

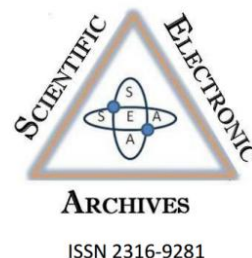
Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 16 (1)

January 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/16120231645>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1645>



Mapas de risco de incêndios florestais para o Parque Natural Municipal Florestal de Sinop, Mato Grosso, Brasil

Forest fire risk maps for the Park Natural Municipal Forestry of Sinop, Mato Grosso, Brazil

Corresponding author

Arlindo de Paula Machado Neto

Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop

arlindo.neto08@gmail.com

Dion Ribeiro

Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop

Onice Teresinha Dall'Oglio

Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop

Angele Tatiane Martins Oliveira

Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Nova Xavantina

Juliana dos Santos Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Recife

Resumo. Os incêndios florestais são um problema recorrente no Brasil, responsáveis por impactos ambientais negativos à biodiversidade, especialmente à fauna e à flora. Diante do exposto, elaboramos, neste trabalho, um mapa de risco de incêndios florestais para o Parque Natural Municipal de Sinop, Mato Grosso a partir de técnicas de geoprocessamento. Foram utilizados dados meteorológicos (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar), imagens de satélites georreferenciadas e um modelo digital de elevação. Para o geoprocessamento dos dados geográficos, utilizamos o *software* de geoprocessamento QGIS. As variáveis estudadas foram: material combustível, rede viária, declividade e condições climáticas. Posteriormente, geramos um mapa de cada variável analisada e classificamos as áreas de risco de incêndios em muito baixo, baixo, moderado, alto e extremo. Geramos o mapa de risco final por meio da somatória dos mapas de cada variável. Nossos resultados indicam que existe maior risco de incêndios devido os materiais combustíveis. Consideramos as áreas próximas da rede viária e com presença de materiais combustíveis com maior potencial de ignição e sob risco. Por outro lado, a declividade apresentou baixa influência na ocorrência de incêndios na área. As variáveis meteorológicas indicam que a suscetibilidade da região aos incêndios florestais é devido ao déficit de chuvas e à baixa umidade relativa do ar na época de estiagem. Os resultados comprovam a eficiência da utilização de geotecnologias na prevenção dos incêndios florestais, pois concluímos que o mapeamento das áreas susceptíveis a ocorrências de incêndios florestais contribui para a preservação da biodiversidade local e colabora com informações importantes.

Palavras-chave: Geoprocessamento, impacto ambiental, sig, unidades de conservação.

Abstract. Forest fires are a recurring problem in Brazil, responsible for negative environmental impacts on biodiversity, especially fauna and flora. In view of the above, we developed, in this work, a forest fire risk map for the Municipal Natural Park of Sinop, Mato Grosso, using geoprocessing techniques. Meteorological data (rainfall, temperature and relative humidity), georeferenced satellite images and a digital elevation model were used. For the geoprocessing of geographic data, we used the geoprocessing software QGIS. The variables studied were: fuel material, road network, slope and weather conditions. Subsequently, we generated a map of each analyzed variable and classified the fire risk areas as very low, low, moderate, high and extreme. We generate the final risk map by summing the maps for each

variable. Our results indicate that there is a greater risk of fires due to combustible materials. We consider areas close to the road network and with the presence of combustible materials with greater ignition potential and at risk. On the other hand, the slope had a low influence on the occurrence of fires in the area. The meteorological variables indicate that the susceptibility of the region to forest fires is due to the deficit of rainfall and the low relative humidity of the air in the dry season. The results prove the efficiency of the use of geotechnologies in the prevention of forest fires, as we conclude that the mapping of areas susceptible to forest fires contributes to the preservation of local biodiversity and collaborates with important information.

Keyword: Geoprocessing, environmental impact, sig, conservation units.

Introdução

A ocorrência da degradação ambiental, causada por incêndios florestais, seja por causas naturais, ou por ações antrópicas, têm se tornado cada vez mais frequentes e, em muitos casos, provocado impactos ambientais irreparáveis. Neste cenário, o uso constante do fogo para “limpeza do terreno” e expansão das atividades econômicas, principalmente a agropecuária, tem se tornado uma grande ameaça ao meio ambiente.

Os incêndios florestais, por exemplo, são um dos principais responsáveis por esses impactos negativos e seus efeitos são diagnosticados, inclusive, em Unidades de Conservação, haja vista a diversidade de espécies presentes nesses ecossistemas.

Existem distintas estratégias de combate aos incêndios florestais, como o manejo integrado do fogo (MIF), construção de aceiros e controle de queimadas, através de queimas prescritas. Porém, esses métodos são menos utilizados em áreas que não possuem legislação de proteção específica.

Unidades de Conservação com planos de manejo vigente preveem em suas diretrizes, ações de combate aos incêndios florestais, além disso, muitas dessas unidades contam com uma equipe de brigadistas atuante, principalmente nos períodos mais intensos de seca.

No entanto, o uso de novas tecnologias que sejam capazes de prevenir ou minimizar os impactos negativos desses incêndios são essenciais para a manutenção da biodiversidade dos ecossistemas florestais. Neste sentido, o geoprocessamento é uma ferramenta viável, pois possibilita analisar variáveis relevantes e a partir dos resultados indicar um manejo adequado e preventivo.

O mapeamento das áreas de risco tem importância prática, pois auxilia a análise dos gestores sobre informações importantes em áreas com maior vulnerabilidade, além de empregar medidas preventivas contra os incêndios em locais estratégicos. Dentro deste contexto, as variáveis ambientais são amplamente estudadas nesse processo, pois ajudam a compreender os parâmetros do comportamento do fogo e com base nessas pesquisas se desenvolvem metodologias de prevenção e mitigação da degradação ambiental.

