Sampaio *et al.* (2004) em seus estudos que devido ao avanço da agropecuária e a expansão migratória de ocupação em pequenas áreas ao decorrer da abertura da PA-150, foi o gatilho para exploração da floresta primária nessa área.

**FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DOS PA's, ÁREAS CADASTRADAS NO SICAR/PA E ÁREAS CADASTRADAS NO INCRA/SIGEF.**

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A Figura 4 apresenta o total de números de queimadas identificadas nos assentamentos implantados pelo INCRA. A ocorrência significativa das queimadas na microrregião de Tucuruí manifesta os maiores resultados para toda área, cerca de 50% da totalidade das ocorrências são localizadas nos PAs, fator este que está relacionado com a forma de implantação e o contexto histórico da região com a exploração da madeira e pecuária. Conclui Amorim *et al.* (2020), que a expansão da reforma agrária e o aumento dos incentivos fiscais na região do sudeste paraense, foi o catalisador para a crescente consolidação do uso intensificado da terra.

**FIGURA 4 - COMPARAÇÃO DE NÚMEROS FOCOS DE QUEIMADAS**

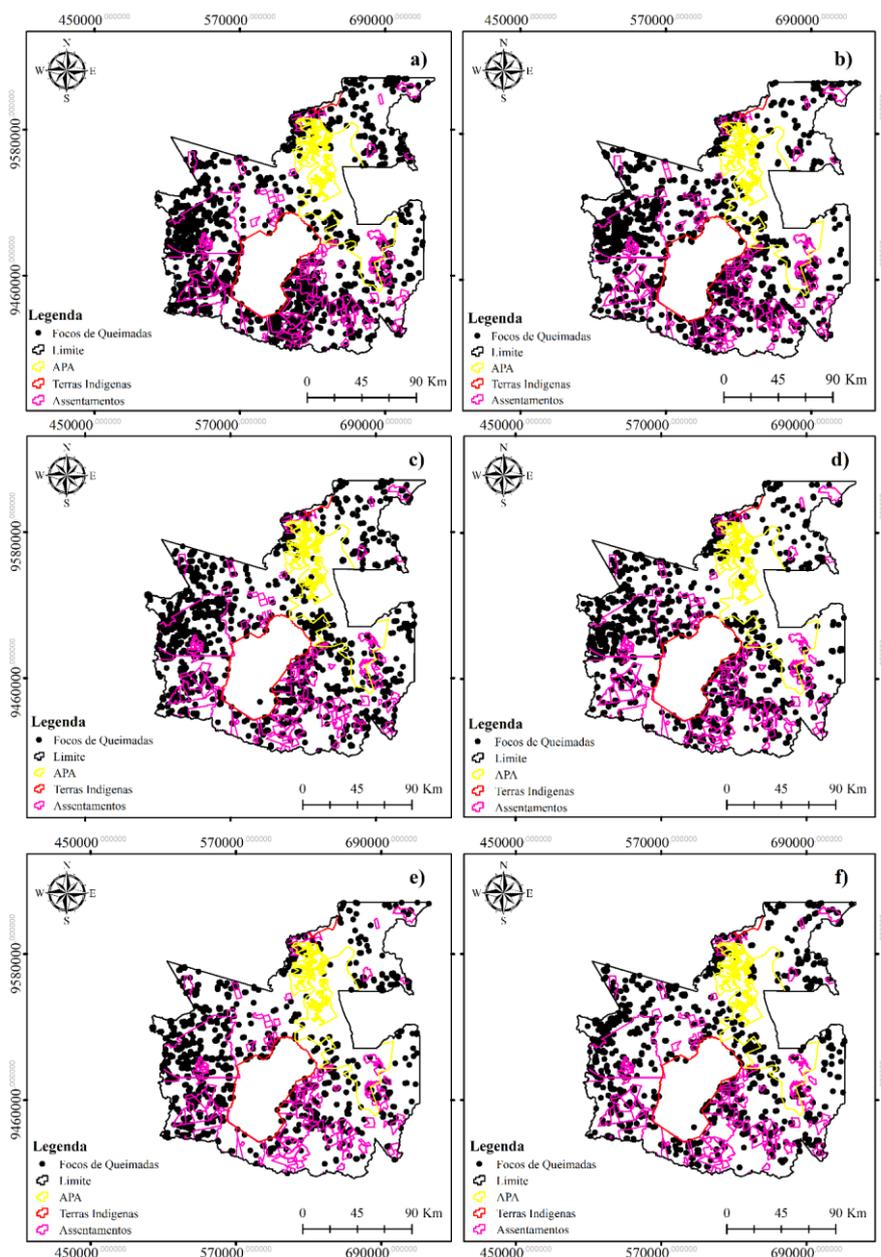
Fonte: Autores (2021).

