

Prevenção de incêndios através da análise de vizinhança e sensoramento remoto

Felipe Hashimoto Fengler

Professor Doutor, Facens, Brasil.
felipe_fengler@hotmail.com

Marcela Merides Carvalho

Doutoranda, ICT/Unesp, Brasil.
marcela.merides@hotmail.com

Afonso Peche Filho

Professor Doutor, CEA-IAC, Brasil.
peche@iac.sp.gov.br

RESUMO

Prevenir incêndios é tão importante quanto apagá-los, se for contido de forma segura é possível evitar que se tornem uma tragédia. Desta forma o presente trabalho apresenta uma metodologia para avaliar o potencial de propagação de incêndio na borda de lavouras de milho. Em função da frequente ocorrência de incêndios no Brasil a proposta foi aplicada em propriedades agrícolas do centro oeste brasileiro entre Rios e Maringá, localizadas em Cristalina – GO. Foram utilizados dados dos satélites RESOURCESAT-1 e LANDSAT-5 para a determinação dos mapas de uso e ocupação do solo. Utilizando o índice NDWI e dados de temperatura da banda termal do LANDSAT-5 determinou-se o potencial de inflamabilidade de cada propriedade. A relação entre o uso da terra e o potencial de inflamabilidade resultou em mapas de risco de incêndio. Para avaliar o potencial de propagação de fogo foram selecionados pontos espaçados a 1 km no perímetro, analisados no sentido horário, em uma área de influência de 800 m. Os resultados mostraram que Entre Rios apresenta uma taxa de ocorrência de pontos críticos de 7 km com uma eficiência contra propagação de incêndios na borda de 63%. Maringá apresentou uma taxa de 1 km com uma eficiência de 8%. Através da metodologia proposta foi possível determinar taxas de ocorrência, pontos críticos e eficiência de borda nas propriedades, sendo assim podemos concluir que a metodologia se mostrou eficaz para avaliar o potencial de propagação de incêndio em lavouras, podendo ser aplicada em diversas regiões do Brasil, evitando incêndios na proporção que ocorreram neste ano.

PALAVRAS-CHAVE: SIG. Inflamabilidade. Fogo.

1. INTRODUÇÃO

O fogo foi considerado uma das maiores conquistas do ser humano na pré-história. Cientistas explicam que sua descoberta na Terra data de milhões de anos atrás, e sua utilização em situações cotidianas é algo que nos acompanha desde então. O que não sabíamos, na época de sua descoberta, é o quanto o fogo e seu alastramento poderiam ser prejudiciais em determinadas situações. Infelizmente foram necessárias incontáveis tragédias em âmbito nacional para entendermos a importância e urgência em desenvolver ações de prevenção de incêndio utilizada para a minimização de consequências graves (COSTA et al., 2017; INPE, 2018, WWF, 2020).

As maiores ocorrências de queimadas e incêndios florestais estão associadas às regiões tropicais, que apresentam uma variabilidade anual no número de focos relacionados com o regime hidrológico (CHEN et al., 2011; REIS et al., 2019). Em regiões com baixo índice pluviométrico nas estações secas as preocupações com incêndio são constantes, estes, por sua vez são responsáveis por causar diversos danos. Condições ambientais favoráveis aliadas ao despreparo organizacional tornam frequentes as ocorrências de incêndios no território brasileiro. Segundo a ONG WWF-BRASIL (2020), as queimadas neste ano foram maiores que nos últimos 10 anos, com mais de 20 mil focos de queimadas, o que significa um aumento de 86% em relação ao mesmo período de 2019. As ocorrências dos incêndios florestais, principalmente os de grande magnitude, causam prejuízos econômicos, ecológicos e paisagísticos, além de ameaçarem a vida humana (KOVALSYKIET al. 2016; REIS et al., 2019).

O fogo constitui um elemento natural, comumente utilizado no manejo de ambientes agropastoris, por ser viável economicamente e já estar inserido na cultura agrícola de diversas civilizações. No entanto, a melhor forma de atenuar seus impactos negativos é gerar informação dos graus de risco específicos para cada região (RIBEIRO et al., 2008). O planejamento de ações voltadas ao combate de incêndios necessita de dados e informações

concisas (PEREIRA et al., 2020). De acordo com o Código Florestal, sancionada em 10 de abril de 2012, a Lei nº 12.608, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), autoriza e incentiva a criação de sistemas de informações e monitoramento de desastres, como forma de medidas preventivas e mitigadoras de situação de risco (REIS et.al 2019; LEON et. al., 2019).

