



## ANÁLISE DE RISCO DE INFLAMABILIDADE NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA ARIE MATA DE SANTA GENEBRA NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS/S.P

Fabricio Camillo Sperandio<sup>1</sup>

Raissa Caroline Gomes<sup>2</sup>

Leticia Lima<sup>3</sup>

Marcela Pereira Alferes<sup>4</sup>

Regina Marcia Longo<sup>5</sup>

Bruna Angela Branchi<sup>6</sup>

### Mudanças Climáticas

#### Resumo

As mudanças climáticas e o aumento na temperatura global têm gerado preocupações em todo o mundo. As ocorrências de incêndios são frequentemente analisadas e fatores climáticos regionais como o tempo, a quantidade de precipitação e as mudanças na temperatura se encontram com um histórico do manejo da terra e as frequências do incêndio com a fragmentação das áreas naturais. Os incêndios em áreas naturais são um risco para preservação da biodiversidade como também, para a manutenção da quantidade e qualidade da água das nascentes. Esta pesquisa foi realizada na ARIE (Área de Relevante Interesse Ecológico) Mata de Santa Genebra, que é uma Unidade de Conservação (UC) federal, cuja gestão é compartilhada entre o Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e a Fundação José Pedro de Oliveira, ligada à Prefeitura de Campinas. O objetivo desta pesquisa foi de realizar e de descrever como realizar uma análise de risco de inflamabilidade em áreas naturais próximas a grandes centros urbanos e áreas de culturas agrícolas, para proteger a biodiversidade e suas nascentes que estão ali inseridas. Com isso, foi feita uma pesquisa aplicada, onde foram pesquisados e selecionados os critérios específicos para a aplicação de uma análise do risco de inflamabilidade local para proteger os recursos ambientais dentro desta unidade de conservação. Este trabalho gerou mapas da zona de amortecimento que podem auxiliar na concentração de esforços para a prevenção de incêndios.

**Palavras-chave:** Áreas naturais; Governança do solo; Conservação.

---

<sup>1</sup>Pós-doutorando em Sustentabilidade pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, fab.ca@puccampinas.edu.br

<sup>2</sup>Pós-doutoranda em Sustentabilidade dos Sistemas de Infraestrutura Urbana pelo Programa de Pós Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, raissa.cgt@hotmail.com

<sup>3</sup>Aluna de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, leticialima2@gmail.com

<sup>4</sup>Aluna de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, marcelaalferes11@gmail.com

<sup>5</sup>Profª. Drª. do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, regina.longo@puc-campinas.edu.br

<sup>6</sup>Profª. Drª do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade - PUCAMP, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, bruna.branchi@puc-campinas.edu.br



## INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são constantemente ameaçadas por incêndios e isso impacta negativamente a sua biodiversidade e o seu valor ecológico, e as pesquisas sobre incêndios não são suficientes para as atuais demandas e ocorrências. As florestas tropicais são vulneráveis porque nelas, a grande maioria de suas espécies não tem a capacidade de se adaptar ao fogo (JUÁREZ-OROZCO et al. 2017).

Nas florestas tropicais como as encontradas aqui no Brasil, as atividades humanas como a agricultura e pecuária são as principais causas diretas dos incêndios em áreas naturais. A extração de madeira impacta ainda mais esse ecossistema, aumentando o número de incêndios e modificando as condições microclimáticas de uma região (SPERANDIO, 2021).

Gomes (2021), argumenta que ocorre hoje em dia a necessidade de conservação e manutenção das condições quantitativas e qualitativas da disponibilidade de água no planeta. Nas unidades de conservação, o monitoramento gera informações para que seja efetivado o manejo das áreas, subsidiando a definição e adoção de políticas e modelos de gestão.

A área de estudo é a ARIE Mata de Santa Genebra em Campinas no estado de São Paulo, que possui no seu interior 3 nascentes e guarda fitofisionomias de Cerrado e remanescentes de Mata Atlântica, sendo objeto de interesse para pesquisas pela sua grande biodiversidade.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consiste em aplicar e disponibilizar uma metodologia estruturada e de fácil replicabilidade para se realizar uma análise de risco de inflamabilidade na zona de amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra, mas podendo ser aplicada em outras unidades de conservação e áreas de grandes interesses preservacionistas.