Neste sentido, a aplicação do sensoriamento remoto possibilita estudar o comportamento de alvos na superfície terrestre por meio da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos mesmos e, desta forma, identificar materiais com maior potencial de combustão.

Deste modo, o presente estudo objetivou elaborar um mapa de risco de incêndios florestais para o Parque Natural Municipal Florestal de Sinop-MT, com o uso de técnicas de geoprocessamento, visando estabelecer o risco de incêndios, com as variáveis analisadas.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Natural Municipal Florestal de Sinop, na região norte do Estado de Mato Grosso, localizada nas coordenadas geográficas latitude 11°50'2.86"S e longitude 55°29'55.64"O. O Parque foi instituído como Unidade de Conservação na categoria “Parque Natural Municipal” pela Lei Nº 2067, de 9 de dezembro de 2014.

A área é constituída por três reservas de floresta nativa, com extensão total de 103.991,327 hectares (Figura 01).

A Unidade de Conservação está inserida no Bioma Amazônia, com tipo da vegetação definido como fitofisionomia Estacional Sempre-Verde, constituído por dossel uniforme e emergente, caracterizado pela presença de espécies arbóreas de grande porte, típicas da região amazônica com presença foliar perene (IBGE, 2012).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região de estudo possui clima tropical (A) de moção (m), o que significa ocorrência de duas estações definidas no ano, uma estação quente (22°C a 26°C de média anual) com precipitação média anual entre 1800 e 2000mm e outra estação quente, mas seca, sem ocorrência de chuvas (Alvares et al., 2013).

Variáveis analisadas

Para a elaboração do mapa de risco foram analisadas as seguintes variáveis: Uso e ocupação do solo (tipo da vegetação encontrada e total de área com cobertura vegetal); sistema viário no entorno do Parque (inclusive a proximidade das ruas que dão acesso à UC), o que permite classificar o grau de risco de ignição nessas áreas; relevo por meio de classes de declividade do terreno e condições climáticas, fator que influencia diretamente na umidade do material combustível.

Definimos as classes de cobertura do solo (Tabela 1) para avaliar o risco de combustão do material por meio da análise de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) (Torres et al., 2017).

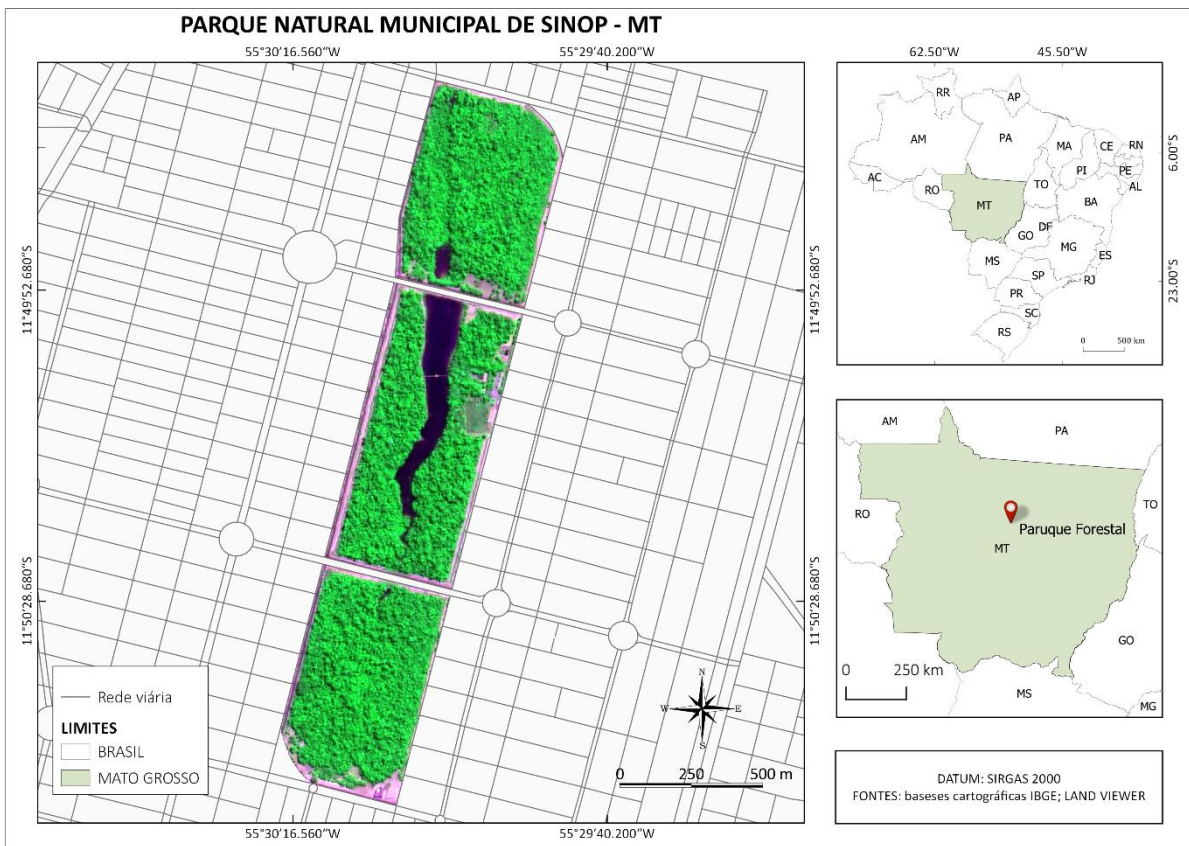


Figura 1. Mapa de localização do Parque Municipal Florestal de Sinop, MT.

Tabela 1. Efeito do material combustível sob a propagação do fogo.