Neste sentido o entendimento da forma como o ambiente é ocupado, sua caracterização física, biológica e climática pode auxiliar na detecção de locais que apresentam maior susceptibilidade a incêndios facilitando o planejamento de estratégias de prevenção e combate (PEZZOPANE et al., 2001). Diversas medidas de prevenção e combate têm sido adotadas para minimizar os efeitos negativos do fogo (CHEN et al., 2011; KOVALSYKI et al. 2016; COSTA et al. 2016; REIS et.al 2019). O tema é discutido no gerenciamento de riscos industrial e na avaliação de incêndios florestais (NUNES et al., 2007; CUNHA et al., 2007; CETESB, 2008; SILVA et al., 2011), porém a aplicação das metodologias e ferramentas existentes no ambiente agrícola ainda é limitada. Desta forma, os zoneamentos de risco de incêndios, ou mapas de risco, são instrumentos fundamentais no planejamento de ações em regiões de alta susceptibilidade. A visualização da distribuição espacial do risco em lavouras de milho possibilita uma adequação dos recursos e equipamentos destinados à prevenção e combate de acordo com o nível de perigo, constituindo uma importante ferramenta aos agricultores (RIBEIRO et al., 2008).

Atualmente, o patamar tecnológico oferece ferramentas eficazes para a realização de estudos relacionados a distribuições espaciais, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilitam a integração, relacionamento e processamento de dados vinculados a informações espaciais com aplicação em diversas áreas do conhecimento. Aliado ao Sensoriamento Remoto sua utilização permite a construção de modelos que representam a realidade geográfica, simulam condições futuras e a evolução de fenômenos complexos (MOREIRA, 2007; LEON et. al., 2019).

Desta forma, através de sistemas de detecção de queimadas florestais feitas por meio de dados de sensoriamento remoto, é possível mapear, monitorar e estimar áreas de ocorrência de inflamabilidade, potencial de riscos e propagação de incêndios (REIS et al., 2019, PEREIRA et al., 2020). Neste contexto o trabalho apresenta uma proposta metodológica utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR) para avaliar o risco de propagação de incêndios na região de borda de fazendas de milho.

2. METODOLOGIA

A concepção metodológica teve como base a utilização dos SIGs ILWIS, versão 3.7 e IDRISI, versão Andes, e dados digitais dos satélites ResourceSat-1, sensor LISS3, e Landsat-5, sensor TM, para avaliar o risco de propagação de incêndio na região de borda de lavouras de milho. A metodologia foi desenvolvida no Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônomo de Campinas e testada nas propriedades, Entre Rios e Maringá, localizadas e Cristalina GO. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas:

ETAPA 1 - Levantamento e processamento de dados

As propriedades já possuíam bases de dados geográfica, composta por: Imagem Google Earth de data desconhecida, Mapa de Uso e Ocupação da fazenda, Limites das propriedades, Rede Hidrográfica, Modelo Digital de Elevação.

Devido à natureza do estudo foi necessária a aquisição de dados complementares. Optou-se pela aquisição das cenas do satélite ResourceSat-1, capturada em 21/07/2010, órbita 329, ponto 089; e Landsat-5, capturada em 05/07/2010, órbita 221 (INPE, 2011).

Com a utilização dos Limites das propriedades estabeleceu-se um raio de 10 km redor do perímetro através da operação “Distance Calculation” do programa ILWIS para a determinação do retângulo envolvente.

As imagens de satélite foram adequadas ao Sistema de Projeção e datum da base de dados existente, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e datum “World Geodetic System 1984” (WGS 84). As cenas foram georreferenciadas e submetidas ao processo de redução de dimensionalidade.

As imagens Resource Sat-1 foram submetidas ao processo de classificação assistida para a determinação dos mapas de uso e ocupação referentes a 2010. Na escolha do classificador utilizou-se como referência Iwai (2003) com a adoção da abordagem supervisionada pelo método da máxima verossimilhança. A acurácia do processo foi avaliada entre a comparação do mapa produzido e o mapa já existente nas bases de dados das fazendas.