Busca-se uma maior proteção para as unidades de conservação principalmente nas suas zonas de amortecimento, pois, nessa região ocorrem as maiores pressões para a conservação, preservação e manutenção de uma unidade de conservação (SPERANDIO, 2021).

### Realização



Os mapas gerados para a análise do risco de inflamabilidade forneceram uma constatação visual das áreas com maiores riscos a esta unidade de conservação. Este tipo de análise se torna fundamental nas medidas de prevenção de incêndios em áreas naturais.

## METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa aplicada, foram descritos os procedimentos para as coletas de dados e os conceitos de modelagem utilizados, com isso, foi demonstrada a sequência específica para a caracterização e aplicação de uma análise do risco de inflamabilidade na zona de amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra.

A ARIE Mata de Santa Genebra está situada no município de Campinas/S.P, e coordenadas (22°49'45"S e 47°06'33"W), com uma altitude média de 670 metros, localizada no distrito de Barão Geraldo, e faz divisa com o Município de Paulínia (BRAZ; DA SILVA; LONGO, 2021).

Na ARIE Mata de Santa Genebra, a sua zona de amortecimento (Figura 1), totaliza 1.543 há, dos quais 1.426 há se encontram no município de Campinas e 117 há, no município de Paulínia (AQUINO; APRIGIO, 2018).

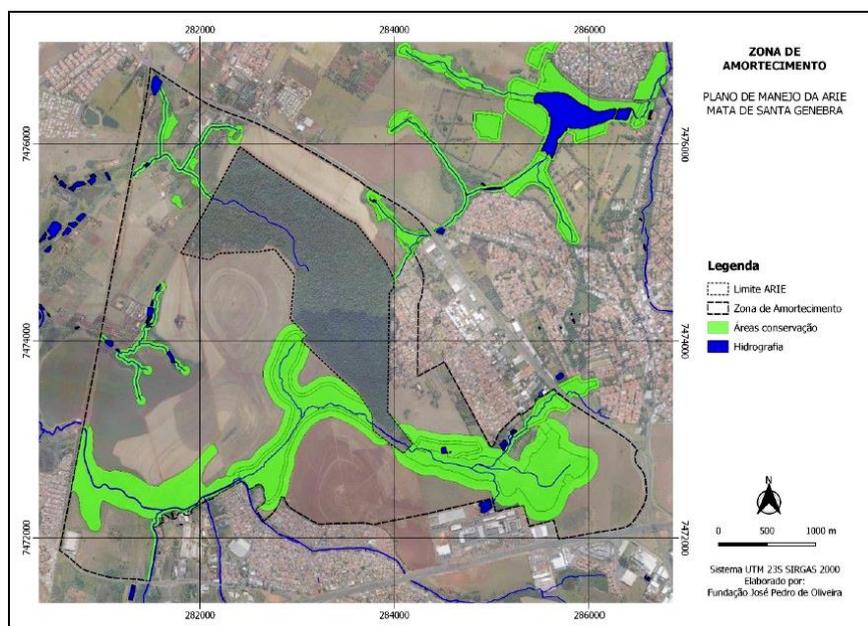


Figura 1 - Zona de amortecimento da Mata de Santa Genebra. Fonte: Brasil, (2021).

Realização



Para esta metodologia, foi utilizado os cenários de uso e ocupação do solo já existente da ARIE Mata de Santa Genebra, onde foi disponibilizada para ser utilizada e adaptada para esta pesquisa.

Na sequência, foram levantados os dados utilizados para as classes, seus coeficientes de contribuição e distribuindo seus pesos a partir de sua importância para os riscos de incêndios.

A obtenção dos dados de precipitação pluviométrica média anual e da altitude foram retirados do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE), onde esta fonte foi retirada sobre o prefixo D4-047, bairro de Barão Geraldo, com uma contagem histórica de 1958 a 2022.

Para os dados da deficiência hídrica anual e temperatura média do ar, foi utilizado o banco de dados climatológicos do Brasil, disponível no site da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), na área de monitoramento por satélite.

