

## **MONITORAMENTO E ANÁLISE AUTOMATIZADA DE DADOS TERRITORIAIS: ELABORAÇÃO DE PAINÉIS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO JUNTO ÀS BRIGADAS DE COMBATE A INCÊNDIOS DO BIOMA PANTANEIRO**

Marcos Vinícius Quizadas de Lima <sup>1</sup>  
Lara Caetano Romagnoli <sup>2</sup>  
Thais Vasco Rosseal <sup>3</sup>

Uso de tecnologia para monitoramento ambiental

### *Resumo*

As alterações climáticas têm agravado a frequência e intensidade dos incêndios florestais, exigindo cada vez mais conhecimento e gestão sobre os recursos ambientais. Com isso, ferramentas mais eficazes para monitoramento, combate e prevenção são essenciais para uma boa atuação no território. A proposição desenvolvida neste estudo utiliza a automatização de monitoramento e análises como um importante auxílio na tomada de decisão, permitindo integração de grandes volumes de dados e facilitando a produção de relatórios claros e informativos. A metodologia utiliza de dados processados com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento e automatização via linguagem Python para 24 brigadas de combate a incêndios florestais, localizadas no Bioma Pantanal e na Bacia do Paraguai. Os dados utilizados são focos de calor, obtidos pelo satélite Suomi NPP, dados de áreas queimadas registradas em eventos anteriores, dados georreferenciados de uso do solo e ocupação do solo, e dados de cálculo da qualidade da vegetação, efetuado a partir de índice normalizado obtido em técnica de análise espectrais de imagem de satélite. Os resultados desses procedimentos foram organizados em painéis visuais para fácil interpretação, oferecendo uma visão clara e acessível que permitem tanto a compreensão por gestores com conhecimento técnico quanto por usuários menos familiarizados com dados geoespaciais. Os painéis apresentam uma visão integrada do território, permitindo decisões rápidas e assertivas. Conclui-se que a automatização das análises, aliada à visualização clara dos dados, fortalece a eficiência das brigadas, otimizando o planejamento estratégico e a resposta a incêndios, contribuindo significativamente para a preservação do bioma.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Estudos Territoriais; Bioma Pantanal; Incêndios Florestais; Monitoramento Ambiental

---

<sup>1</sup>Autor: Especialista em Geoprocessamento pelo Synergia Socioambiental, membro do Centro de Estudos da Synergia, Bacharel em Ciência e Tecnologia e em Engenharia Ambiental e Urbana pela Universidade Federal do ABC, Pós-graduado em Geoprocessamento pela PUC Minas e mestrando em Cidades Sustentáveis e Inteligentes pelo Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal.

Email corporativo: marcos.vinicius@synergiaconsultoria.com.br | email pessoal: mviniciusclima@gmail.com

<sup>2</sup> Autora: Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pela Universidade Federal de Viçosa.

Email: lara.romagnoli@synergiaconsultoria.com.br.

<sup>3</sup> Autora: Analista de Geoprocessamento. Engenheira Cartógrafa pela Unesp Prudente, MBA em Gestão de Projetos pela USP/ESALQ, Especialização em Geoprocessamento (em andamento) pela PUC Minas.

Email: thais.rosseal@synergiaconsultoria.com.br.

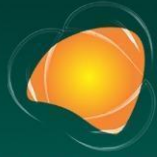


## INTRODUÇÃO

O conceito de "alterações climáticas" começou a ser amplamente discutido e abordado na literatura científica no final do Século XX, à medida que crescia a preocupação acerca do aquecimento global e de suas implicações. Pode-se dizer que o reconhecimento do conceito como uma pauta global se deu na fundação, em 1988, do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC), que desempenhou um papel significativo na popularização do termo e na compreensão como um fenômeno global e interconectado (INTC, 2017). Os principais efeitos são apresentados de maneira mais consistente em 2007 no quarto relatório do IPCC (IPCC, 2007), merecendo destaque os seguintes temas:

- Aumento de temperaturas e ondas de calor.
- Mudanças no padrão de precipitação causando enchentes em algumas regiões e secas em outras.
- Derretimento do gelo polar e elevação do nível do mar devido ao aquecimento dos polos.
- Aumento de eventos climáticos extremos, como ciclones, furacões e tufões.
- Aumento de pragas e doenças devido ao desequilíbrio nos ecossistemas.
- Intensificação de incêndios florestais.