No Brasil, apesar das medidas de controle ao desmatamento e queimadas instituídas pela Lei 12.651/2012, a qual no Art.29 apresenta a criação do Cadastro Ambiental Rural, para auxiliar no combate ao desmatamento ilegal e a complementação de projetos ambientais, como o Plano de Ação Para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, com objetivo de redução do desmatamento e criar um modelo de desenvolvimento sustentável (MMA, 2017). Como resultado foi notado que a dinâmica nessa área ainda continua intensa, mesmo havendo uma redução (2015/2020) variando de  $\pm 40,75\%$  nos casos dentro de PA's.

Ao sobrepor os números de queimadas sobre as áreas de PA's e o limite da microrregião de Tucuruí, notou que a concentração pontual está com maiores aglomerações nos limites dos Projetos de Assentamento dentro da área (Figura 5). Vale salientar que as práticas de queimadas podem estar relacionadas à renda, pois devido à falta de verbas para custear máquinas que possam fazer tratamento adequado do solo em alguns casos é optado pela queima do pasto (DE JESUS *et al.*, 2020). Mesmo o processo de sintropia causado pela influência humana, conclui Pereira & Tomaz (2017), que esse tipo de técnica afeta as características do solo influenciando no processo hidrológico,

como para Junior *et al.* (2003), a queima de cada hectare de pasto, é dispersado para atmosfera cerca de 1.500 kg de gás carbônico, 36kg de gás nitrogênio e 3,6 kg de enxofre.

**FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DE ZONAS AFETADAS POR QUEIMADAS NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**