Uso do solo	Risco	índice
Ausência de vegetação	Nulo	0
Vegetação densa	Baixo	1
Vegetação aberta	Moderado	2
Vegetação rasteira	Alto	4
Gramíneas	Extremo	5

O NDVI é utilizado para analisar a qualidade da vegetação ou a densidade de cobertura vegetal. Esse índice estabelece uma classificação do tipo de cobertura vegetal, de acordo com a refletância das ondas eletromagnéticas que incidem sobre o alvo na superfície terrestre. O NDVI varia em uma escala de -1 a 1, onde -1 significa ausência de vegetação e 1 vegetação saudável.

As ruas próximas ao Parque são locais de grande tráfego de pessoas e, portanto, devem ser consideradas no zoneamento de risco de incêndios florestais. Definimos um raio de influência de 50 metros para as ruas no entorno do Parque. Também definimos duas classes de risco de acordo

com o raio delimitado (Tabela 2), com maior risco nas áreas mais próximas à rede viária e menor risco nas áreas mais distantes da rede viária.

De acordo com Oliveira (2016), a declividade do relevo se configura como um dos fatores do ambiente que possui influência direta na propagação do fogo durante os incêndios florestais. Segundo Soares et al (2017), o fogo seca e aquece o material combustível localizado na parte superior de acíves e a corrente de ar quente originada pelo fogo, encaminha-se para as cotas topográficas superiores. Como consequência o ar fresco é aspirado pela parte inferior, renovando o suprimento de oxigênio na zona de combustão.

Tabela 2. Influência da rede viária sob a propagação do fogo.

Raio de influência	Risco	Índice
> 50 metros	Baixo	1
Até 50 metros	Alto	5

Analisamos a influência do relevo à suscetibilidade de ocorrência de incêndios de acordo com a classificação da declividade (Tabela

3). Para isso, definimos as classes de declividade de acordo com Soares (1985).

Tabela 3. Influência da declividade sob a propagação do fogo.

Inclinação (%)	Risco	Índice
0 a 15	Muito baixo	1
16 a 25	Baixo	2
26 a 35	Moderado	3
36 a 45	Alto	4
> 45	Extremo	5

Análise de dados geográficos

Utilizamos o software de geoprocessamento QGIS 3.4.4 para análise dos dados geográficos. O geoprocessamento pode ser aplicado em diversos estudos que demandam análises espaciais, inclusive nos estudos ambientais (Cantarelli, 2011).

Para o mapeamento, utilizamos um Modelo Digital de Elevação (MDE), ALOS PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros (Alaska satellite facility, 2019) e imagens do satélite Sentinel-2 (Land viewer - earth observing system, 2019) com 13 bandas espectrais, das quais utilizamos as combinações de bandas B4-B3-B2 (composição RGB), além da banda 4 e 8 para a geração do NDVI. Todas as bandas utilizadas possuem resolução espacial de 10 metros.

Um dos recursos para caracterizar a densidade e qualidade da cobertura vegetal é a utilização de índices de vegetação. Os índices de vegetação são obtidos por meio dos valores de reflectância radiométrica da vegetação (Rodrigues et al, 2013).

Para o cálculo do NDVI foram utilizadas a banda 4, na faixa espectral do vermelho (0,63-0,69µm) e a banda 8, na faixa espectral do infravermelho próximo (0,76-0,90µm). O índice é obtido pela razão da diferença da reflectância na região do infravermelho próximo e do vermelho, pela soma dessas bandas, como apresentado na fórmula a seguir (Rouse, 1973):

$$NDVI = \frac{(b8 - b4)}{(b8 + b4)}$$

Em que:

NDVI = índice de vegetação da diferença normalizada;

B8 = banda 8;

B4 = banda 4.

A área de estudo possui três fragmentos de florestas, separados pela rede viária urbana. Utilizamos imagens Sentinel-2, com as composições RGB (B4-B3-B2), e então vetorizamos o perímetro de cada fragmento florestal e, em seguida, aplicamos um *buffer* de 50 metros ao longo do perímetro.

Geramos o mapa da declividade a partir do MDE, no qual utilizamos a ferramenta de análise de

declividade do QGIS e geramos as cinco classes de declividades, expressas em porcentagem.

O processo de reclassificação de *raster* consiste em transformar os valores de um conjunto de pixels de uma determinada área da imagem em um valor inteiro que represente todos os pixels da área desejada. Neste sentido, aplicamos esse procedimento para o mapeamento do uso e ocupação do solo, rede viária, declividade e atribuímos em cada classe dessas variáveis os índices de risco definidos.

Após a reclassificação dos dados *raster* realizamos a somatória dos mapas por meio do algoritmo *calculadora raster* do QGIS. Nessa etapa, os valores atribuídos às classes no processo de reclassificação são integrados e geram os mapas de suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais.

Resultado e discussão

Mapa de uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo detectou a presença de gramíneas e vegetação rasteira nas áreas de bordadura do Parque. Na maior parte da área analisada verificou-se a predominância de vegetação densa, com poucas áreas de vegetação aberta ou rasteira (Figura 2).

Segundo Torres (2014), o tipo de material combustível é determinante na ocorrência do fogo. A presença de gramíneas nas áreas de borda do Parque indica alto risco de incêndios, devido à facilidade de ignição que este tipo de vegetação oferece. Para o autor, material fino potencializa o risco de propagação do fogo, uma vez que perde umidade rapidamente e facilita sua combustão.

Outro agravante, está relacionado ao acesso de transeuntes na faixa marginal da área, aumentando o risco de incêndios devido os mesmos depositarem lixo no local. Geralmente áreas com histórico de deposição de lixo, contribuem para o surgimento de animais indesejáveis que podem transmitir doenças aos seres humanos, além do forte odor produzido. Neste sentido, é comum o ateamento de fogo nessas áreas para minimizar os danos provocados pela deposição desses materiais.

