

## ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA E FOCOS DE CALOR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACACOARI – AMAPÁ/BR

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.XI-010>

Rodrigo Williams da Silva Ribeiro, Elivania Agenor Ferreira, Mariano Araújo Bernardino da Rocha  
Universidade do Estado do Amapá (UEAP). rodrigowilliamribeiro.ueap@gmail.com

### RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo a análise da incidência de focos de calor em relação ao uso e cobertura da terra para os anos de 2015 e 2018 na bacia hidrográfica do rio Macacoari, Amapá/BR, para tanto utilizou-se do estimador de densidade Kernel e da contagem de ocorrência de focos de calor sobre as classes de uso e cobertura da terra, obtendo-se assim, que a Formação Campestre apresentou o maior registro de focos de calor em torno de 60% para os anos analisados e classes de Savana, Silvicultura e Plantio de soja apresentaram valores mais baixos em torno de 1%. A porção oeste da bacia hidrográfica marca uma maior tendência de registro de focos de calor, sendo a porção da bacia pertencente ao município de Macapá, foi constatado a redução de 20% da incidência de focos de calor entre os anos analisados. Pode haver relação desse alto registro de focos na Formação Campestre em associação com a preparação de terras para lavouras e pastagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, Focos de Calor, Cobertura da terra, Análise Kernel.

### INTRODUÇÃO

O monitoramento orbital de focos de calor possibilita a gestão ambiental em aspectos como: proteção de vidas e propriedades, gerenciamento dos recursos naturais, aumento da produtividade das empresas, vigilância ambiental e gestão da qualidade do meio ambiente do cidadão (SETZER; FERREIRA; MORELLI, 2021). Haja vista, atualmente, o processo de desenvolvimento da sociedade tem deixado profundas marcas no meio ambiente, ao que se refere a superfície terrestre, seu uso e ocupação sofrem constantes modificações tendo intensificado queimadas e incêndios florestais. Informações sobre o uso e cobertura da terra de extensas áreas como a amazônica são mais acessíveis por meio de monitoramento orbital (LEITE et al, 2012).

Na Amazônia, existe uma grande variabilidade de cobertura terrestre, que aliado a seus diferentes tipos de paisagens possibilitam a implementação de atividades econômicas diversas (CARARO; ZUFFO, 2021). Como exemplo dessas variações, tem-se a bacia hidrográfica do rio Macacoari, localizada na região sudeste do estado do Amapá, abrangendo partes dos municípios de Itaubal do Piririm e Macapá, sendo um afluente do rio Amazonas, esta bacia possui uma vegetação variada, tendo como dominância a herbácea nas áreas de planícies inundáveis. Destaca-se a vegetação de cerrado, apresentando-se de forma descontínua, interceptada pela floresta de terra firme, de várzea e igapós. A composição de cerrado presente nesta bacia, serve como ecótono entre as áreas de várzea e as florestas, propiciam a agricultura que ainda é praticada de forma itinerante na maioria das propriedades familiares, utilizando o sistema tradicional de desmatamento e queima (CAMPANHA; GUIMARÃES; BOMFIM, 2010), que consequentemente pode contribuir para a incidência de focos de calor na bacia hidrográfica. Os focos de calor no Brasil são monitorados de maneira sistemática pelo programa BDQueimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através da análise de imagens de diferentes satélites (séries NOAA, GOES, AQUA, TERRA e METEOSAT) que rastreiam a superfície terrestre diariamente ou várias vezes por dia. Conceituados, como qualquer temperatura registrada acima de 47°C, um foco de calor não é necessariamente um foco de fogo ou incêndio, e se difere de queimada e incêndio florestal.

Na bacia do rio Macacoari, em anos recentes, as maiores incidências de focos de calor foram registradas nos anos de 2015 e 2018, dessa forma, estes foram os anos selecionados para que seja percebida uma relação entre uso e cobertura da terra e concentração de focos de calor nesta região.