**Legenda:** a) 2015; b) 2016; c) 2017; d) 2018; e) 2019; f) 2020.

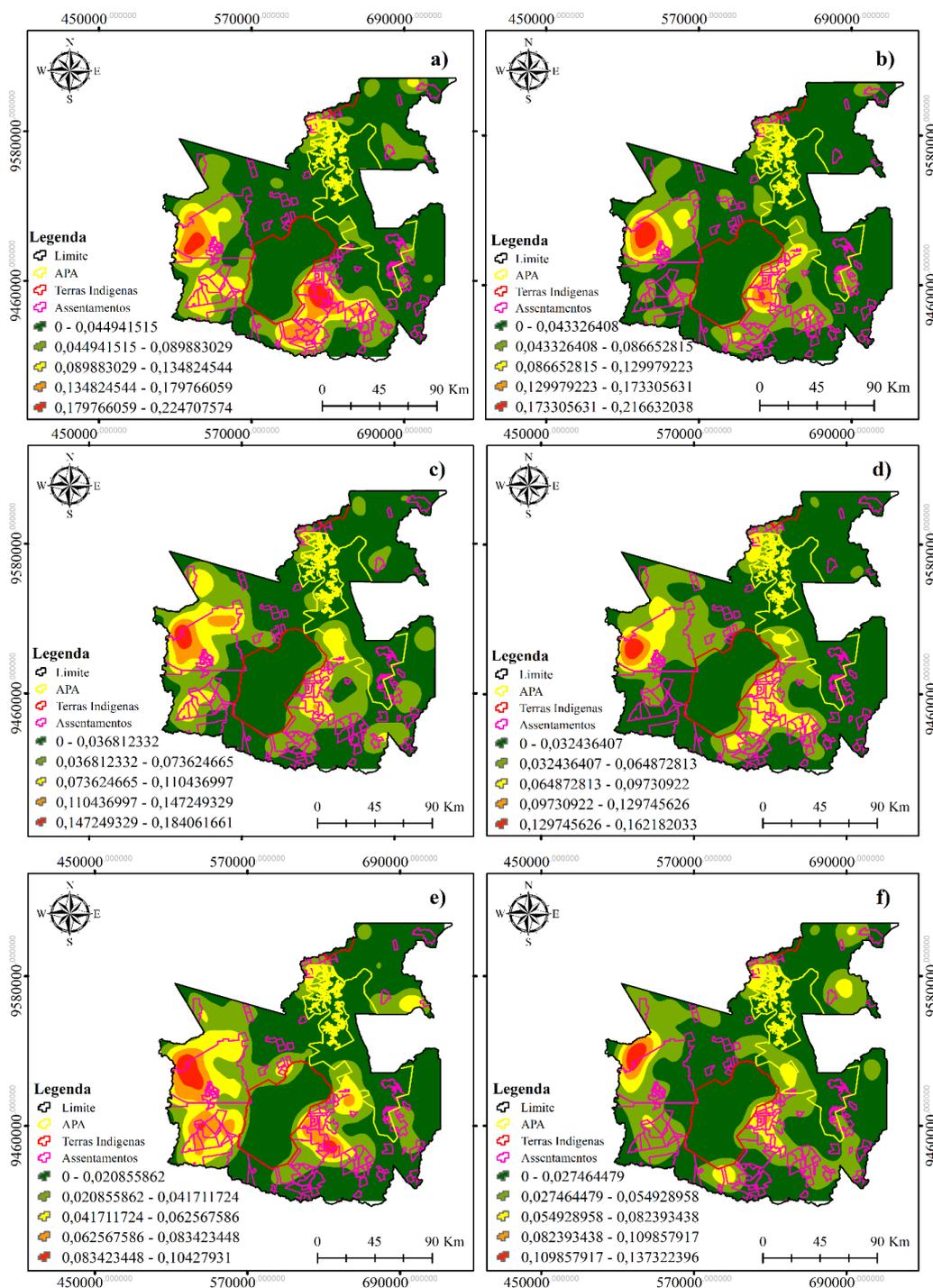
**Fonte:** Elaborado pelos autores a parti dos dados do BDQUEIMADAS (2021).

Após aplicação do estimador de intensidade de Kernel (Figura 6), pode-se observar que os padrões das zonas com maiores intensidades “zonas quentes” estão concentrados nos limites dos municípios de Novo Repartimento e Itupiranga, os demais estão em áreas de baixa intensidade “zonas frias”. Essa dinâmica das áreas na microrregião, pode estar ligado a economia e a forma de uso e ocupação da terra. A cidade de Novo Repartimento tem como maior atividade econômica a pecuária extensiva desde a década de 70, corroborando, Ribeiro & Lopes (2019), argumentam que a atividade da pecuária trouxe como consequência o desmatamento para essa área.

Rivero *et al.* (2009) concluiu em seu estudo que uma das atividades econômicas mais agressivas ao bioma amazônico é a pecuária, por ser alta a rentabilidade, tal fato fundamenta a dinâmica na região estudada ser tão evidente. Para Alves & Homma (2019), a queima na Amazônia é cultural, essa prática é comum pelos produtores de gado, os quais queimam a forragem, esperando o crescimento de novos brotos para alimentação dos animais. Vale ressaltar que a técnica de manejo com queima controlada tem sido mais usual pelos produtores nos sistemas agrícolas, porém em seu processo tendem a afetar principalmente o limite da zona ou bordas, causando assim a degradação da floresta (LATORRE *et al.*, 2017).

Outro fator que aumenta os processos de degradação da floresta, é o clima. Segundo Assis *et al.* (2014), em seus estudos evidenciou que há uma relação entre o clima, desmatamento e queimadas, destacando-se com maior frequência nas estações de secas entre setembro e dezembro. O boletim técnico do INMET (2018), afirma que houve déficit nos índices pluviométricos da região norte de dezembro de 2015 a 2016, afetado pelo evento *El Nino* de intensidade forte. Vale ressaltar que na Amazônia, os períodos com maiores estiagens são os mais propícios a incêndios florestais.