A caracterização topográfica da orientação do relevo, e do mapeamento da declividade compuseram o complemento dos dados para a confecção do mapa de risco de inflamabilidade da área e estão disponíveis no site da Embrapa (Brasil em Relevo).

Para a confecção do mapa final de risco de inflamabilidade os dados foram submetidos a rotina computacional, e foi utilizado o Software ArcGIS®, no módulo ArcMAP e o comando *raster calculator*.

Para o mapa de risco de inflamabilidade foi utilizada a distribuição de todos os coeficientes e, posteriormente dos pesos de cada fator ambiental para a confecção do mapa na zona de amortecimento.

A configuração dos pesos foi definida a partir da importância de cada fator, sendo obtida em levantamentos bibliográficos e em debates com uma equipe multidisciplinar (CALDAS, 2015).

Refere-se à distribuição espacial das classes e de cada fator, isso basicamente significa o arranjo espacial específico dos diferentes tipos de coeficientes de contribuição aqui colocados (TABELA 1).

Realização



Tabela 1 - Classes, Coe. de contribuição e Pesos dos fatores para o risco de inflamabilidade

<b>Uso de solo</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
Pastagem	3	20
Cerrado e Campo sujo	3	
Floresta	3	
Cultura temporária	2	
Área urbana	1	
Área urbano-industrial	1	
Corpo d'água	1	
<b>Declividade (%)</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
0 - 3	1	15
3 - 8	1	
8 - 20	2	
20 - 45	2	
45 - 75	3	
> 75	3	
<b>Deficiência hídrica anual (mm)</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
< 104	1	12
104 - 115	2	
> 115	3	
<b>Média de precipitação pluviométrica anual (mm)</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
< 1480	3	10
1480 - 1492	2	
> 1492	1	
<b>Altitude (m)</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
565 - 600	2	9
600 - 700	2	
700 - 800	3	
800 - 900	1	
900 - 1000	1	
<b>Temperatura média anual do ar (°C)</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
< 21,5	1	8
21,5 - 22	2	
> 22	3	
<b>Orientação do relevo</b>		
<b>Classes</b>	<b>Coefficientes de contribuição</b>	<b>Peso do fator</b>
Sul	1	5
Sudeste	1	
Sudoeste	1	
Leste	2	
Oeste	2	
Norte	3	
Nordeste	3	
Noroeste	3	

Realização



Utilizando o modelo matemático de Chuvieco e Congalton (1989), adaptado por Caldas (2015), realizou-se a modelagem matemática, onde, atribuindo os coeficientes de contribuição e os pesos para cada item, pode-se fazer pelo comando *raster calculator* no ArcGis® o mapa de risco de incêndio na zona de amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra, e foi realizada a partir da seguinte equação:

$$\text{IRI} = 20\text{US} + 15\text{D} + 12\text{DHA} + 10\text{PV} + 9\text{A} + 8\text{TMA} + 5\text{OR}$$

“Em que, IRI = índice de risco de incêndio; US = uso do solo; D = declividade; DHA = deficiência hídrica anual; PV = precipitação pluviométrica; A = altitude; TMA = temperatura média do ar e OR = orientação do relevo” (CALDAS, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise do mapa de uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra foi possível dar a continuidade e expor os resultados do método aplicado para a análise de risco de inflamabilidade.

Estas combinações de informações também permitem explorar estatisticamente as associações da zona de amortecimento em causar pressões e danos ambientais para a unidade de conservação, bem como, distinguir quais parcelas do entorno estão causando estes danos e pressões em relação ao seu uso e ocupação (FIGURA 2).