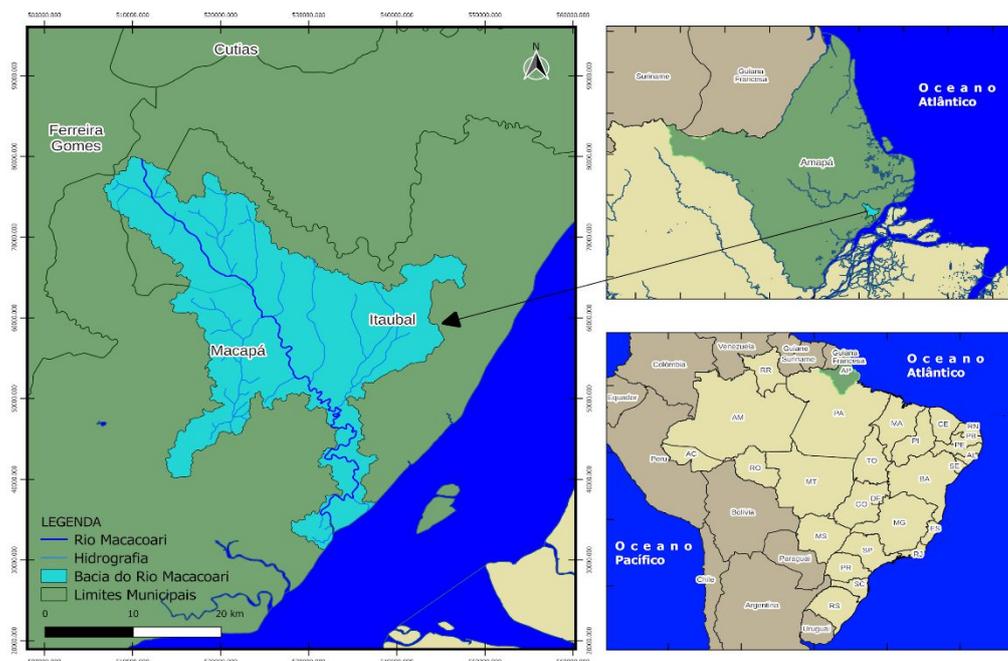
### OBJETIVOS

Analisar a incidência de focos de calor em relação ao uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Macacoari, Amapá/BR.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A bacia do rio Macacoari está situada na macrorregião hidrográfica amazônica, entre as coordenadas geográficas 0° 30'05" de longitude norte e 50° 45' de latitude leste, tendo este rio como divisor dos limites dos municípios de Itaúbal do Pírim e Macapá, sendo um afluente do rio Amazonas (Figura 1).



**Figura 1: Localização da Bacia do Rio Macacoari. Sistema de Referência Projetado: Datum: SIRGAS 2000/ UTM zone 22N. Dados vetoriais do IBGE. Fonte: Autor do trabalho.**

Apesar de existir uma característica preservacionista da região, a dinâmica do uso e ocupação das terras vem sofrendo modificações, o uso de suas terras, na maioria, é voltado às monoculturas de soja e eucalipto (HAUBER, 2019), as principais fontes de economia são a agricultura e a pecuária com culturas diversificadas. A pecuária se baseia em rebanhos bubalinos, bovinos, equinos e ovinos. O extrativismo vegetal está voltado para a extração de madeira, sendo as principais espécies: andiroba (*Carapa guianensis*), pau mulato (*Calycophyllum spruceanum*), cedro (*Cedrela fissilis*) e virola (*Virola surinamensis*). Grande parte dessa madeira é comercializada em toras, sendo residual o beneficiamento nas serrarias localizadas na região, e a pesca artesanal tem papel fundamental para alimentar a população do município.