As áreas do Parque com presença de floresta, apresentam menor risco de fogo pois as árvores funcionam como uma barreira, auxiliando

na diminuição da incidência de luz solar e, conseqüentemente, reduzem a temperatura do material combustível. Nessas áreas, também pode-se observar o aumento da umidade relativa do ar, que reduz o potencial de risco de ignição do

combustível, e redução na velocidade do vento, que dificulta a secagem do mesmo.

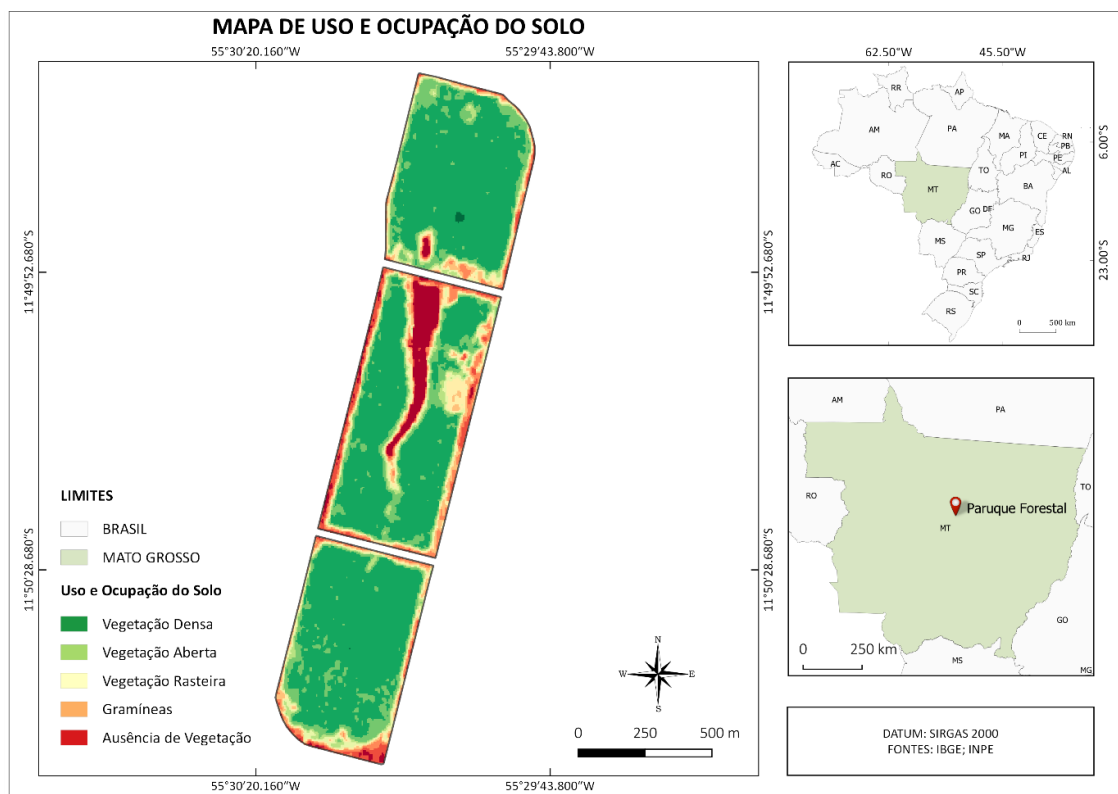


Figura 3. Mapa de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Nas áreas de bordas com presença de material combustível de fácil ignição é recomendado o manejo preventivo de herbáceas, haja vista que, a intensidade e velocidade de propagação do fogo em épocas de estiagem é potencializada nesses locais. O manejo de gramíneas é fundamental para impedir os impactos ecológicos devido a ocorrência de incêndios.

Segundo Santos (2019), em um estudo que testou diferentes regimes de queima em vegetação herbáceas, seus resultados mostraram que a intensidade do fogo foi menor quando a queima foi realizada em períodos que antecede a temporada de seca, por outro lado, para a queima realizada tardiamente, Santos observou maior intensidade do fogo e consumo de toda biomassa.

Embora a ocorrência de incêndios florestais em Unidades de Conservação seja motivo de preocupação dos gestores e sociedade de maneira geral, Fidellis e Pivello (2011), enfatizam que a utilização do fogo em UCs não são eventos apenas causadores de degradação e que o fogo utilizado de maneira adequada, seguindo as diretrizes estabelecidas nos planos de manejo das UCs, podem gerar impactos positivos. Para FIEDLER et al. (2000), em uma Unidade de Conservação, o sistema de preservação e combate de incêndios deve investir em manutenção de aceiros, campanhas educativas de conscientização,

sistemas de fiscalização, comunicação, ferramentas e equipamentos de combate e treinamento dos brigadistas.

Neste sentido, o manejo das gramíneas, a conscientização da população para não atear fogo no lixo ao redor do Parque e a retirada de resíduos nas áreas periféricas do local são de fundamental importância para evitar que os incêndios ocorram na parte externa e se direcionem para o interior da área.

Mapa da rede viária

A influência da rede viária fica evidente nas áreas delimitadas como zonas de risco de fogo (Figura 4). O mapa mostra que todos os fragmentos florestais da área de estudo estão cercados por vias de acesso, uma vez que o Parque está inserido no perímetro urbano.

Diante desse contexto, a rede viária se torna um agravante para o risco de fogo. Isso acontece porque a existência destas vias favorece a circulação de um grande número de pessoas e veículos, o que facilita o acesso a trilhas no interior do fragmento florestal, aumentando a probabilidade de um incêndio criminoso (Oliveira et al., 2017).

O raio de influência considerado sob risco pelo potencial de ignição dos incêndios próximo a rede viária foi de 50 metros, pois de acordo com Chou et al. (1990) o raio de risco em autoestradas

é, em média, de 100 metros e varia de acordo com a região.

