



## ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA DETECÇÃO DE FOCOS DE CALOR

**Gizely Azevedo Costa<sup>1</sup>, Caroline Tavares Firmino<sup>1</sup>, Daiani Bernardo Pirovani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* de Alegre, Rua Principal s/n<sup>o</sup> - Distrito de Rive – Caixa Postal 47, CEP: 29500-000 – Alegre – ES, e-mail: gizelyac.11@hotmail.com, carolzinhatavares13@hotmail.com, daiani.pirovani@ifes.edu.br.

**Resumo** - Incêndios florestais são cada vez mais frequentes no Brasil e apresentam um potencial devastador à população de fauna e flora presentes, podendo levar a diversos impactos negativos como empobrecimento do solo, destruição da vegetação entre muitos outros malefícios, assim medidas de prevenção e controle imediato dos incêndios são primordiais sendo as geotecnologias, em específico o Sensoriamento Remoto (SR) uma ferramenta poderosa na detecção de focos de calor que evidenciem a ocorrência de um possível incêndio florestal. Diante disso, objetivou-se com este estudo realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação do sensoriamento remoto da detecção de focos de calor avaliando sua eficiência e limitações na prevenção e combate dos incêndios florestais. Para isso a metodologia utilizada consistiu em um levantamento bibliográfico do tema buscando informações dos mais diversificados autores. Foi possível constatar que o monitoramento por meio do (SR) apesar de em alguns casos levar a alguns erros se apresenta como uma boa ferramenta auxiliadora na detecção, prevenção e combate de incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Detecção de incêndios florestais. Focos de Calor. Queimadas. Sensoriamento Remoto.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Agrônoma

### Introdução

Incêndios florestais são uma das principais fontes de danos aos ecossistemas florestais, tem importância ecológica fundamental devida sua influência sobre a poluição atmosférica e mudanças climáticas, que têm impactos diretos e indiretos sobre os habitats e os ecossistemas (SOUZA et al., 2014). De acordo com Andreae e Merlet (2001) em uma escala global, cerca de 90% das queimadas são de origem antrópica, com os 10% restantes relacionados a acidentes ou causas naturais, como raios.

Um incêndio florestal pode promover diversos prejuízos ambientais, dentre os quais se destacam: redução dos estoques genéticos, destruição de habitats, extinção de nascentes, destruição de reservas e áreas de preservação, infertilidade e desertificação do solo, aparecimento de processos erosivos e extinção de espécies da fauna e flora (GUIMARÃES et al., 2014). Visto os impactos que podem ser ocasionados pelos incêndios florestais, vê-se a importância da rapidez e eficiência na detecção e monitoramento de focos de calor a fim de evitar que incêndios florestais se iniciem e se alastrem com maior frequência e também viabilizar um combate estratégico buscando minimizar os efeitos da queima, sendo, portanto os métodos de detecção e monitoramento de incêndios fundamentais para o planejamento, controle e dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo no local atingido.

Santos et al., (2011) afirmam que as geotecnologias surgem como um importante recurso de subsídio na identificação das queimadas permitindo localizar, quantificar e fazer estudos de análises espaço-temporais das áreas onde ocorrem incêndios. Sendo que uma ferramenta importante para essa identificação é o Sensoriamento Remoto que permite cruzar informações georreferenciadas e saber a quantidade e a localização dos focos de calor. Segundo Gontijo et al., (2011) focos de calor se caracterizam por serem pontos geográficos captados por sensores espaciais na superfície da Terra, quando detectados a uma temperatura acima de 47°C em uma área mínima de 900 m<sup>2</sup>.

Deste modo, visto a importância da temática o objetivo do estudo é realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação do sensoriamento remoto na detecção de focos de calor buscando avaliar sua eficiência bem como suas limitações na prevenção e combate de incêndios florestais.

## Metodologia

A ferramenta metodológica utilizada para a realização desse estudo constitui-se em um embasamento teórico sobre a temática por meio de um levantamento bibliográfico buscando nas bases de dados científicas trabalhos dos mais variados pesquisadores à respeito do assunto.