Realização

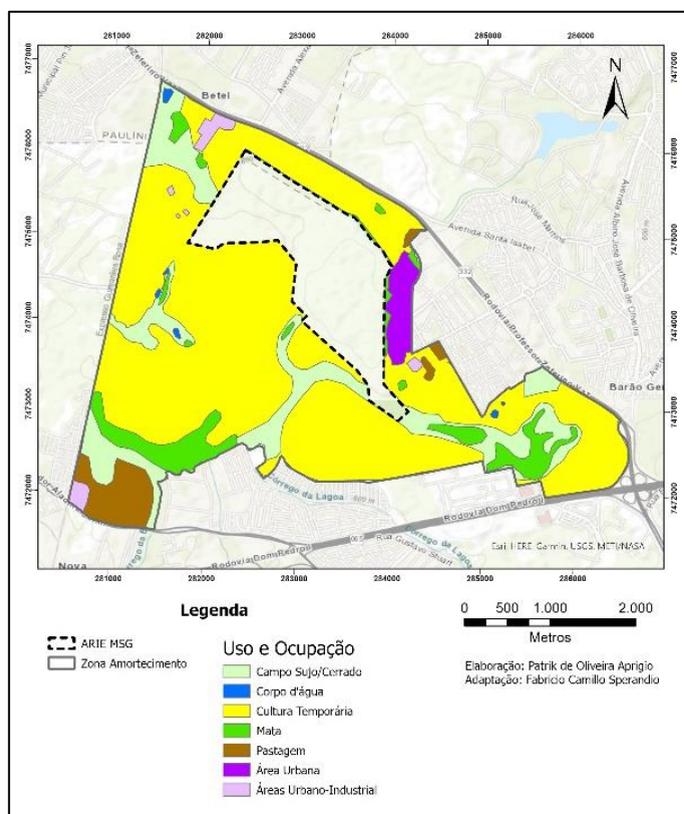


Figura 2 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo na Z.A da ARIE Mata de Santa Genebra.  
Fonte: Adaptado de (AQUINO; APRIGIO, 2018).

As unidades de conservação se apresentam como um refúgio para a conservação da fauna e da flora. Dessa forma, nas zonas de amortecimento ocorrem as maiores pressões para a conservação e manutenção de uma unidade de conservação, pois nela acarreta o uso da terra com poucas restrições (SPERANDIO, 2021).

Com a sequência definida e seguindo a metodologia desta pesquisa, foram gerados os mapas da orientação do relevo e o mapa de declividade (Figura 3 e 4), que compuseram os dados para a confecção do mapa de risco de inflamabilidade.

#### Realização

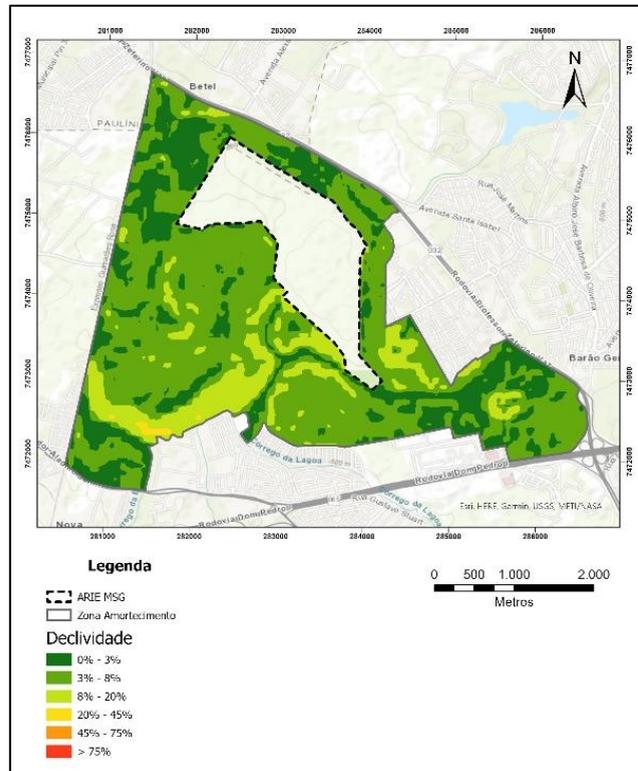


Figura 3 - Mapa de Declividade na Z.A da ARIE Mata de Santa Genebra.  
Fonte: Autoria própria (2023).