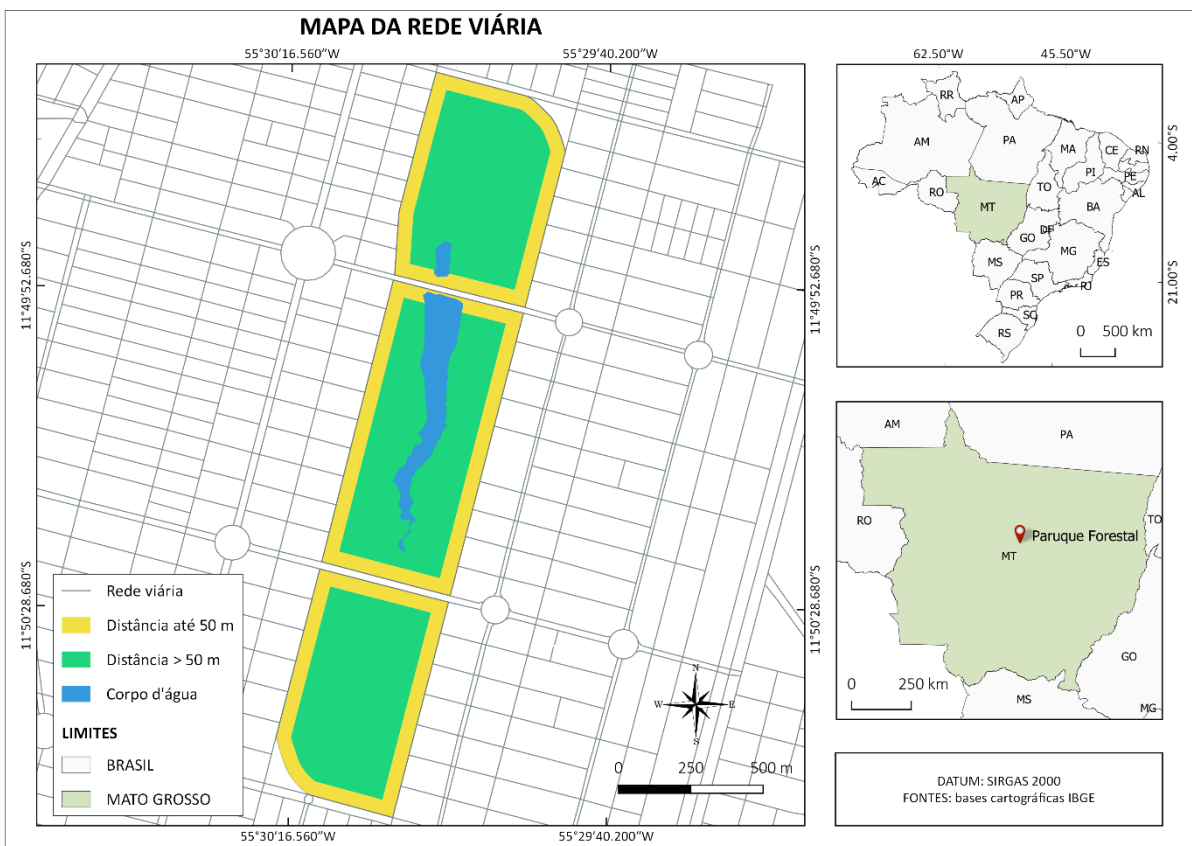


Figura 4. Mapa da Rede Viária. (até 50 metros, maior risco; > 50 metros, menor risco).

Mapa de declividade

A topografia faz o clima e determina o tipo de combustível em uma determinada área. Considerando-se que o comportamento do fogo é em grande parte o resultado do clima e do combustível disponível, pode-se dizer que a topografia também influi decisivamente no comportamento do fogo (BATISTA, 2000). O relevo é um fator importante em relação ao comportamento do fogo, pois exerce influência no tipo de vegetação, e, conseqüentemente, no tipo de material combustível (Ribeiro et al., 2008). Neste contexto, é possível afirmar que a declividade é uma variável determinante e que afeta de forma decisiva os parâmetros e comportamento do fogo.

Observa-se no mapa da declividade (Figura 5) que a maior parte da área de estudo possui baixa declividade, permanece na classe de 0 a 15% dado que indica baixo risco de incêndio. As áreas de declividade acima de 15% representam extensões pequenas, consideradas insignificante em relação ao risco de fogo.

Esses resultados indicam que a declividade não possui influência significativa em relação ao risco de incêndios florestais na área. Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al (2008) em um estudo de zoneamento de risco de incêndios florestais no Paraná, no qual 99,3% da área estudada apresentou declividade abaixo de 15%. E por Ribeiro et al (2012) em um mapeamento do risco de incêndios florestais no município de

Novo Mundo, Mato Grosso, no qual demonstrou um risco baixo para todo o município, pois o percentual também não ultrapassou 15% e valores inferiores a este não representam riscos maiores.

Em um estudo que analisou o comportamento do fogo sob diferentes declividades, Jordaim (2015) verificou que a inclinação do terreno possui relação com a velocidade de propagação do fogo. Isso ocorre, segundo o autor, porque as chamas se aproximam do material combustível à medida que a declividade aumenta e pré-aquece, tornando a combustão mais rápida.

Composição do mapa de risco

Sobrepusemos os mapas gerados com as informações de uso e ocupação do solo, rede viária e declividade e obtivemos um mapa de risco de incêndios florestais no Parque Natural Municipal Florestal de Sinop (Figura 6).

A análise detalhada de cada variável associada ao risco de incêndios permite estabelecer graus ou níveis de riscos, de acordo com a influência maior ou menor dessa variável sobre a ignição e a propagação do fogo em cada local considerado. Desta forma é possível se construir mapas temáticos de risco de incêndios para determinada região, associando-se a variável -fonte de fogo e poder de propagação ao risco potencial de incêndios florestais (Batista, 2000).