**FIGURA 6 - MAPA DE INTENSIDADE DE FOCOS DE QUEIMADAS NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**

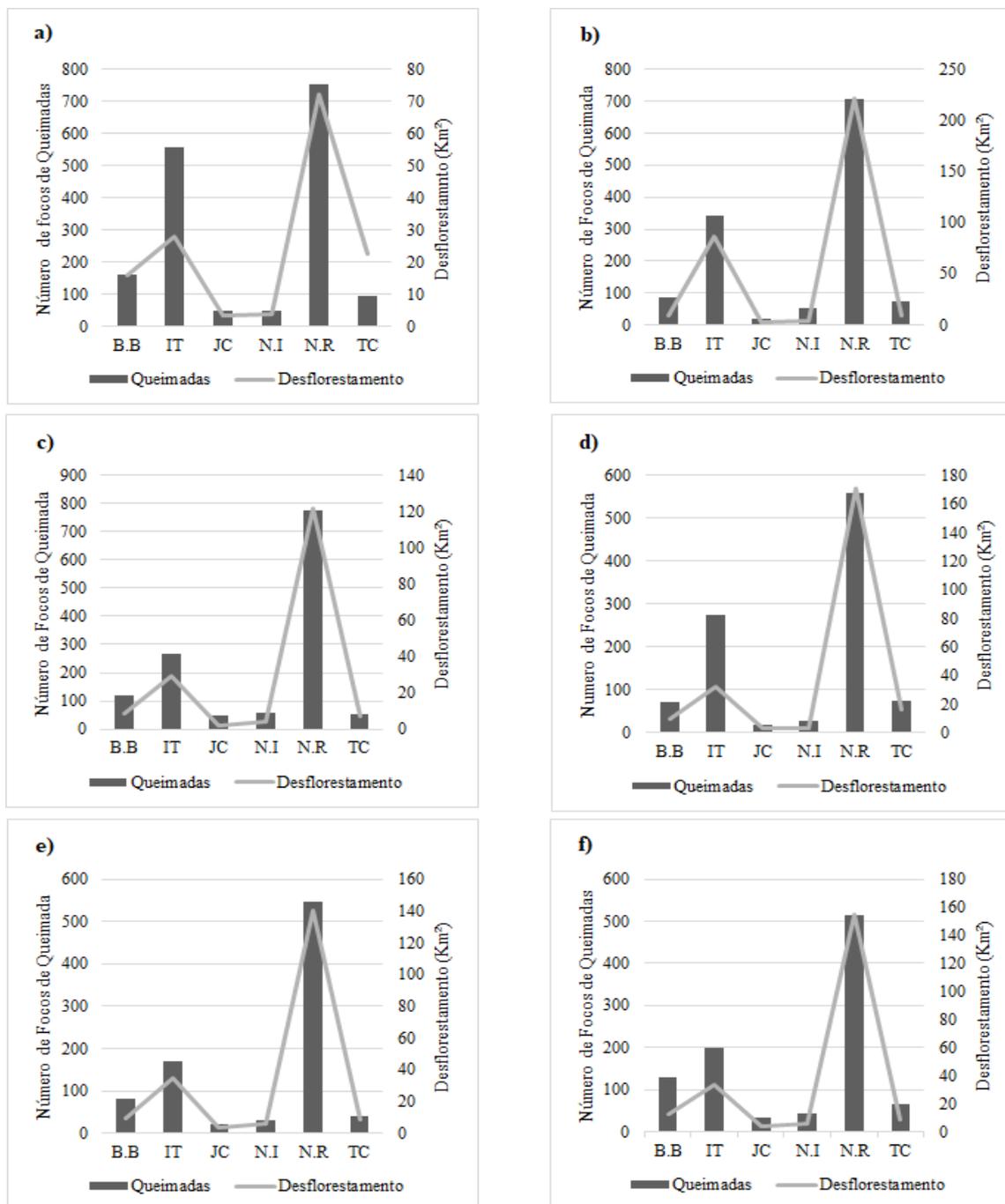


**Legenda:** a) 2015; b) 2016; c) 2017; d) 2018; e) 2019; f) 2020.

**Fonte:** Elaborado pelo Autor a parti dos dados do BDQUEIMADAS (2021).

Os valores analisados entre os seis municípios da microrregião de Tucuruí, admitem concluir que em duas das seis cidades, Novo Repartimento e Itupiranga (Figura 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f), há tendência de crescimento e diminuição. Destaca-se Novo Repartimento em 2016, com 222,04 km<sup>2</sup> de área desflorestada, que até o ano de 2020 apresenta tendência de crescimento, para queimadas os anos estudados o município consta com redução dos valores de 2015 a 2020. Já em Itupiranga em 2015 o número de queimadas chegou a 558, em 2020 apresentou 198 focos, uma redução de  $\pm 35\%$ , quanto ao desflorestamento a cidade apresenta crescimento  $\pm 19\%$ .

**FIGURA 7 - RELAÇÃO DOS NÚMEROS DE QUEIMADAS E VALORES DE DESFLORESTAMENTO NA MICRORREGIÃO DE TUCURUÍ.**



**Legenda:** a) 2015; b) 2016; c) 2017; d) 2018; e) 2019; f) 2020; B.B: Breu-Branco; IT: Itupiranga; JC: Jacundá; N.I: Nova Ipixuna; N.R: Novo Repartimento; TC: Tucuruí.

**Fonte:** Elaborado pelos autores a parti de dados do BDQUEIMADAS (2021); TERRABRASILIS (2021).

Para Dias *et al.* (2021), a dinâmica das queimadas e desflorestamento em regiões de sub-bacias, estão relacionadas ao fator econômico e a expansão desordenada da região. Vale destacar que Júnior *et al.* (2020) em seu estudo, notou que a variação constante de queimada na região de Carajás está fortemente ligada aos grandes projetos e a pecuária intensiva na região. Como consequência, a microrregião de Tucuruí, destacando Novo Repartimento e Itupiranga, são as cidades que mais apresentaram degradação da cobertura vegetal, como resultado da ocorrência frequente de áreas lixiviadas e erosão.