Utilizando as bandas 4 e 5 das cenas ResourceSat-1 determinou-se o NDWI (Normalized Difference Water Index). O índice expressa o teor de água presente nas feições do ambiente através da relação expressa na equação I (HOLANDA, 2010; SILVA, 2011).

$$\text{Equação I } NDW = \frac{\text{Banda 4} - \text{Banda 5}}{\text{Banda 4} + \text{Banda 5}}$$

Onde:

Banda 4 – Corresponde a banda do infravermelho próximo;

Banda 5 – corresponde à banda do infravermelho médio

Os valores obtidos foram agrupados e classificados, utilizando como referencia a Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de umidade para o NDWI

Classes de umidade	Intervalo NDWI
Seco	>-0,3
Umidade muito baixa	-0,3 - 0,3
Umidade baixa	0,0 - 0,3
Umidade moderada	0,3 - 0,6
Umidade elevada	<0,6

Fonte: (HOLANDA, 2010; SILVA, 2011).

A banda 6 do satélite Landsat-5 foi convertida em um mapa de temperaturas expressas em °C através do comando “Thermal to blackbody conversion” do programa IDRISI. As temperaturas foram agrupadas em cinco classes conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de temperatura

Classes de temperatura (°C)
10-14
14-18
18-22
22-26
26-30

Fonte: Autor

As regiões foram classificadas conforme o grau de inflamabilidade através da sobreposição entre as classes de temperatura e as classes de teor de umidade, utilizou-se o comando Cross” do programa ILWIS.

O mapa de risco de incêndio foi obtido através da sobreposição entre o mapa de inflamabilidade e o mapa de uso e ocupação de 2010 utilizando o comando “Cross” do programa ILWIS.

ETAPA 2 - Análise dos dados

Para avaliar o risco de propagação de fogo na região de borda foram definidos pontos espaçados a 1 km no perímetro. Em cada ponto determinou-se uma área de influência de 800 m, utilizando os comandos “Distance Calculation” e “Slicing” do programa ILWIS. A análise foi realizada no sentido horário iniciando-se no ponto inicial 16°43’46’’S, 47°32’27’’W na fazenda Entre Rios e 15°58’49’’S, 47°33’30’’W na fazenda Maringá. Foram utilizados dois critérios na avaliação dos pontos: magnitude do risco e localização do foco interno ou externo ao limite da fazenda.

Os pontos foram classificados conforme seu risco de propagação em: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto, com notas de 1 a 5 associadas. Quanto maior o potencial de propagação menor a nota. Através da equação II determinou-se o risco propagação de incêndio na região de borda.

$$\text{Equação II } Eff = \frac{\sum_{i=1}^n 1 No}{N_{max} \times n}$$

Onde:

Eff – representa a eficiência de proteção da borda;

No – representa a nota obtida no ponto;

Nmax – representa o valor da nota máxima

n – representa o número total pontos.

Determinou-se a taxa de ocorrência de pontos com risco de propagação de incêndio alto e muito alto através da equação III.

$$\text{Equação III } Tx = \frac{N_{palt}}{P}$$

Onde:

Tx – representa a taxa de ocorrência de pontos com risco alto ou muito alto;

N_{palt} – representa o número de pontos com potencial alto ou muito alto;

P – representa a dimensão do perímetro expresso em km.

3. RESULTADOS

Os resultados da avaliação do risco de propagação de incêndio são apresentados na Tabela 2.

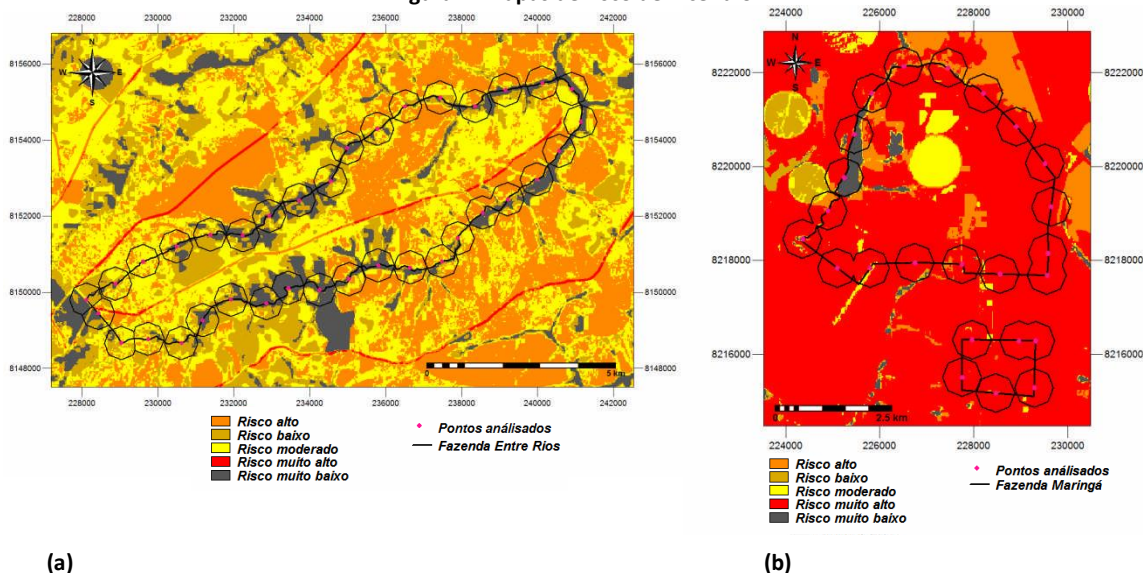
Tabela 2. Resultados da avaliação de risco de propagação de incêndio.