Este último destaque, tema deste estudo, são intensificados principalmente pela escassez de chuvas e aumento dos períodos de seca. Quando de grandes proporções, podem representar uma ameaça significativa para os ecossistemas e comunidades humanas (Giddens, 2010). É neste contexto que surge a necessidade de rápida detecção e resposta a incêndios para conter sua propagação e minimizar os danos causados.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Em 2022, a Organização das Nações Unidas (ONU), através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), divulga o relatório “Spreading like Wildfire” (Português: Espalhando-se como fogo) em que uma série de dados são apresentados alertando para as consequências e possibilidade de incêndios florestais nos anos futuros (United Nations Environment Programme, 2022). Segundo o documento do PNUMA, até 2100 os incêndios florestais aumentarão cerca de 50%, 30% já em 2050, aprofundando assim questões ligadas a saúde das pessoas, custos de reconstruções, degradação do solo e reposição de águas em bacias e resíduos de queimadas. Ao mesmo tempo, algumas soluções são apontadas como saída para prevenir ou mitigar os incêndios florestais, e todas elas passam pela elaboração de políticas de monitoramento e gestão do fogo, desenvolvimentos de ferramentas que possibilitem a análise e previsão de incêndios e investimentos em comunidades e corporações de combate à incêndios (United Nations Environment Programme, 2022).

Dessa forma, as brigadas desempenham papel importante na proteção do meio ambiente e na preservação de ecossistemas. Sua existência e atuação permite diminuir a intensidade de desastres naturais, além de aplicar técnicas de utilização do fogo. As pessoas que compõem as equipes especializadas são treinadas para lidar com diferentes tipos de incêndios, atuando na salvaguarda de vidas, propriedades e recursos naturais (da Silva & Fiedler, 2003).

Um monitoramento contínuo, fornece subsídios a uma resposta rápida e eficiente, permite a identificação de padrões de ocorrência, identifica áreas de maior risco e permite a implementação de medidas preventivas mais eficazes, direcionando os recursos disponíveis para as áreas afetadas e facilitando o combate aos incêndios em estágios iniciais, quando a propagação é mais controlável.

No entanto, é importante ressaltar que o monitoramento dos focos de calor é apenas um aspecto do combate a incêndios florestais. Uma abordagem eficaz requer a integração de outras informações, incluindo sobreposição de dados específicos sobre a vegetação, características do terreno, infraestruturas existentes e ações preventivas adotadas em determinadas regiões. Além disso, a capacitação adequada das brigadas de incêndio, o envolvimento das comunidades locais e a implementação de políticas de prevenção são elementos essenciais, conforme já citado anteriormente, para um combate eficiente aos incêndios florestais.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Este estudo concentrou-se na análise e representação visual de quatro conjuntos de dados que foram identificados como fundamentais para o planejamento territorial voltado ao controle, combate e manejo do fogo, são eles: áreas queimadas em eventos passados, focos de calor, padrões de uso do solo e a qualidade da vegetação, em 24 brigadas distribuídas na extensão da Bacia do Paraguai, englobando o Bioma Pantanal (Figura 1). Com o objetivo de acompanhar as mudanças nos territórios, essas análises críticas foram realizadas em um contexto prático, vinculado diretamente ao território sob a responsabilidade das 24 brigadas, destacando a aplicação prática dessas revelações na proteção do Bioma Pantanal contra os desafios constantes de incêndios florestais.