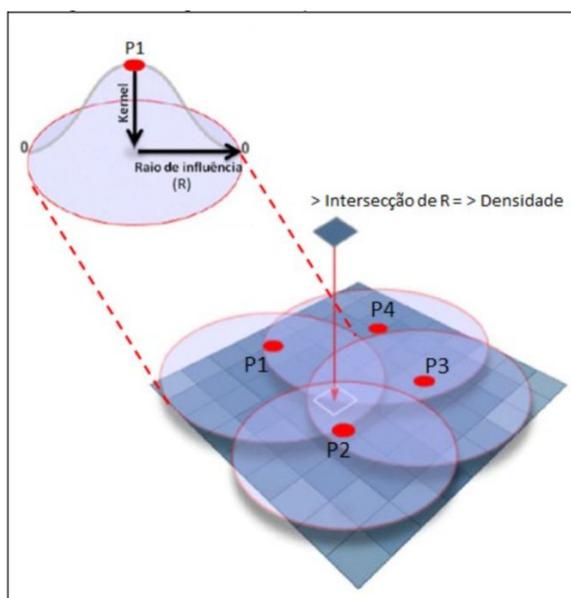
A economia de Itaúbal, onde está presente a bacia hidrográfica do rio Macacoari, baseia-se na agricultura de subsistência, embora já haja alguns agricultores que pratiquem a fruticultura da banana e melancia a nível comercial nas comunidades de Curicaca e Periferia de Itaúbal. A pecuária se baseia na bubalinocultura e na bovinocultura no sistema extensivo, a pesca artesanal e o extrativismo da madeira, açaí (*Euterpe oleracea*) e bacaba (*Oenocarpus bacaba*) também se fazem presentes (IBGE, 2017).

O shapefile da bacia do rio Macacoari foi obtido do site do IBGE Mapas, o arquivo foi encontrado inserido num arquivo maior onde constavam todas as bacias de nível 5 do Brasil, de onde a bacia do Rio Macacoari foi recortada. Os dados de focos de calor foram coletados do site BDQueimadas do INPE, que reúne dados de focos de calor, áreas desmatadas e monitoramento em tempo real das áreas desmatadas do Brasil inteiro, os dados foram baixados no Datum WGS 84 e mostravam focos de todo o país, em seguida o dado shapefile foi recortado para a área de interesse, o dado foi exportado e salvo no Datum SIRGAS 2000/ UTM zone 22N, EPSG: 31976, Sistema de Coordenadas Projetado utilizado no projeto, no qual foram realizados todos os cálculos.

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do projeto MAPBIOMAS, reunindo dados na resolução espacial de 30m relativa aos sensores orbitais da série Landsat, onde foram utilizados os dados matriciais disponíveis para os anos de 2015 e 2018. Estes dados foram convertidos em formato vetorial shapefile e para o sistema de referência cartográfica do

projeto EPSG: 31976. O software utilizado para todas as análises da pesquisa foi o QGIS Desktop (Versão 3.22.4), onde foram realizados os cálculos, as conversões e a geração dos mapas.

Em seguida foram elaborados os mapas de calor para a bacia em estudo nos referidos anos analisados, de acordo com a metodologia de Rizzatti *et al* (2020): a densidade de Kernel consiste em quantificar as relações dos pontos dentro de um raio de influência, analisando os traçados por determinado conjunto de dados pontuais, estimando sua densidade na área de interesse (Figura 2). O estimador de densidade Kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto de amostra, correspondente ao raio de influência R (conjunto de raio menor e raio maior) que determina os pontos de influência, para esta pesquisa foi utilizado o raio maior.



**Figura 2: Princípio de estimativa da densidade de Kernel. Fonte: Rizzatti et al (2020).**

A função de estimativa K, que trata das propriedades das funções do fenômeno, proporciona uma suavização das probabilidades, a partir de um histograma suavizado. Esses fenômenos podem ser expressos pela equação 1.

$$\hat{\lambda}_R(P) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R^2} k\left(\frac{P-P_i}{R}\right) \quad \text{equação (1)}$$

Onde  $k$  é uma função Kernel bivariada e simétrica (função de estimação),  $R > 0$  é o raio de influência, centrado em  $P$  (representa localizações quaisquer) dos  $n$  eventos observados, em que os  $P_i$  contribuirão significativamente para  $\hat{\lambda}_R(P)$  (KAWAMOTO, 2012; RIZZATI *et al*, 2020).