## CONCLUSÃO

Neste sentido, conclui-se que os maiores índices de queimadas e desflorestamento ocorreram nos anos de 2015, 2016 e 2017, e que dois entre os seis municípios estudados, Novo Repartimento e Itupiranga, tem contribuições significativas para esses aumentos.

Desse modo, destaca-se o uso das geotecnologias para a identificação e o monitoramento de áreas afetadas pelo uso intensivo do fogo e desflorestamento. Sendo perceptível que há uma relação entre os dois aspectos, geralmente, ocorrem de modo conjunto, primeiro a derrubada e posteriormente a queima.

Vale destacar também que as informações contidas são cruciais para complementar trabalhos de controle e prevenção para os órgãos ambientais competentes, dentro dos três poderes executivo, legislativo e jurídico. Recomenda-se que outros estudos sejam realizados nessa região, visto que a dinâmica econômica interfere diretamente nesses aspectos, seja sobre aspectos biológicos, físicos e socioeconômicos, podem valorar os estudos permitindo a comparação não só da dinâmica de queimadas e desflorestamento, mas de outros produtos da microrregião de Tucuruí.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIAS, I. M.; FONSECA, P. R. B.; BARBOSA, C. H.; SALES, M. C. G. Identificação dos Principais Impactos Ambientais Ocasionalmente Pelo Manejo da Pecuária no Município de Humaitá-AM. **Revista de Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.9, n.2, p.664-682, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e22020664-682

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. O Fogo na Agricultura da Amazonia. **Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p.34-40, 2020.

AMORIM, I. A.; MELLO, A. H.; HOMMA, A. K. O.; PONTES, A. N. Dinâmica do Desmatamento em Áreas de Assentamento de Reforma Agrária no Sudeste Paraense. **Revista Caminhos de Geografia**, v.21, n.78, p.21-35, 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG217851483>

ASSIS, F. R. V.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. E. R.; LIMA, J. R. Uso de Geotecnologias na Localização Espacial de Torres para Detecção de Incêndios Florestais no Semiárido Nordeste. **Floresta**, v.44, n.1, p.133-142, 2014.