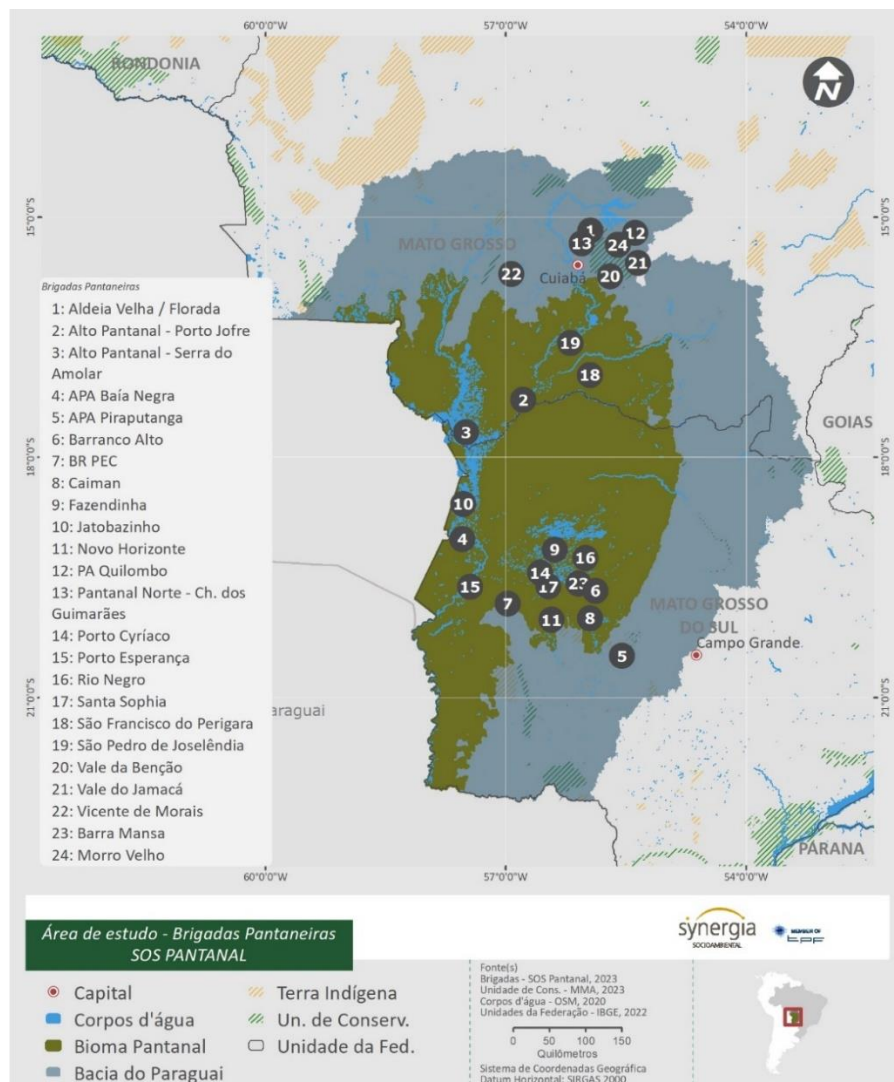


Figura 1: Área de estudo: Bioma Pantanal e Bacia do Paraguai



A seguir são descritos os dados e detalhada a forma que são utilizados nos painéis gerados para a Bacia do Paraguai (+ Bioma Pantanal) e para áreas das brigadas monitoradas.

## **M**METODOLOGIA

### **DESENVOLVIMENTO**

Este monitoramento e análise automatizada de dados é desenvolvido no território da Bacia do Paraguai, com foco no Bioma Pantaneiro, mais especificamente em áreas de 24 brigadas de combate a incêndios florestais. Destaca-se que ele é conduzido mensalmente, monitorando os dados de focos de calor e quantidades de áreas queimadas ocorridas em anos anteriores. Essa abordagem permite uma análise contínua e atualizada da situação. Além disso, são incorporados os dados mais recentes sobre uso e ocupação do solo, juntamente com a qualidade da vegetação, detectada através de imagens de satélite. Essa combinação de monitoramento mensal e dados em tempo quase real fornece uma visão abrangente e dinâmica da situação, essencial para a eficácia das medidas de prevenção e resposta aos incêndios.

A seguir são descritos como os dados que são utilizados nos painéis são configurados e as suas respectivas características, e como eles são consolidados a partir de programação Python, é apresentado posteriormente.

### **DADOS UTILIZADOS**

#### **FOCOS DE CALOR**

Os dados de focos de calor provenientes do sensor NPP-375, permitem o monitoramento e controle de incêndios florestais. Esses dados são captados a partir do portal do Fire Information for Resource Management System/NASA (NASA, 2023), e são extraídos e ilustrados para o território da Bacia do Paraguai (+ Bioma Pantanal) e para cada uma das áreas das Brigadas Pantaneiras. Através desse monitoramento é possível detectar com precisão os focos de calor, fornecendo informações sobre a sua localização.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A obtenção desses dados acontece em diferentes momentos do dia, ou seja, pela manhã e à tarde. A combinação do monitoramento em diferentes momentos possibilita uma visão mais abrangente e completa dos padrões de ocorrência dos incêndios florestais ao longo do dia contribui para o aprimoramento das estratégias de combate e para a implementação de medidas preventivas mais eficazes.