## Resultados

Constata-se que os incêndios são uma das principais fontes de impactos negativos para os ecossistemas, dependendo de sua dimensão e atuação sobre o local afetado danos irreparáveis podem ser ocasionados para a população de fauna e flora presentes. Nessa perspectiva a adoção de medidas protetivas de monitoramento e prevenção são cruciais a fim de evitar e minimizar os impactos gerados, uma vez que quanto antes descoberto um incêndio maiores são as chances de combate permitindo que ações bem planejadas sejam executadas. Atualmente existem diversos métodos que podem ser utilizados para identificação dos incêndios florestais dependendo das características do local afetado, entretanto um método em específico vem sendo amplamente utilizado no País com a finalidade de monitorar cotidianamente focos de calor por ser tratar de um método extremamente ágil que é a utilização das geotecnologias, em específico a utilização do Sensoriamento Remoto (SR), que permite detectar e localizar em tempo real focos de incêndio, tornando assim mais efetivo o combate.

O sensoriamento remoto surge como uma ferramenta ímpar no monitoramento e controle ambiental em escala global, pela sua capacidade de fornecer levantamentos sinópticos e repetitivos de grandes áreas, às vezes inacessíveis, custo operacional relativamente baixo, de modo rápido e sem necessidade de deslocamentos rotineiros aos locais de estudo. Os sistemas sensores a bordo dos satélites possuem a capacidade de prover informações de forma regular e sistemática em nível regional ou global das atividades do fogo, sendo uma eficiente ferramenta na análise da ocorrência e quantificação de áreas queimadas (SILVA et al., 2013).

Segundo Tomzhinski et al., (2011) o sensoriamento remoto e, em particular, a detecção de focos de calor por satélite constituem parte importante do sistema de monitoramento de incêndios florestais dos dois principais órgãos federais ligados à prevenção e combate dessas ocorrências, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ainda de acordo com o ICMBIO (2010) seja para a prevenção e combate aos incêndios florestais, para o manejo do fogo ou para os estudos da ecologia do fogo, os sistemas de detecção de incêndios constituem importante fonte de informação. Tanto o ICMBio, através da Coordenação Geral de Proteção Ambiental, quanto o IBAMA, através do PREVFOGO, possuem metodologias que utilizam do Sensoriamento Remoto para identificação e localização dos incêndios. Além disso, também são utilizados como um dos componentes dessa metodologia os dados de focos de calor detectados por satélites e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No entanto, existe certo grau de incerteza e imprecisão nos sistemas de detecção por satélites, sendo necessária para seu refinamento, uma validação de campo e o retorno dessas informações.

De acordo com Batista (2004) justifica-se o uso do sensoriamento remoto como ferramenta de detecção de focos de calor pois para países de grande extensão territorial como o Brasil, o monitoramento dos incêndios, a nível nacional e em escalas regionais, através de imagens de satélites é o meio mais eficiente e de baixo custo, quando comparado com os demais meios de detecção. O planejamento nacional das atividades de controle de incêndios florestais, o disciplinamento das atividades de uso do fogo controlado, bem como a avaliação dos efeitos do fogo sobre a atmosfera, só é viável através do monitoramento por satélites. Portanto, as informações obtidas devem ser de qualidade e confiáveis.

## Discussão

A necessidade de avançar continuamente no controle às queimadas em ambientes naturais fomenta a produção de tecnologias que possibilitam monitorar suas ocorrências no planeta. Atualmente, análises geradas em sistemas de informações geográficas com dados derivados de sensoriamento remoto propiciam uma ampla visão sobre distribuição temporal, espacial e padrões das queimadas em diferentes escalas, permitindo estudar as interações do fogo com as relações culturais e socioambientais (PEREIRA et al., 2012).

Esses avanços começaram em 1972 com o lançamento do primeiro satélite Landsat que possibilitou detectar alterações nas áreas florestais através do espaço. Desde então, as imagens termais e do infravermelho médio têm sido usadas na detecção de incêndios e estudos de mapeamento, permitindo que áreas queimadas e não queimadas sejam detectadas através do contraste entre os gradientes térmicos (REMMEL e PERERA, 2001). A partir desse impulso até então vem crescendo cada vez mais a utilização das imagens de satélites para essa finalidade por meio de diversos avanços tecnológicos que vieram ocorrendo.