BATISTÃO, M. D. C.; FLORES, E. F.; SILVA, J. F. C. Geocodificação de Acidentes Rodoviários para Identificação de Trechos Críticos com Estatística Espacial. **Anuário do Instituto de Geografia-UFRJ**, v.40, n.2, p.89-87, 2017. DOI: [https://doi.org/10.11137/2017\\_2\\_89\\_97](https://doi.org/10.11137/2017_2_89_97)

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <<http://portal.in.gov.br/>>. Acesso em 10 março de 2013.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S., **Análise Espacial de Eventos**. 2 ed. 2002. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/analise/cap1.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/analise/cap1.pdf)>. Acesso em: 16 de jun de 2021.

DA LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E.C.; DA PONTE, F. C.; DA SILVA, C. N. **Atlas Geográfico Escolar do Estado do Pará**. 1. ed. Belém: GAPTA/UFPA, 2013. 64p.

DE JESUS, A. G.; PARENTE, T. G.; CANÇADO, A. C.; GOMES, H. Práticas da Cultura da Queima nas Atividades Agropecuárias e Suas Implicações no Estado do Tocantins. **Revista de Políticas Públicas**, v.24, n.1, p.205-225, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2865.v24n1p205-225>

DIAS, L. B. A.; GARCIA, P. S.; PEREIRA, L. C.; JÚNIOR, A. P. Análise Multitemporal de Desflorestamento e Queimadas da sub-bacia do rio Itacaiúnas, Marabá-PA. **Research, Society and Development**, v.10, n.3, e34010313255, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13255>

DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Vgeo/Dados Aberto**. (2021). Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. Les types de climats annuels au Brésil: une application du classement de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Confins franco-brésilienne de géographie**, v.41, p.1-27, 2017. DOI: 10.4000/echogeo.15017

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A.; CORDEIRO, Y. E. M. Impacto dos Assentamentos Rurais no Desmatamento da Amazônia. **Mercator**, v.17, e17009, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17009>

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal**. (2021). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15774-malhas.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 12 jun. 2021.

INCRA-Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Certificação**. (2021). Disponível em: [https://certificacao.incra.gov.br/csv\\_shp/export\\_shp.py](https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py). Acesso em: 12 jun. 2021.

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. (2018). **Notas Técnicas Climatológicas**. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?=&page=notas\\_tecnicas&gt;](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?=&page=notas_tecnicas&gt;). Acessado em: 21 de jun. 2020.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Dados Aberto/BDQUEIMADAS**. (2021). Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 12 jun. 2021.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Dados Pontuais de Focos de Calor. Programa de Monitoramento de Focos**. (2017). Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do INPE. Perguntas Frequentes**. (2011). Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>. Acesso em: 12 jun. 2021.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento dos Focos Ativos por Estados**. (2021). Disponível em: [https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas\\_estados/](https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/). Acesso em: 21 de jun. 2021.

INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraBrasilis**. (2021). Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/amazon/increments>. Acesso em: 12 jun. 2021.

JÚNIOR, A. P.; PEREIRA, L. C.; DIAS, L. B. A.; GARCIA, P. S. Análise Multitemporal do Desmatamento Ocorrido Entre 2006 e 2017 no Sudeste do Pará. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v.8, n.2, p.84-102, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v8i2.38243>

JÚNIOR, G. B. M.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. Área do Piquete e Taxa de Lotação no Pastejo Rotacionado. **Comunicado Técnico**, ISSN 1517-1469, 2003.

JÚNIOR, G. B. M.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELOS, A. O. **Comunicado Técnico: Área do Piquete no Pastejo Rotativo**. (2003). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/569854>. Acesso em: 16 jun. 2021.