### ÁREAS QUEIMADAS

No período de 2011 a 2022, a região do Pantanal enfrentou graves problema de incêndios florestais. Durante esses anos, a ocorrência de incêndios no Pantanal foi especialmente intensa, com grandes extensões de vegetação e áreas úmidas sendo afetadas.

Os dados históricos de áreas queimadas foram fornecidos pela SOS Pantanal, através de um banco de dados georreferenciado. A partir desses dados foram sistematizados os valores consolidados de áreas queimadas durante cada ano em cada Brigada Pantaneira, permitindo assim um registro histórico da atuação do fogo neste território.

A recuperação dessas áreas pode ser um desafio complexo e de longo prazo e estes dados podem, em algumas regiões demonstrar padrões históricos de acontecimentos de grandes eventos de queimadas.

### USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e ocupação do solo auxilia na compreensão da dinâmica das áreas afetadas por incêndios florestais e na identificação de áreas de maior vulnerabilidade. Para obter dados precisos sobre esse tema, foi utilizada a base do Dynamic World (*Institute, National Geographic Society in partnership with Google and the World Resources, 2023*), uma plataforma interativa desenvolvida pelo Google em parceria com o World Resources Institute (WRI).

Através dessa plataforma, é possível acessar identificações de áreas urbanas, áreas agrícolas, florestas, áreas úmidas e outras categorias relevantes. Assim, é possível que essa informação auxilie na compreensão e na distribuição espacial das atividades humanas e sua relação com os focos de calor mapeados. Indicando, inclusive, áreas onde a expansão urbana se aproxima de ecossistemas naturais, aumentando a possibilidade de incêndios causados por ações humanas, por exemplo. Outro exemplo que pode ser citado é a identificação de áreas agrícolas e pastagens próximas a áreas florestais que



podem estar associadas o uso de práticas agrícolas que aumentam o potencial de incêndios, como queimadas descontroladas e manejo inadequado do fogo.

## **EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

Os dados são ilustrados nos painéis específicos das Brigadas Pantaneiras com a finalidade de permitir uma análise integrada com as diversas informações relacionadas ao território. Os dados utilizados são sempre os mais recentes captados de acordo com imagens de satélite Sentinel-2. Com isso pode-se dizer que os dados são em tempo quase real e juntamente com gráfico que permite a distribuição percentual de cada tipo de camada do solo, dando destaque a áreas com vegetação arbórea, permitem compreender o uso e ocupação do solo para mitigar os riscos de incêndios florestais.

### **QUALIDADE DA VEGETAÇÃO (NDVI)**

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, na sigla em inglês) é obtido através de imagens de satélite do Sentinel-2 (Copernicus Open Access Hub, 2023), com base nas diferenças no comportamento espectral da vegetação, relacionando a reflectância da luz vermelha (disponível na banda B4) e infravermelha próxima (disponível na banda B8).

A alta resolução espacial, o amplo território mapeado e em diferentes momentos no tempo, permite a compreensão da saúde dos ecossistemas, além de ser uma medida quantitativa da atividade fotossintética e densidade vegetal, permitindo avaliar o vigor da vegetação. Juntamente a isso, é possível identificar padrões de vegetação e uma melhor detecção precoce de problemas, como secas, desmatamento ou infestações de pragas, que podem aumentar o risco de incêndios florestais.

Nos painéis, a informação da qualidade da vegetação é apresentada junto das áreas das Brigadas Pantaneiras e representando a porcentagem de cada classificação dada a intervalos de dados obtidos. O NDVI, por ser um normalizado, apresenta seus resultados em valores que variam de -1 a 1. Sendo o intervalo de:

- -1 a 0: classificado como vegetação morta ou não vegetais;
- 0 a 0.33333: vegetação de qualidade ruim;
- 0.33334 a 0.66666: vegetação de qualidade boa;
- 0.66667 a 1: vegetação de qualidade ótima;

Assim, ao combinar os dados de qualidade da vegetação com outras informações, como dados climáticos e de uso do solo, é possível obter uma compreensão melhor dos fatores que influenciam a ocorrência de incêndios.