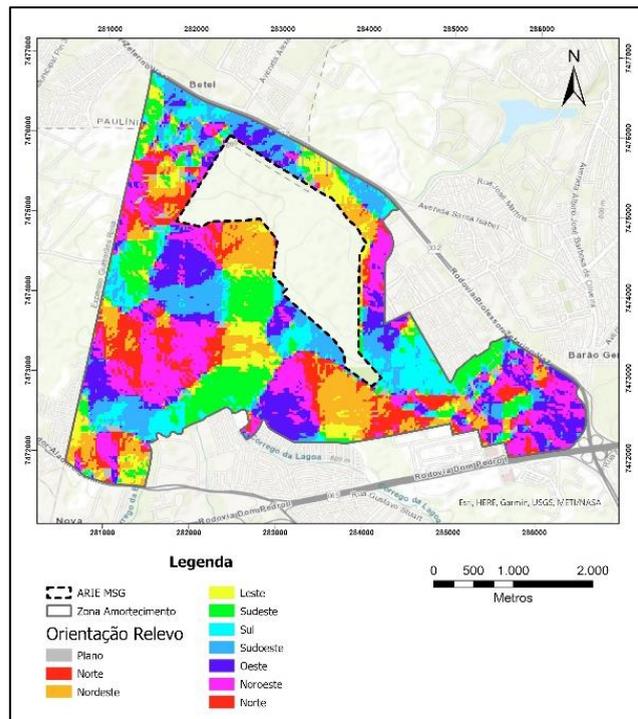


Figura 4 - Mapa de Orientação de Relevo na Z.A da ARIE Mata de Santa Genebra.  
Fonte: Autoria própria (2023).

Realização





As técnicas aplicadas para se chegar ao resultado final dos mapas se mostraram eficazes. As distribuições dos dados e seus arranjos foram o ponto de partida para o mapa final de risco de incêndios (FIGURA 5).

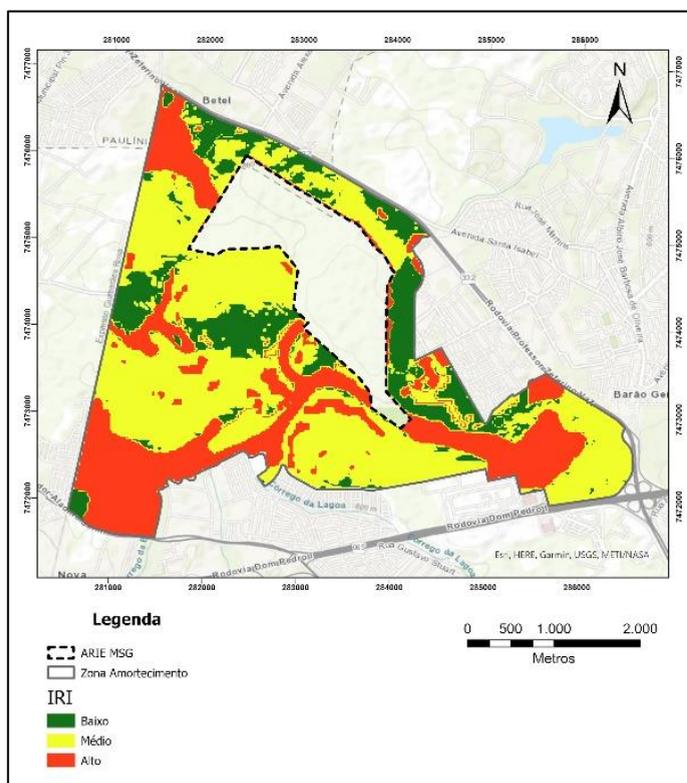


Figura 5 - Mapa de Risco de Inflamabilidade na Z.A da ARIE Mata de Santa Genebra.  
Fonte: Autoria própria (2023).

O mapa de risco de inflamabilidade é uma análise da propensão da zona de amortecimento para a ocorrência de incêndios com base nas características intrínsecas da área, ou seja, o seu uso e ocupação do solo, orientação do relevo, altitude, declividade e todos os dados climatológicos que compuseram a geração desse mapa.

Analisando o mapa observamos que existem áreas com risco alto para a ocorrência de incêndios e a maior parte se encontra com risco médio e baixo. Essas informações podem auxiliar a gerenciar e entender melhor sobre as suas distribuições na zona de amortecimento.