Para que se pudesse definir o raio maior que constitui o raio de influência R dos anos de 2015 e 2018, em primeiro lugar foi necessário calcular as médias das distâncias entre os pontos de calor distribuídas na área da bacia hidrográfica. Para isso foi usada a função Matriz de Distâncias, que gerou um *layer*, no qual, em sua tabela de atributos, constava todas as médias entre os diferentes pontos de calor da área de estudo. Em seguida, foi usada a ferramenta Campo para Estatística Básica, para se obter a média total (MEAN) entre todas as médias das distâncias obtidas através da Matriz de Distâncias e a média do Desvio Padrão (STDDEV) das mesmas distâncias. Dessa forma o raio maior ( $Rm$ ) foi obtido através da equação (2).

$$RM = MEAN + STDDEV \quad \text{equação (2)}$$

O raio maior serviu para a formação do raio de influência (R) em metros da ferramenta Mapa de Calor (Estimativa de Densidade Kernel), onde foi usado o valor obtido para raio maior com tamanho de pixel no valor de 30m para x e y, correspondendo assim a tamanho do pixel dos dados do MAPBIOMAS. Gerado o mapa de densidade Kernel, as cores frias (azul) representam menores densidades de pontos de calor e cores quentes (vermelho) para maiores densidades, assim, as classificações para densidade de focos de calor variaram de: Baixo (azul), Médio-Baixo, Médio, Médio-Alto (vermelho). Para a função de estimativa Kernel, foi utilizado modo Quartil que pondera com maior peso os pontos mais próximos do que pontos distantes, mas o decrescimento é gradual para ambos os anos (RIZZATTI *et al*, 2020). Finalmente, para análise da área de cada tipo de uso e cobertura da terra em relação a quantidade de focos de calor foi utilizada a ferramenta de Contagem de pontos em polígonos obtendo-se a quantidade de focos de calor por classe de uso e cobertura da terra.

## RESULTADOS

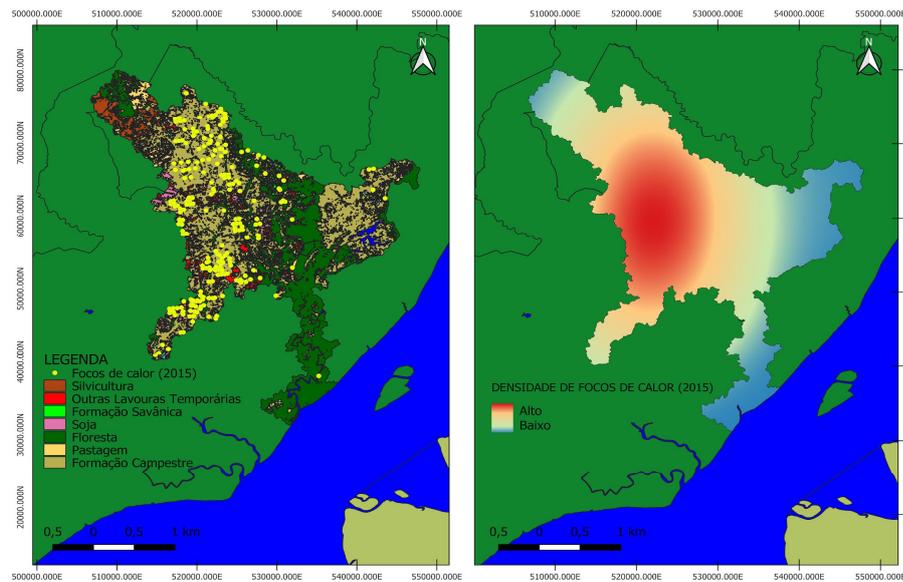
Em relação aos focos de calor, se percebeu que houve uma diminuição de 20% do ano de 2015, com 250 focos, para 2018 que apresentou 200 focos. A grande maioria desses focos se encontram em áreas de Formação Campestre (FC), no ano de 2015, a FC acumulou 162 dos 250 focos de calor na área da bacia, cerca de 64,80% do total de focos e no ano de 2018 a FC acumulou 120 dos 200 focos registrados, cerca de 60% (Tabela 1).