	Fazenda Entre Rios	Fazenda Maringá
Notas obtidas	91	8
Notas máximas	144	96
Eficiência de proteção de borda (%)	63	8
Total de pontos com potencial alto ou muito alto	5	22
Taxa de ocorrência (km)	7	1

Fonte: Autor

Na Figura 1 são apresentados os mapas de risco de incêndio obtidos. A Figura 1 “a” corresponde ao mapa da fazenda Entre Rios e a Figura 1 “b” o mapa da fazenda Maringá.

Figura 1. Mapas de risco de incêndio



Fonte: Autor

A fazenda Entre Rios apresenta uma barreira com elevada eficiência na proteção da borda, porém existem pontos críticos que indicam áreas susceptíveis a propagação de fogo vindo dos vizinhos. Suas regiões sudeste e norte apresentam alta susceptibilidade à propagação de incêndios iniciados em regiões externas a propriedade. Na região norte da fazenda a ocorrência de áreas contínuas com risco alto no interior da fazenda e em sua região externa indicam elevada probabilidade de propagação de incêndios iniciados internamente ou externamente.

A fazenda Maringá se localiza em uma região seca e com ocupações propícias a incêndios, isso aliado à baixa eficiência na proteção da borda indica grande susceptibilidade à propagação de fogo vindo dos vizinhos. A região nordeste apresenta uma proteção maior quanto à propagação do fogo, já a região sul apresenta risco mais elevado. Este diagnóstico sobre as ocorrências das queimadas na região justifica o emprego de um sistema de monitoramento, como forma de medida preventiva e mitigadora de situação de risco de ocorrência de queimadas, tornado se uma fonte de ignição para grandes incêndios.

Para Costa et al., (2017) a identificação das áreas de ocorrência de incêndios, contribuem de forma eficaz na prevenção, no monitoramento e combate destes eventos. A partir destes dados, informações e estimativas sobre localização, período e frequência dos incêndios são geradas, evidenciando sua dinâmica espaço/temporal na área de ocorrência. Considerando que os focos de calor são as principais ferramentas para monitoramento de incêndios no Brasil e apresentam limitações que podem distorcer a real incidência de fogo em determinados locais, sendo assim é importante promover trabalhos de validação desses produtos que possibilitem o aperfeiçoamento tecnológico do monitoramento das queimadas.

De forma geral, através dos dados obtidos foi possível observar que nas duas fazendas são necessárias à adoção de um modelo de gestão orientado para a prevenção e controle de incêndios em suas regiões mais críticas. Como esse é um trabalho inicial, sugere-se a realização de outros trabalhos de validação desse método que possibilitem o aperfeiçoamento tecnológico, tornando o modelo amplamente aplicáveis, além de padronização dos protocolos para determinação da inflamabilidade e suscetibilidade de incêndios.

4. CONCLUSÃO

Mesmo com algumas limitações na utilização do sensoriamento remoto na detecção e prevenção de incêndios florestais e agrícolas, a metodologia representa uma boa opção, permitindo que rapidamente várias vezes ao dia sejam realizadas monitoramentos de áreas extensas. Através do método proposto foi possível criar um sistema de monitoramento, que integrou as fases de coleta de dados e o cruzamento com os dados geográficos, através de um modelo de análise, capaz de gerar detectar potencial de inflamabilidade e a ocorrência de queimada em uma propriedade rural.

Por tanto, a metodologia se mostrou prática e eficaz para avaliar o risco de propagação de fogo, permitindo estimar taxas de ocorrência e a eficiência na proteção de borda, além disso, os resultados possibilitaram a identificar de regiões críticas. Desta forma, a proposta pode ser utilizada para elaboração de planos de prevenção e controle de incêndios.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao grupo de pesquisa CEA/ IAC – Centro de Engenharia e Automação/ Instituto Agrônômico de Campinas e ICTS – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba/ UNESP Sorocaba pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. **Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos**. 2ª edição. São Paulo: Cetesb, 2008. 180 p.