### **IMPLEMENTAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO PROPOSTA**

O sucesso da implementação desse processo analítico é intrinsecamente ligado à utilização da linguagem de programação Python. A escolha da linguagem revelou-se estratégica, uma vez que possibilitou dinamismo e otimização nas análises conduzidas, garantindo a agilidade necessária na interpretação de conjuntos complexos, dado que se trata de um volume de dados presente em 24 brigadas que somam mais de 4 mil km<sup>2</sup>.

Após a elaboração da programação o produto é exportado, com auxílio de ferramenta de SIG (Sistema de Informação Geográfica) para 2 grupos de arquivos com informações sintéticas que permitem ver o resultado já consolidado. O primeiro painel apresenta dados mais gerais do território em que a brigadas estão inseridas, o segundo apresenta dados específicos sobre o território de cada uma das brigadas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este trabalho resultou na criação de painéis informativos detalhados, fundamentados na análise mensal de dados. A divulgação desses painéis é direcionada aos atores estratégicos de cada brigada, fornecendo subsídios importantes para a tomada de decisões diante de potenciais áreas propícias a incidência de incêndios florestais. Cada unidade foi projetada para oferecer uma visão clara e acessível das informações, facilitando a interpretação por parte dos gestores das brigadas.

A seguir, apresenta-se visualmente esses painéis, seguido por uma análise quantitativa dos resultados obtidos ao longo do ano de 2024. Este processo visa não apenas informar, mas subsidiar as brigadas com dados precisos e oportunos, fortalecendo suas estratégias de prevenção e resposta a incêndios.



**EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

**PAINÉIS DE APRESENTAÇÃO DOS DADOS**

**PAINEL GERAL**

O primeiro painel assume uma perspectiva abrangente, apresentando uma visão geral dos focos de calor em toda a área de estudo. Ele destaca os padrões e concentrações de calor, oferecendo uma compreensão visual imediata da distribuição geográfica dos incêndios. Este painel serve como um ponto de partida integral para a compreensão global da situação e orienta as ações subsequentes das brigadas. O painel geral se organiza conforme Figura 2.