**Tabela 1: Focos de calor por uso e cobertura da terra para os anos de 2015 e 2018. Fonte: O autor do trabalho.**

USO E COBERTURA DA TERRA	ANO DE 2015		ANO DE 2018	
	Focos	%	Focos	%
Formação Campestre	162	64,8%	120	60,0%
Formação Florestal	18	7,2%	18	9,0%
Campos Alagados e Pântanos	19	7,6%	10	5,0%
Savana	4	1,6%	5	2,5%
Silvicultura	2	1,0%	0	0,0%
Plantio De Soja	4	1,6%	1	0,5%
Pastagem	21	8,4%	35	17,5%
Outras Lavouras	20	8,0%	11	5,5%
Total	250	100,0%	200	100,0%

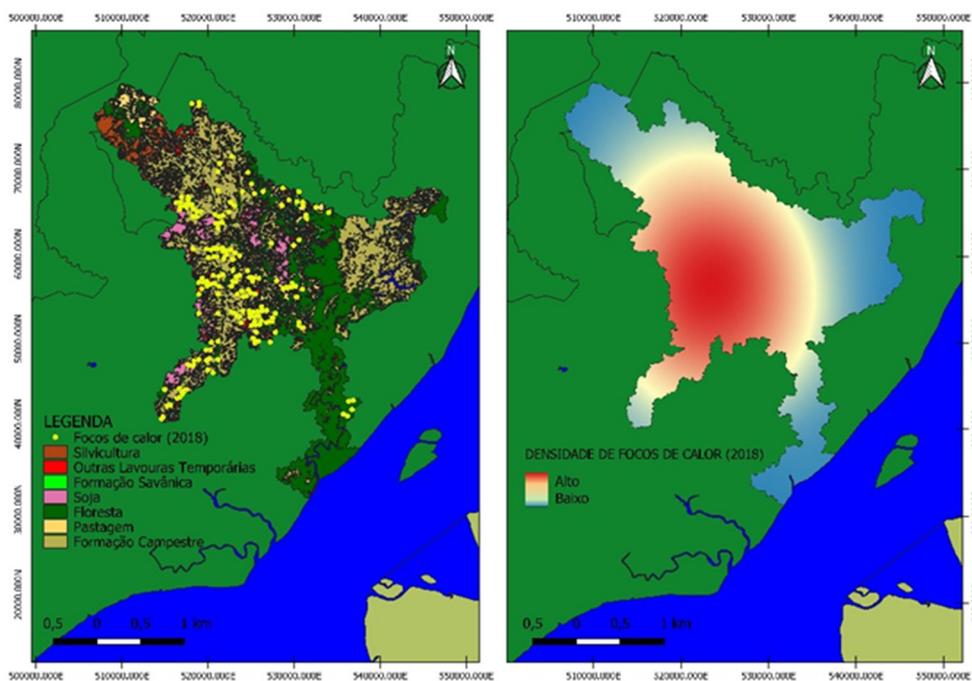
Pela visualização da tabela 1 percebe-se três grupos de dados: i) um com os valores mais baixos de registros de foco de calor (Savana, Silvicultura e Plantio de soja); ii) outro com valores intermediários de concentração de focos de calor (Formação Florestal, Campos alagados/pântanos, Pastagem e Outras lavouras) e; iii) a FC com registro em torno de 60% dos focos. Sendo assim, fica evidente que o primeiro e segundo grupo demonstram não haver discrepância na concentração de focos de calor nas áreas naturais (Formação florestal, campos alagados/pântanos e savana) e de atividades antrópicas (Silvicultura, soja, pastagem e outras lavouras), apontando para uma aleatoriedade e grande mistura de focos de calor que podem resultar em queimadas provocadas ou naturais. E que a FC além de sua tendência natural a queimadas pode estar tendo suas áreas preparadas para outros usos.