CHEN, Y.; RANDERSON, J.T.; MORTON, D.C.; DE FRIES, R.S.; COLLATZ, G.J.; KASIBHATLA, P.S.; GIGLIO, L.; JIN, Y.; MARLIER, M.E. “Forecasting fire season severity in South America using seasurface temperature anomalies”. *Science*, v. 334, p. 787–791, 2011

COSTA, G. A.; FIRMINO, C. T.; PIROVANI, D. B. **Análise da aplicação do sensoriamento remoto na detecção de focos de calor**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos campos, 2017.

CUNHA, A. M. C.; LIMA, C. A.; DIETZSCH, L. **Levantamento de áreas de maior risco de incêndios através de dados NOAA12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé**, In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. Anais... INPE, 2007, p.4439-4446.

INPE. **Catálogo de Imagens**. Brasil. 2011. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Plataforma de monitoramento, análise e alerta a extremos ambientais. Disponível em <http://www.terra2.dpi.inpe.br/>. Acesso em: out. 2018.

IWAI, O. K. **Mapeamento do uso do solo urbano do município de São Bernardo do Campo. Através de imagens de satélites**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Transportes) – Departamento de Engenharia de transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HOLANDA, A. S. S.; GUERRA, C. E. **Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI**, In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2010, Recife. Anais... Recife: Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, 2010, p.27-30.

LEON, J.; MORELLI, F.; ROSA, W.; OLIVEIRA, L.; PRADO, H.; MARTINS, G.; SETZER, A.; SOUZA, P. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa Queimadas Avanços tecnológicos na disseminação de dados Ambientais e de Sensoriamento Remoto para a prevenção e combate aos incêndios florestais**. Sistemas de Dados Abertos do Programa Queimadas, INPE, 2019.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª edição - Viçosa: UFV, 307 p., 2007.

NUNES, J. R. S.; BEUTLING, A.; L.; KOPROSSI, L. P.; MELO, L. A. N.; BIONDI, D.; V. S.; BATISTA, A. C. **Relação entre a qualidade da paisagem e o risco de incêndios florestais, Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, p.145-154, 2007.

Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 16, número 8, 2020

PEREIRA, G. H. A.; JÚNIOR, C. C.; FRONZA, G. DEPPE, F. **Desenvolvimento do Índice de Perigo de Incêndio (IPI) a partir de dados meteorológicos e imagens MODIS para a prevenção e combate a incêndios. Methodology for determining the Fire Danger index (IPI) from weather data and MODIS images.** *Ciência e Natura*, Santa Maria v. 42, 2020. DOI:10.5902/2179460X37624

PEZZOPANE, J. E. M.; NETO, S. N. O.; VILELA, M. F. **Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo**, *Seropédia*, v.8, n.1, p.116-166, 2001.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S.; GALVÍNCIO, J. D. **Identificação de áreas susceptíveis a processo de certificação no médio trecho da bacia do Ipojuca - PE através do mapeamento do estresse hídrico da vegetação e da estimativa do índice de aridez**, *Recife*, v.4, n.6, p.156-178, 2011.

REIS, J. B. C. ANDERSON, L. O.; LOPES, E. S.; PESSÔA, A. C. M.; REI, V. L.; BROWN, I. F. **Sistema de alerta de focos de queimadas em propriedades rurais para prevenção de incêndios florestais no município de Rio Branco, Acre.**

ANAIAS DO XIX SIMÓSIOS BRASILEIRO D SENSORIAMENTO REMOTO – INPE, 2019. ISBN: 978-85-17-00097-3

RIBEIRO, L.; KOPROSSI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, V. S.; BATISTA, A. C. **Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR), Floresta**, *Curitiba, PR*, v. 38, n. 3, p.561-572, 2008.

BRUNA KOVALSYKI, B.; I. K. TAKASHINA.; TRES, A.; TETTO, A. F. BATISTA, A. C. **Inflamabilidade de espécies arbóreas para uso em cortinas de segurança na prevenção de incêndios florestais.** *Brazilian Journal of Forestry Research*. EMBRAPA, 2016. doi: 10.4336/2016.pfb.36.88.991

WWF-BRASIL. **DESMATAMENTO E QUEIMADAS 2020**. Disponível em:

https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/desmatamento_e_queimadas__uma_nova_tragedia_em_2020/ Acesso em: out. 2019.