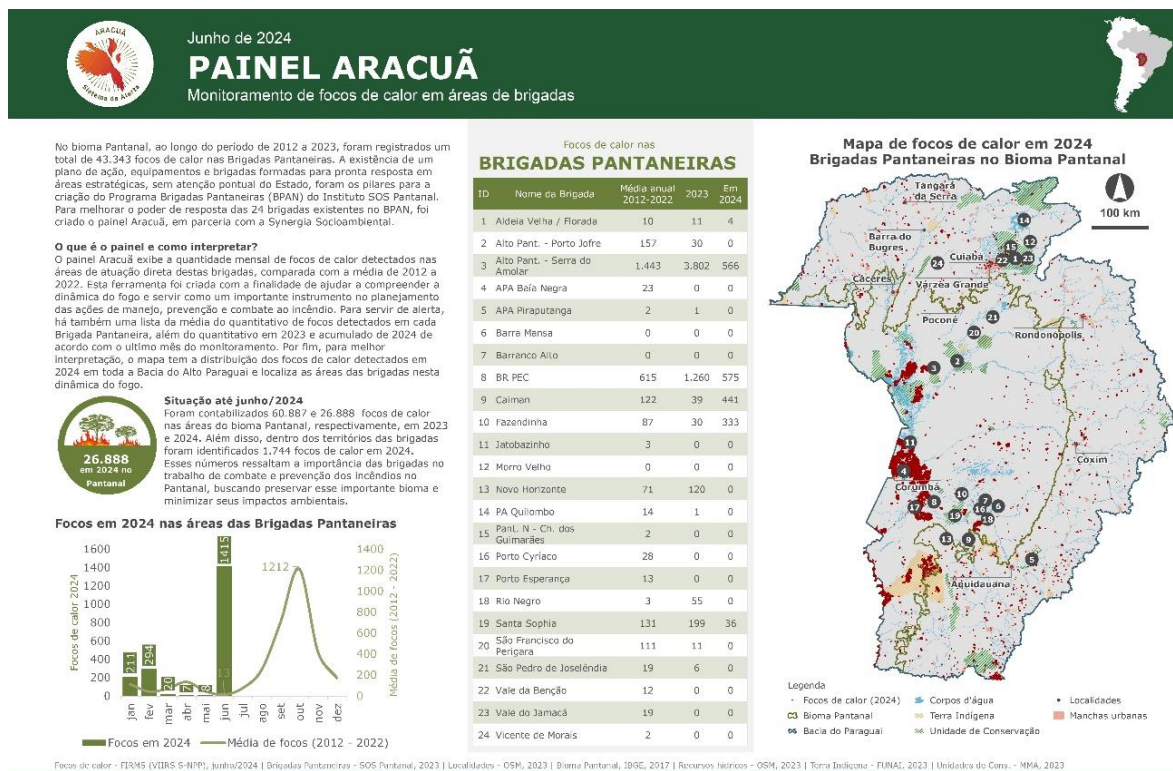


Figura 2: Painel geral com monitoramento mais amplo do território

## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

### PAINÉIS POR BRIGADAS

O conjunto de painéis destinados a cada uma das 24 brigadas monitoradas é complexo. Cada painel individual proporciona um histórico detalhado de focos de calor. Além disso, esses painéis apresentam as áreas queimadas em anos anteriores, fornecendo uma visão cronológica dos eventos passados.

Uma característica desses painéis é a inclusão de informações atualizadas sobre as características ambientais de cada área gerenciada pelas brigadas. Isso engloba dados relevantes sobre o uso do solo, a qualidade da vegetação e outros elementos ambientais, oferecendo uma visão holística do contexto no qual as brigadas operam. Esses painéis individualizados podem ser transformados em ferramentas auxiliares para as brigadas, fornecendo apoio a tomada de decisão de maneira prática e atualizada que orientam estratégias de prevenção e resposta a incêndios de maneira eficaz e adaptativa. Os painéis específicos se organizam conforme Figura 3.