Como sabemos, as plantas desempenham importantes funções ecológicas, e o fogo pode alterar desproporcionalmente essa comunidade, causando um desequilíbrio na unidade



de conservação, como a perda da biodiversidade e a manutenção de suas nascentes.

Os desmatamentos e as mudanças climáticas globais devem ser considerados para se obter um melhor entendimento das ocorrências de incêndios florestais (JUÁREZ-OROZCO et al., 2017).

As florestas densas têm mais quantidade de combustível, o que leva à altas emissões de carbono. Nesse contexto, o monitoramento de queimadas é fundamental para o manejo de conservação de longo prazo (SARANYA et al., 2016).

## CONCLUSÕES

Dentro do objetivo proposto e por meio da metodologia foi possível desenvolver e aplicar o mapa de risco de inflamabilidade na zona de amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra, e a introdução desses mapas nos planos de manejo se torna uma ferramenta favorável para a prevenção de incêndios nas áreas naturais.

Esses mapeamentos de risco de incêndios são muito importantes para a proteção das unidades de conservação, seja para auxiliar a mitigar as múltiplas ameaças, ou corroborando para que os gestores possam aplicar uma ação de prevenção.

Um gerenciamento prioritário de ameaças poderia ser aplicado, para informar onde e como as ações terão que ser mais eficientes sobre as áreas com maior risco de inflamabilidade, favorecendo assim a conservação.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

## REFERÊNCIAS

AQUINO, Érica P. S.; APRIGIO, Patrik. O. Avaliação da Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo na Zona de Amortecimento da ARIE Mata de Santa Genebra, Campinas-SP. *V Jornada de Gestão e Análise Ambiental: Áreas Naturais Protegidas*, UFSCar, 2018.

Realização



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo ARIE Mata de Santa Genebra**. Campinas. Disponível em

[https://www.fjposantagenebra.sp.gov.br/uploads/files/2021/pm/Plano de Manejo 8884948 arie mata de santa genebra maio 2021.pdf](https://www.fjposantagenebra.sp.gov.br/uploads/files/2021/pm/Plano_de_Manejo_8884948_arie_mata_de_santa_genebra_maio_2021.pdf). Acesso em 17 de fevereiro de 2023.

BRASIL EM RELEVO. Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em:  
<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>. Acesso em 30 de maio de 2023.

BRAZ, Sofia Negri; DA SILVA, Alessandra Leite; LONGO, Regina Márcia. **Indicadores Geoespaciais De Qualidade Ambiental Aplicados à Mata de Santa Genebra**, Campinas, SP, 2021.

CALDAS, Anildo Monteiro. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**. 2015. Tese de Doutorado. Unesp Jaboticabal.

CHUVIECO, Emilio; CONGALTON, Russell G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote sensing of Environment**, v. 29, n. 2, p. 147-159, 1989.

DAEE. Disponível em:

<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem=Pluviom%C3%A9tricos&ugrhi=UGRHI&cidadeugrhi=PIRACICABA%2FCAPIVARI%2FJUNDIAI&prefixoposto=D4-047>

Acesso em 28 de maio de 2023.

EMBRAPA. Disponível em:

<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/sp/279/balanco.html>. Acesso em 30 de maio de 2023.

GOMES, Raissa Caroline. **Revegetação de áreas degradadas por mineração na Floresta Nacional do Jamari e sua relação com a qualidade das águas superficiais**. Tese de Doutorado, 2021.

JUÁREZ-OROZCO, S. M.; SIEBE, C.; FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, D. Causes and effects of forest fires in tropical rainforests: a bibliometric approach. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917737207, 2017.

SARANYA, K. R. L.; REDDY, C. Sudhakar; RAO, PVV Prasada. Estimating carbon emissions from forest fires over a decade in Similipal Biosphere Reserve, India. Remote Sensing Applications: **Society and Environment**, v. 4, p. 61-67, 2016.

SPERANDIO, Fabricio Camillo. **Análise de Vizinhança em Unidades de Conservação: Uma Proposta Metodológica para o Diagnóstico de Áreas Lindéiras**. 2021. Tese de Doutorado. Unesp Sorocaba.

Realização