Granemann e Carneiro (2009) confirmam que com o avanço tecnológico foi tornando-se possível a utilização das imagens de satélites, obtidas a partir de sensores remotos a bordo de satélites, para detectar e localizar, em tempo real, focos de incêndio. O Brasil investe em tecnologias que permitem o monitoramento e controle dos focos de calor em tempo recorde, sendo de grande auxílio no combate às queimadas. Ainda de acordo com Costa e Leite (2013) no Brasil, como parte de um esforço de monitorar e minimizar as alterações advindas de queimadas, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem desenvolvendo e aprimorando desde a década de 1980 um sistema operacional de detecção de queimadas, denominado de BDQueimadas.

A disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre localização e extensão das áreas queimadas é muito importante para avaliar perdas econômicas e efeitos ecológicos, monitorar mudanças no uso e cobertura da terra e elaborar modelos atmosféricos e de impactos climáticos devidos à queima de biomassa vegetal. O sensoriamento remoto representa uma ferramenta particularmente útil para obter essas informações, principalmente em extensas áreas afetadas pelo fogo ou áreas de difícil acesso (PEREIRA et al., 1997). Pinheiro e Borges (2014) confirmam que o sensoriamento remoto associado ao geoprocessamento são importantes ferramentas para detectar, de forma rápida, as mudanças do meio ambiente.

De acordo com Florenzano (2007), estima-se que no Brasil anualmente ocorram mais de 300 000 queimadas, as quais são detectadas desde a década de 80 por pesquisadores do INPE, sendo que a partir de 1998 este trabalho passou a ser realizado em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), através do Programa de Monitoramento de Queimadas e Prevenção e Controle de Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento da Amazônia (PROARCO).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem aperfeiçoando seu sistema que utiliza imagens de sensores de satélites polares e geoestacionários para a detecção de queimadas (PEREIRA e SILVA, 2016). São disponibilizados pelo INPE dados de focos de calor oriundos desses satélites, sendo esses dados gerados a partir de coletas de sensores que operam na faixa termal, entre 3,7  $\mu\text{m}$  e 4,1  $\mu\text{m}$ . De modo geral, queimadas com uma dimensão mínima de 30 x 1 m são captadas e classificadas como foco de calor (LAZZARINI et al., 2012). Imagens termais diárias permitem a detecção em tempo quase real das queimadas. Temperaturas acima de 47° são interpretadas como sendo foco de calor. Queimadas com no mínimo 900m<sup>2</sup> podem ser detectadas no sensor AVHRR. A expressão focos de calor é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo por sensores espaciais. O sensor AVHRR (advanced very high resolution radiometer) capta e registra qualquer temperatura acima de 47 °C e a interpreta como sendo um foco de calor. Apesar da resolução espacial ser baixa (1,1km), queimadas com áreas de no mínimo 900 m<sup>2</sup> podem ser detectadas (ANTUNES, 2000).

Para Silva et al., (2013) os dados de focos de calor, extraídos de imagens de satélites, para 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.

Os focos de calor são as principais ferramentas para monitoramento de incêndios no Brasil. Contudo, apresentam limitações que podem distorcer a real incidência de fogo em determinados locais (LAZZARINI et al., 2016). Nem tudo que é foco de calor é incêndio, e nem todo incêndio é detectado pelos sensores, sendo assim é importante promover trabalhos de validação desses produtos que possibilitem o aperfeiçoamento tecnológico do monitoramento das queimadas (GONTIJO et al., 2011).

A relação entre foco de calor e queimada não é direta, já que um foco de calor pode corresponder a uma queimada ou a várias queimadas dentro de um mesmo pixel. Por outro lado, uma queimada muito extensa é detectada por um grupo de pixels vizinhos, resultando em vários focos de calor associados a uma única queimada (BITTENCOURT et al., 2013).

Pereira et al., (2012) concluíram que queimadas de menores dimensões são menos passíveis de detecção orbital. Pantoja e Brown (2007) em sua pesquisa determinaram que apenas 4% de focos de calor foram associados aos incêndios florestais. Para os autores, os incêndios são dificilmente detectados por todos os satélites e sugerem que novas abordagens precisam ser desenvolvidas para poder detectar a ocorrência de incêndios em florestas. Tomzhinski et al., (2011) chegaram a conclusão que o método de detecção de focos de calor, se utilizado isoladamente, omite significativa parte das ocorrências de fogo.