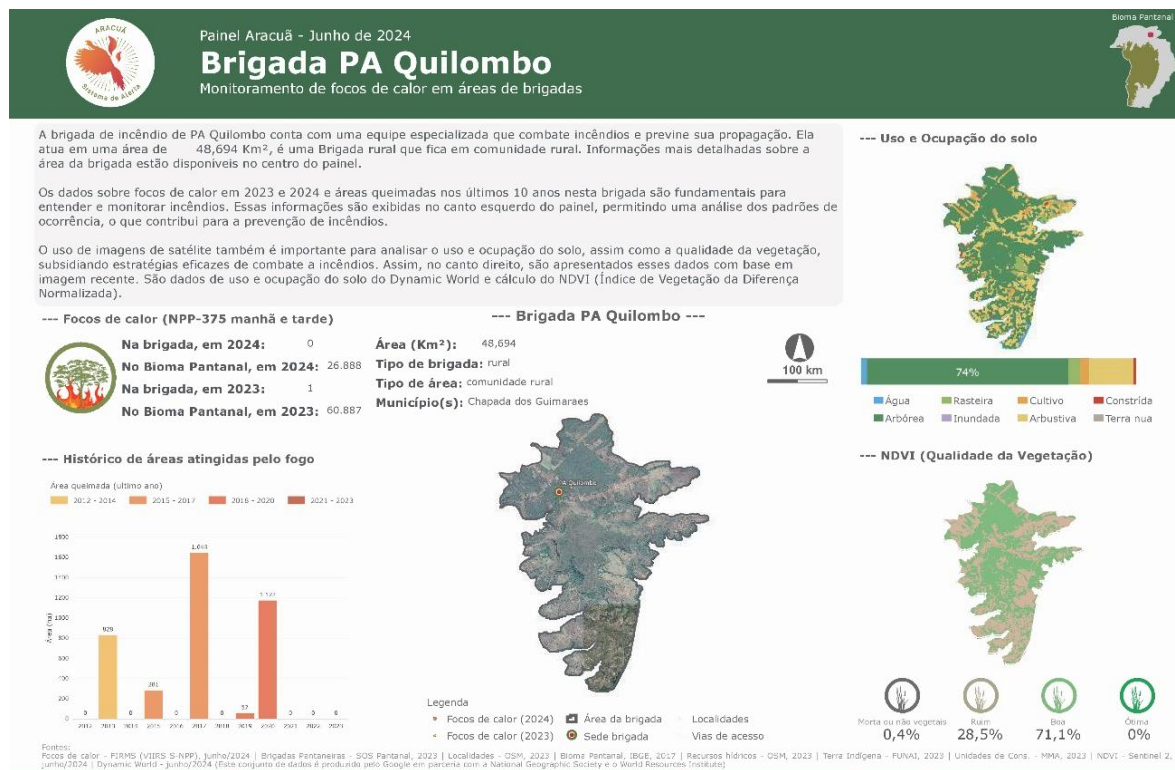


Figura 3: Painel específico com dados das áreas de cobertura das brigadas



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste estudo apresenta uma visão integrada do território pantaneiro, onde a gestão de incêndios pode ser aprimorada pela síntese inteligente de dados periódicos.

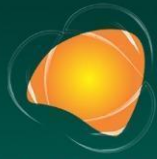
A eficiência da consolidação dos dados foi impulsionada pela utilização de tecnologias avançadas, como ferramentas de dados georreferenciados e a linguagem de programação Python, destacando-se pela capacidade de lidar com grandes volumes de dados de maneira ágil. Ao adotar essa abordagem, foi possível transformar dados em painéis com informações visuais objetivas

A utilização de painéis para visualização das informações obtidas não apenas simplifica a interpretação para o público geral, mas também fornece informações técnicas essenciais para os especialistas envolvidos na gestão das brigadas.

Essa abordagem vai além da esfera técnica, impactando diretamente nas tomadas de decisões práticas. Os painéis gerados, ao apresentarem dados de maneira acessível e técnica simultaneamente, tornam-se instrumentos poderosos para guiar estratégias preventivas e operacionais. A compreensão facilitada dessas informações pode auxiliar para uma resposta ágil e eficaz aos desafios dos incêndios, sublinhando a importância crítica de integrar tecnologia à gestão ambiental para a preservação sustentável do Bioma Pantanal.

## AGRADECIMENTOS

O Agradecemos à **Synergia Consultoria Socioambiental**, por meio do **CES (Centro de Estudos da Synergia)**, pela oportunidade de desenvolver este estudo e a ferramenta correspondente. Também expressamos nossa gratidão à **SOS Pantanal** pela valiosa parceria no fornecimento de informações territoriais e pela divulgação dos painéis junto a atores-chave.



## REFERÊNCIAS

- Copernicus Open Access Hub. (2023). *Sentinel-2*. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu>. Acesso em maio de 2023.
- Da Silva & Fiedler, N. &. Avaliação de brigadas de incêndios florestais em unidades de conservação. *Revista Árvore*, 27, pp. 95-101. doi:10.1590/S0100-67622003000100013. Acesso em: fevereiro de 2003
- Giddens, A. (2010). *A política da mudança climática*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Institute, National Geographic Society in partnership with Google and the World Resources. *About Dynamic World*. Disponível em: <https://dynamicworld.app/about>. Acesso em: outubro de 2023
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report - Summary for Policymakers*. Disponível em IPCC: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_spm.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_spm.pdf). Acesso em: 09 de 2023
- NASA. *Fire Information for Resource Management System*. Disponível em: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>. Acesso em maio de 2023.
- INTC. INSTITUTO NACIONAL DE CENCIA E TECNOLOGIA PARA MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar / Carlos A. Nobre e José A. Marengo (orgs), São José dos Campos (SP): INCT, 2017. 608 p. IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Disponível em: [https://mudarfuturo.fea.usp.br/wp-content/uploads/2018/02/Livro\\_Mudanças-Clinaticas-em-Rede\\_eBook-Conflito-de-codificação-Uunicode.pdf](https://mudarfuturo.fea.usp.br/wp-content/uploads/2018/02/Livro_Mudanças-Clinaticas-em-Rede_eBook-Conflito-de-codificação-Uunicode.pdf). Acesso em: maio de 2023
- United Nations Environment Programme. (2022). *Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. Nairobi. Disponível em <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>. Acesso em maio de 2023.