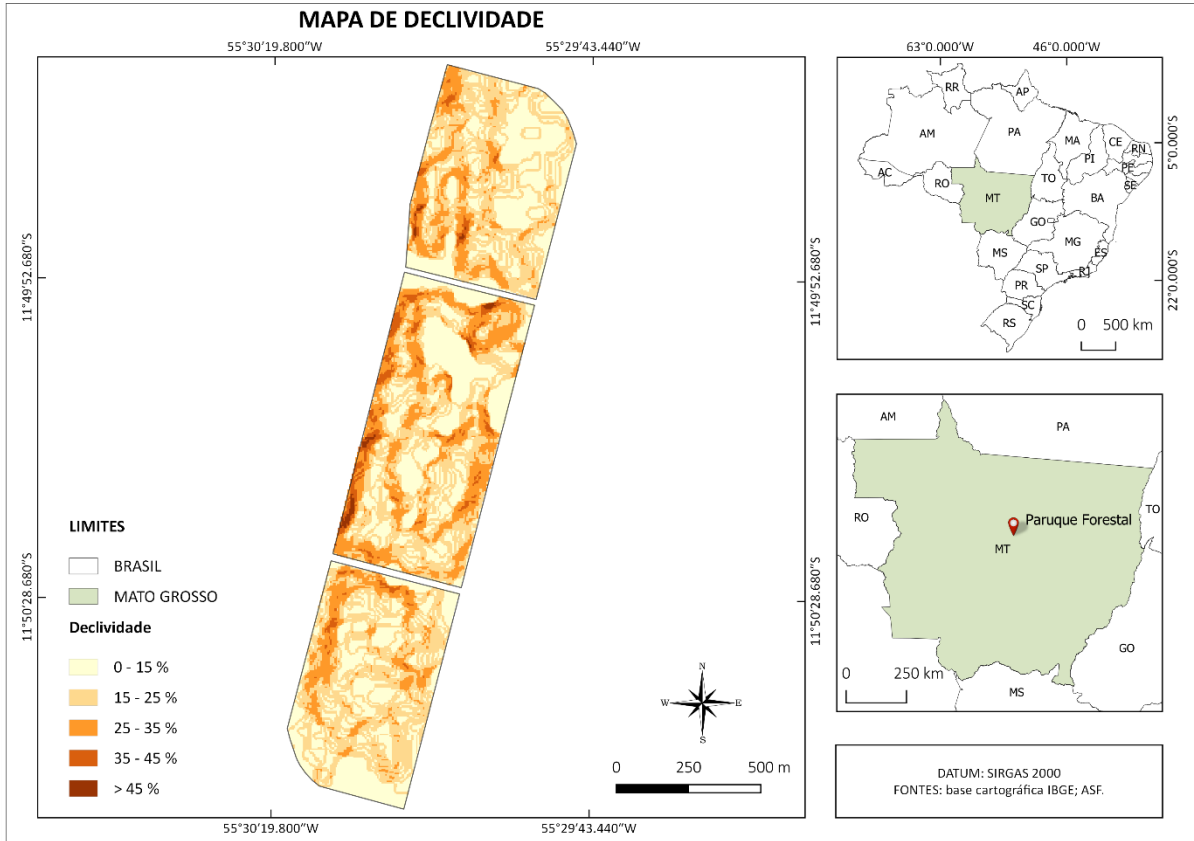


Figura 5. Mapa de Declividade de acordo com as classes de risco de propagação do fogo.