Pesquisas como a de Yokomizo e Costa (2016) apontam que na região o uso de terras, mesmo que incipiente se faz presente em áreas de savana e de pastagem, existem 130 mil hectares ocupados por atividades de agricultura familiar, sendo que 16,9% eram destinados a pastagens, 49,7% contêm florestas e 28,3% são ocupadas por lavouras. A visualização da distribuição espacial dos focos de calor no ano de 2015 pelas classes de uso e cobertura da terra bem como sua tendência de concentração na porção oeste da bacia hidrográfica podem ser observadas na figura 3.



**Figura 3:** À esquerda - Distribuição dos focos de calor em relação ao uso e cobertura da terra (2015). À Direita - Análise Kernel dos focos de calor (2015). Sistema de Referência Projetado: Datum SIRGAS 2000/ UTM zone 22N. Dados vetoriais e matriciais do IBGE, INPE e MapBiomias. Fonte: O autor do trabalho.

Aparentemente a implementação de programas de assentamento na região, juntamente com projetos ligados a instituições como INCRA e EMBRAPA, a exemplo do projeto ASEAM (Produção Sustentável e Serviços Ecológicos na Amazônia) que buscam aumentar o desenvolvimento, e conseqüentemente modificar a dinâmica do uso e cobertura da terra, em 2018 não demonstrou impacto significativo na relação entre os focos de calor e o uso e cobertura da terra. A visualização da distribuição espacial dos focos de calor no ano de 2018 pelas classes de uso e cobertura da terra bem como sua tendência de concentração na porção oeste da bacia hidrográfica podem ser observadas na figura 4.



**Figura 4:** À esquerda - Distribuição dos focos de calor em relação ao uso e cobertura da terra (2018). À Direita - Análise Kernel dos focos de calor (2018). Sistema de Referência Projetado: Datum SIRGAS 2000/ UTM zone 22N. Dados vetoriais e matriciais do IBGE, INPE e MapBiomias. Fonte: Os autores.

Percebe-se a necessidade de se estabelecer na região medidas que invistam em atividades agrícolas e extrativistas ecológicas, por meio da articulação entre a diversidade sociocultural e ambiental existente nas áreas rurais, visto que a agricultura familiar é predominante, o que significa que boa parte do uso de terras são direcionadas ao sustento da própria comunidade, e também determinantes no manejo das áreas da bacia hidrográficas, além de ser um forte indicio de fatores de influência direta nas ocorrências de focos de calor, pois com a falta de implementação de técnicas inovadoras de manejo de solo, as famílias utilizam ainda a técnica de queima para eliminar restos de cultura e de exploração florestal, renovar pastos e para eliminar pragas e doenças na agropecuária.

A diminuição dos números de focos de calor em 2018 na área de estudo, pode estar relativamente ligada ao fato que em 2015, o estado do Amapá, de forma geral, registou um elevado índice de focos de calor, chegando a identificar 183 focos de calor no intervalo de 48h em regiões de floresta (ALVES, 2015), fazendo com que se tenha a errônea percepção de diminuição, pois o ano de 2015 que parece ter sido atípico, sendo um pico nos registros de focos. Além disso, a suscetibilidade das florestas Amazônicas aos incêndios florestais, assim como também a distribuição espacial e temporal dos incêndios, está diretamente associada a secas intensas ocasionadas por aumentos atípicos na temperatura, propiciando o aumento de focos de calor que podem aumentar seus números com a ocorrência de fenômenos climáticos como o El Niño (SILVA *et al*, 2018).