LATORRE, N. S.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; ANDERE, L.; DUARTE, V.; ARAI, E.; LIMA, A. Impacto de Queimadas Sobre Diferentes Tipos de Cobertura da Terra no Leste da Amazônia Legal Brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.69, n.1, p.179-192, 2017. ISSN 1808-0936

MACHADO, C. A. Desmatamentos e Queimadas na Região Norte do Estado do Tocantins. **Caminhos de Geografia**, v.13, n.43, p.217-229, 2012. ISSN 1678-6343

MEIRELLES FILHO, J. C. S. É Possível Superar a Herança da Ditadura Brasileira (1964-1985) e Controlar o Desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a Pecuária Bovina Prosseguir com Principal Vetor de Desmatamento. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, v.9, n.1, p.219-241, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1981-81222014000100014>

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Rev. Inst. Estud. Bras.**, n.66, p.108-129, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-901X.v0i66p108-129>

MMA-Ministério do Meio Ambiente. (2017). **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)**. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/acompanhamento-e-a-analise-de-impacto-das-politicas-publicas/ppcdam>. Acesso em: 21 de jun. 2021.

MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Dados Aberto/i3geo**. (2021). Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MORAIS, A. A., O uso da Estimativa de Kernel na Espacialização dos Eventos de Furtos, Roubo e Homicídio no Perímetro Urbano de Monte Carmelo – MG. **Monografia** de Bacharelado apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia da Universidade Federal de Uberlândia, 2015. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-9801-4184>

MOUTINHO, S. H. B. A Importância dos SIG na Análise Espacial das Vítimas de Queimaduras na Área Metropolitana do Porto de 2000 a 2013. **Dissertação** de Mestrado apresentado a Coordenação do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2019.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Influência do Sistema de Corte e Queima na Infiltração Condutividade Hidráulica do Solo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.23, p.1-9, 2017. DOI: 10.11606/rdg.v34i0.128859

RIBEIRO, M. D.; LOPES, C. J. O. Espaço e Planejamento Regional: Sucessão e Coexistência de Dinâmicas Territoriais Rurais no Município de Novo Repartimento-PA. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v.65, p.23, 2020. ISSN 1988-7833

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: Uma Análise das Principais Causas Diretas do Desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v.19, n.1, p.41-66, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>

SAMPAIO, S. M. N.; VENTURIERI, A.; WATRIN, O. S.; SILVA, B. N. R.; SILVA, L. G. T.; HOMMA, A. K. O.; CARVALHO, R. A. Evolução da Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área do Assentamento Rural no Sudeste Paraense: O Caso do Projeto de Assentamento Agraextrativista Praia Alta e Piranha. **Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2004.

SANTOS, R. M. S.; BEZERRA, S. A. S.; VIANA, Á. L.; NETO, N. F. A. L.; SILVA, J. R. C. Estudo do Desflorestamento e Qualidade Ambiental a Partir do Uso de Tecnologias em Sensoriamento Remoto. **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**, v. 1, Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. Cap.10, p.98-114. DOI: [10.22533/at.ed.543180210](https://doi.org/10.22533/at.ed.543180210)

SICAR-Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Consulta**. (2021). Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/consultar>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SILVA, A. H. C. V.; NUNES, F. G. Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas a Análise Pontuais com uma Contribuição à Cartografia de Zonas Sísmicas no Estado de Goiás. **Ateliê Geográfico**, v.10, n.2, p.128-142, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v10i2.36137>

TOSTES, J. O.; FRANCELINO, M. R.; JÚNIOR, J. F. O.; LYRA, G. B. A Dinâmica de Focos de Calor no Estado do Acre Entre os Anos de 2004 a 2010. **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**, v.1, Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. Cap.1, p.1-12. DOI: [10.22533/at.ed.543180210](https://doi.org/10.22533/at.ed.543180210)

VIANA, M. S., Estratégias de Logística Urbana a Serem Aplicadas nas Áreas Centrais e Históricas: Proposta Metodológica Baseada em Avaliação Multicritério em Ambiente Sig. **Dissertação** de Mestrado apresentado a Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal da Bahia, 2016.

VIANA, P. L.; GIL, A. S. B. Flora das Cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: *Cannabaceae*. **Revista Rodriguésia**, v.69, p.049-051, 2018. DOI: [10.1590/2175-7860201869105](https://doi.org/10.1590/2175-7860201869105)