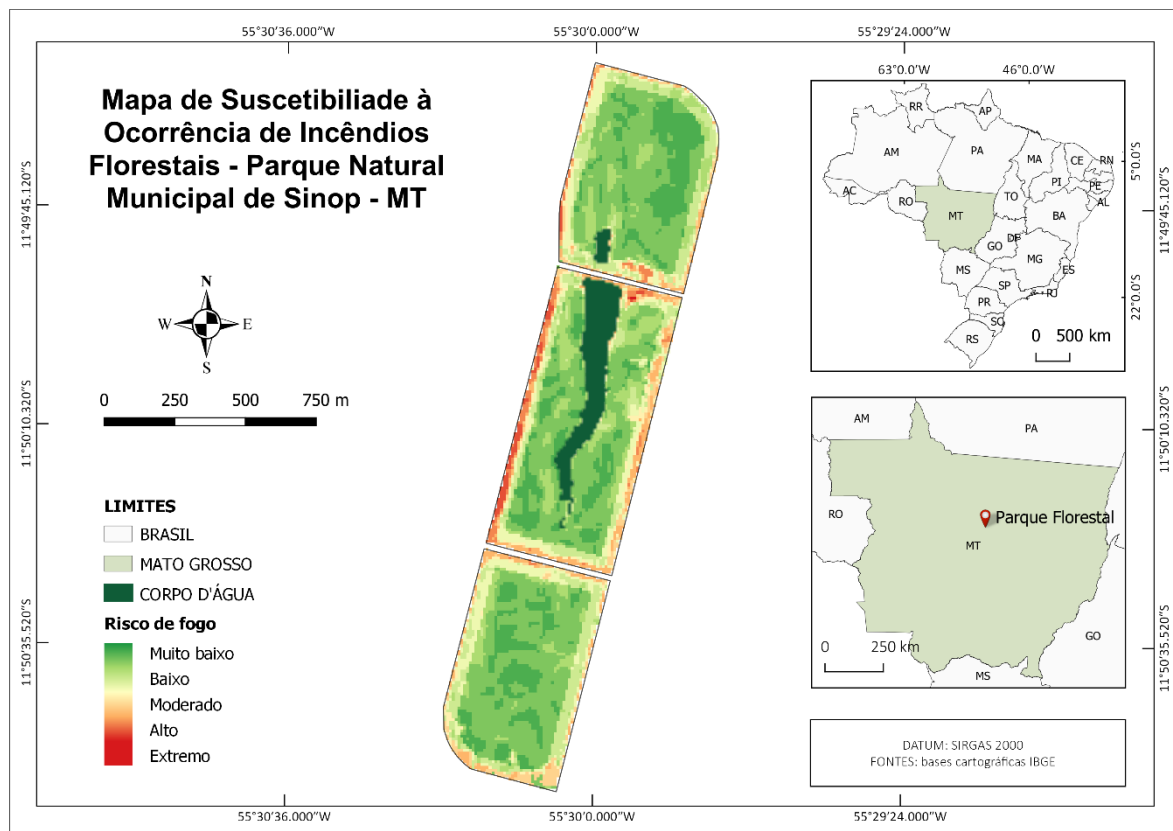


Figura 6. Mapa de Risco de Incêndios Florestais para o Parque Florestal de Sinop, MT.

Embora poucas regiões do parque estejam classificadas como áreas de risco extremo, o mapa de susceptibilidade demonstra que os locais com presença de gramíneas e vegetação seca, se configuram como um risco de ocorrência de incêndios para o parque. Isso se deve à facilidade de ignição e combustão do material fino e seco (White et al., 2014) e ao livre acesso de pessoas a esses locais.

Além do tipo de material combustível, a existência desse tipo de vegetação nas bordas dos fragmentos florestais se torna um agravante para a propagação do fogo, pois estão próximas da rede viária, onde há grande fluxo de pessoas e veículos e, portanto, o risco de incêndios em função da proximidade com a rede viária é maior (Oliveira et al., 2017).

As áreas classificadas como de risco alto ou moderado são áreas com presença de vegetação rasteira. Apesar de estarem dentro do raio de influência da rede viária, a vegetação rasteira apresenta menor facilidade de ignição comparado ao capim, pois possuem menor densidade, o que dificulta a velocidade de propagação do fogo (White et al., 2014).

Como o maior percentual do parque é coberto por mata densa de dossel fechado (86,1 %) e com pouca declividade do terreno (0 a 15 %), classificamos o risco de ignição nessas áreas como muito baixo e baixo, pois essas duas variáveis não expressaram influência significativa na somatória dos mapas.

Já as áreas de solo exposto ou com presença de água não recebem importância na classificação de risco, pois não há presença de material combustível e, portanto, não ocorre a ignição do fogo.

Resultados semelhantes foram observados por Andrade et al. (2011) em um estudo que identificou as áreas vulneráveis aos incêndios florestais na Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso, Viçosa, MG, por meio do uso de SIG. Segundo os autores as áreas mapeadas como vegetação densa de grande porte apresentam menor risco de ocorrência de incêndios florestais, uma vez que essas áreas estão sob vigilância, além da própria característica do material combustível que dificulta ignição do fogo. Corroborando com os resultados dessa pesquisa, Ribeiro et al. (2012) verificaram que as variáveis que exercem maior influência para o aumento da probabilidade de ocorrência de incêndios florestais são aquelas que caracterizam o meio físico, uso e ocupação do solo e estrutura viária. Segundo os autores as áreas sujeitas à influência dessas variáveis são prioritárias para aplicação de medidas preventivas contra os incêndios florestais.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, as variáveis que mais contribuíram para o aumento do risco de incêndios florestais no Parque Natural

Municipal de Sinop, foram o material combustível fino e de fácil ignição, a proximidade da rede viária e as condições meteorológicas em períodos de estiagem.

O uso do SIG permitiu integrar e analisar a importância das variáveis que manifestaram correlação com fenômenos ambientais, e assim auxiliou na identificação de possíveis agentes causadores da degradação ambiental.

Os resultados comprovam a eficiência da utilização de geotecnologias na prevenção dos incêndios florestais, então sugerimos a utilização do SIG como ferramenta de apoio no mapeamento das áreas de risco de incêndios no parque. Entretanto, ressaltamos que os resultados obtidos por meio do geoprocessamento sejam comprovados em campo com a realização de visitas ao local de estudo, e confirmação das características ambientais encontradas.

Contudo, destacamos a importância da elaboração de um plano de manejo que contemple ações de prevenção aos incêndios florestais, como construção de aceiros, manejo para redução do material combustível, restrição da entrada de pessoas nas áreas com proibição de visitação, placas informativas e campanhas educativas no interior e entorno do Parque, com o objetivo de informar e sensibilizar a população local sobre a importância de manter o local limpo, diminuindo o risco de incêndios na unidade, principalmente em períodos de estiagem.

À vista dos resultados atingidos por este trabalho, concluímos que o mapeamento das áreas susceptíveis a ocorrências de incêndios florestais é mais um instrumento que contribui para a preservação da biodiversidade local e colabora com informações importantes, as quais podem ser utilizadas como uma ótima alternativa pelo órgão responsável que gere o Parque Florestal Natural Municipal de Sinop, de maneira a cumprir com os objetivos de conservação, uso sustentável dos recursos naturais e controle de incêndios florestais da Unidade de Conservação.

Referências

ARAGÃO, L. E. O. C.; JUNIOR, C. H. L. S.; JOS, B.; YADVINDER, M. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature communications*, v. 9, n. 1, p. 6, 2018.