A queima espontânea de vegetação deve ocorrer, pois quase sempre percebido como inimigo, o fogo é, no entanto, indispensável para preservação de ecossistemas como das savanas, o exemplo clássico de supressão de incêndios florestais foi o caso do Parque de Yellowstone, nos EUA, onde se combatia qualquer foco de incêndio durante anos até culminar no grande incêndio de 1988, onde o Parque passou por três meses queimando para então observar o renascimento de sua flora ainda mais exuberante. As lições obtidas deste caso demonstram a importância do manejo do fogo e o cuidado com a proibição e combate deste para que não haja incêndios descontrolados (ARANTES, 2017).

## CONCLUSÃO

Não divergente do estado do Amapá, a bacia hidrográfica do Rio Macacoari ainda preserva mais de 60% da sua área. Quando comparados os dados de uso e cobertura da terra com os focos de calor, é notório que a concentração de focos na bacia hidrográfica está nas áreas de formação campestre, a densidade de focos de calor é considerada alta, especificamente na área oeste da bacia, em proximidades de áreas de pastagem e de presença de lavouras diversas, áreas essas suscetíveis a sofrerem queimadas, principalmente pelo fato de serem normalmente direcionadas para uso de bovinocultura e queimadas seletivas com o objetivo de preparar o solo para uso. Foi constatada a diminuição de 20% na presença de focos na bacia hidrográfica entre os anos de 2015 e 2018, entretanto a formação campestre se manteve com os 60% dos registros de focos em relação ao uso e cobertura das terras da bacia. Pode haver relação desse alto registro na formação campestre em associação com a preparação de terras para lavouras e pastagem, contudo, isto pode ser verificado em trabalhos futuros com a percepção da dinâmica de uso e cobertura da terra da bacia demonstrando as alterações espaço-temporais nas mudanças das classes de uso e cobertura da terra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, J. Amapá registra mais de 180 focos de incêndio em 48h, diz IEPA. **Globo/G1**, Amapá, 17 de set de 2015. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2015/09/amapa-registra-mais-de-180-focos-de-incendio-em-48h-diz-iepa.html>>. Acesso em: 29 de jun. de 2022.
2. ARANTES, J. T. Fogo amigo no Cerrado. **Conexão Planeta**, 2017. Disponível em: <<https://conexoplaneta.com.br/blog/fogo-amigo-no-cerrado/#fechar>>. Acesso em: 29 de jul. de 2022.
3. CAMPANHA, M.M., GUIMARÃES, V.P., BOMFIM, M.A.D. Sistema Agrossilvipastoril caprinos e ovinos: reunião técnica. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Documents (INFOTECA-E)**, 2010.
4. CARARO, D. C., ZUFFO, C. E. Manejo e uso da água na Amazônia Ocidental. In: SILVA, L. M. et al. (ed.) **Solos da Amazônia Ocidental: base da sustentabilidade agrícola e ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 6, p. 113-130.
5. HAUBER, A. L. **A dinâmica da paisagem no estado do Amapá: análise socioambiental para o eixo de influência das rodovias BR-156 e BR210**, 2019.
6. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pecuária no município de Itauba. 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/itauba/pesquisa/24/0>>. Acesso em: 13 de junho de 2022.

7. KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidente de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro-SP.** 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu: Botucatu, SP, 2012.
8. LEITE, E. F., ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, pág. 90-106, 2012.
9. RIZZATTI, M. et al. Mapeamento da Covid-19 por meio da densidade de Kernel. **Metodologia e aprendizado**, v. 3, p. 44-53, maio 2020. ISSN 2674-9009.
10. SILVA, S. S. D. A., et al. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Ecologia Florestal e Gestão**, v. 424, p. 312-322, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271830080X>>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>.
11. SETZER, A. W., FERREIRA, N. J., MORELLI, F. O programa queimadas do Inpe. In: SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. (org.) **Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital.** São Paulo: Oficina de Texto, 2021. Cap. 1, p. 9-21.
12. YOKOMIZO, G. K. I., COSTA, L. N. O uso do cerrado amapaense e os recursos vegetais. **Desenvolvimento Regional em debate**, v. 6, n. 3, p. 164-177, 2016.