ALASKA SATELLITE FACILITY. Modelo Digital de Elevação ALOS PALSAR. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 10 de fev. 2019.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

- ANDRADE, C. F. Uso de fotografias aéreas não convencionais e SIG na elaboração de mapas de risco de incêndios florestais. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de mai. 2011.
- BATISTELA, M. O geoprocessamento a serviço da ecologia no NMA/EMBRAPA. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 10., 1996, Curitiba, PR. Anais... Curitiba: Centro de Convenções de Curitiba: O poder da geoinformação, 1996.
- BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. Floresta 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237-241, Curitiba, PR.
- BRASIL. LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Brasília, DF, mar. 2000.
- CANTARELLI, J. R. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na delimitação e avaliação da qualidade ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno do Campus do Vale da UFRGS. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Geomática, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial par obtenção do grau de Mestre em Geomática, Santa Maria, RS, 2011.
- FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011.
- GALBERTO, C. G.; MORAIS, I. L. Incêndios em vegetação e impactos ambientais entre 2012 e 2016. In: XVIII SIMPOSIO DE BIOLOGIA, 9., 2016, Quirinópolis, GO. Anais... Quirinópolis: Universidade Estadual de Goiás – UEG, 2016.
- IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, 2012. 83p.
- INPE. Banco de Dados de queimadas. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 17 de jan. 2019.
- JORDAIM. COMPORTAMENTO DO FOGO SOB DIFERENTES DECLIVIDADES, EM COMBUSTÍVEIS PROVENIENTES DE UM POVOAMENTO DE Eucalyptus grandis. Monografia apresentada ao departamento de Ciências Florestais e da Madeira (Título de Engenheiro Florestal) Curso de graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2015.
- LAND VIEWER - EARTH OBSERVING SYSTEM. Sentinel-2a. Disponível em: <<https://eos.com/landviewer/?lat=-11.85810&lng=-55.50560&z=11>>. Acesso em: 05 de fev. 2019.
- MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos avançados, São Paulo, vol. 24, n. 68, p. 212, 2010.
- MEDEIROS, M. B. de.; FIEDLER, N. C. INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA: DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.
- NUNES, J. R. S. FMA+ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2005.
- OLIVEIRA, A. L. Comparação e validação da modelagem espacial de riscos de incêndios considerando diferentes métodos de predição. Bull. Geod. Sci, Articles Section, Curitiba, v. 23, nº4, p.574, out. 2017.
- OLIVEIRA, H. A. Uso do sig (sistemas de informação geográfica) como ferramenta de apoio ao gerenciamento de riscos ambientais e tomada de decisão, nos complexos florestais de papel e celulose. 1999. Dissertação (Mestre em Engenharia, Especialidade Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1999.
- OLIVEIRA, Marcus Vinícius Noronha De. Avaliação e Simulação do Comportamento do Fogo no Refúgio da Vida Silvestre Mata do Junco, Sergipe, Brasil. 2016. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, [S. l.], 2016.
- PEREIRA, J. F. Variação da umidade dos combustíveis florestais em função dos índices de perigo de incêndios FMA e FMA+ em um povoamento de Pinus elliottii no município de Rio Negro-PR. 2009. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. – UFPR, Curitiba, 2009.
- PIROLI, E. L. Introdução ao geoprocessamento. Ourinhos: [s.n], 2010.

- RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do canguiri, pinhais – PR. *Floresta*, Curitiba, PR, v.38, n. 3, p. 561, 2008.
- RIBEIRO, L. et al. Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. *CERNE* vol. 18 nº1 Lavras Jan./Mar. 2012.
- RIBEIRO, L. et al. Percepção e uso do fogo por produtores rurais do município de Novo Mundo, Amazônia Mato-grossense, Brasil. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 5., 2008, Brasília. Anais... Brasília, 2008. p. 9. [Links]
- RIBEIRO, L.; SOARES, R. V.; BEPLER, M. Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 18, n. 1, p. 117-126, jan./mar. 2012.
- RODRIGUES, E. L. et al. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapeçerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- ROUSE, J. W., R. H. et al. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 371 pp, 1973.
- SANTOS, A. C. Efeitos de diferentes regimes de queima sobre o estrato herbáceo-subarbusivo da vegetação em áreas de Manejo Integrado do Fogo no Cerrado. Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Brasília, 2019.
- SANTOS JUNIOR, V. J.; LIMA, E. P.; PRADO, R. B. Mapeamento de áreas suscetíveis a ocorrência de incêndios no parque estadual da lapa grande em montes claros-mg, com o uso de sistema de informação geográfica. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL – CBRA, 10., 2016, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro – CREA-RJ, 2016.
- SANTOS, L. F. M. SIG e álgebra de mapas na elaboração de um mapa de potencial de erosão em áreas. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Guaratinguetá, 2011.
- SOARES, R. V. Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo. Curitiba: FUPEF, 213 p, 1985.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: [s.n], 2007.
- TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de juiz de fora (mg). *Caminhos da geografia*, Juiz de Fora, MG, 2006.
- TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de ubá-mg. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.5, p.811-817, 2014.
- TORRES, F. T. P.; LIMA, G. S.; COSTA, A. G.; FÉLIX, G. A.; JÚNIOR, M. R. S. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 531 - 542, 2016.
- TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; FARIA, A. L. L. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. *Floresta e Ambiente*, Viçosa, MG, v. 24, p. 2 – 5, 2017.
- VASCONCELOS, D. Zoneamento de risco a incêndios florestais com uso do Sensoriamento Remoto: aplicação na Mata do Krambeck e arredores, Juiz de Fora – MG. 2013. Dissertação (Mestre em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, 2013.
- WHITE, B. L. A. et al. Caracterização do material combustível superficial no parque nacional serra de itabaiana – sergipe, brasil. *Ci. Fl.*, v. 24, n. 3, jul.-set. 2014.
- BATISTA, Antônio Carlos. Mapas de risco: uma alternativa para planejamento de controle de incêndios florestais. *Revista Floresta* 30 (½): 45-54. Curitiba. 2000.
- FIEDLER, N.C.; SILVA, J.C.; SANTIAGO, J.; MEDEIROS, M.B. Combate aos incêndios florestais. In: *Revista Comunicações Técnicas Florestais*, v.1, n.2. Brasília. 2000.