Para Booth (2013) em sua região de estudo o Estado do Acre, os dados disponibilizados pelo INPE apesar de serem provenientes de vários satélites, possuem limitações para detectar focos de calor. A presença de nuvens provavelmente influenciaram na quantificação das áreas desflorestadas e nos focos de calor, pois por ser uma região com grande presença de nuvens durante longos períodos, estas podem mascarar resultados além também do efeito do sombreamento das árvores que podem em menor grau interferir sobre a detecção dos focos em áreas com florestas.

Lazzarini et al., (2016) também encontrou algumas limitações para um uso em específico do sensoriamento remoto na detecção de focos de calor, de acordo com os resultados obtidos na pesquisa dos autores ficou constatado que apesar dos focos de calor serem uma das poucas ferramentas amplamente difundidas para o monitoramento de queimadas e incêndios, eles não mostraram viabilidade de uso para avaliação dos eventos que ocorrem em áreas urbanizadas e no entorno. Uma proporção muito grande dos eventos não é detectada, o que subestima a real dimensão dos problemas oriundos da combustão da vegetação.

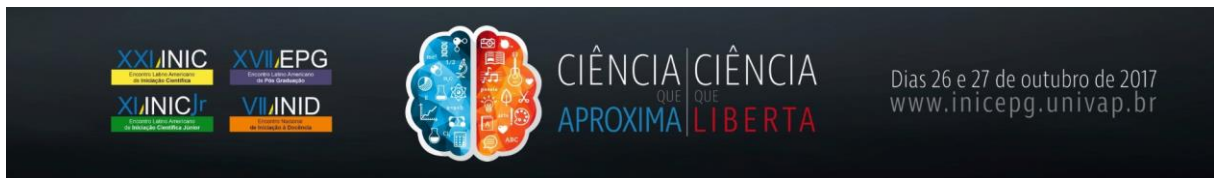
Resultados divergentes foram alcançados por Silva et al., (2013) os autores concluíram que as imagens de satélites aliadas à técnicas de sensoriamento remoto no estudo de queimadas florestais mostram-se sim um método eficiente, simples e viável, capaz de fornecer dados da localização destas áreas e quantificação das mesmas. Ainda de acordo com Corrêa e Alencar (2013) o monitoramento de queimadas em imagens de satélites é imprescindível para regiões sem meios intensivos de acompanhamento, condição esta que representa a situação geral do País.

## Conclusão

Mesmo com algumas limitações e possíveis erros a utilização do sensoriamento remoto na detecção de incêndios florestais por meio da análise de focos de calor representa uma boa opção aliada a outras alternativas, permitindo que rapidamente várias vezes ao dia sejam realizados monitoramentos de áreas extensas e até mais remotas, onde possivelmente sem essa tecnologia a obtenção de informações sobre esses locais ficariam desconhecidas.

## Referências

- ANDREAE, M. O.; MERLET, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, **Global Biogeochemical Cycles**, n. 15, v.4, 2001.
- ANTUNES, M. A. H. Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo. **Ação Ambiental**, 2000.
- BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. **Revista Floresta**, Mai/Ago, 2004.
- BITTENCOURT, D. Z.; BAZZAN, T. LAHM, R. A. Análise temporal e espacial dos focos de calor no município de São Francisco de Paula, RS, no período entre 2003 e 2012. **Caderno de Estudos Geoambientais**, 2013.
- BOOTH, M. C. **Relação de focos de calor com o desmatamento no estado do Acre entre 2004 – 2011**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, 2013.
- CORREA, C. R.; ALENCAR, R. C. C. Focos de queimadas em unidades de conservação. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 2013.
- COSTA, J.F.; LEITE, E. F. Detecção de focos de calor e cicatrizes de queimadas por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Areias-TO. **Anais. 9º seminário de iniciação científica**, 2013.



- FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. **Oficina de Textos**. São Paulo, 2007.
- GRANEMANN, D. C.; CARNEIRO, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 1, N. 1, 2009.
- GUIMARAES, P.P.; SOUZA, S. M.; FIEDLER, N. C.; SILVA, A. G. Análise de Impacto Ambiental de um Incêndio Florestal. **Revista Agrarian Academy. Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.1, n.01, 2014.
- GONTIJO, G. A; PEREIRA, A. A; OLIVEIRA, E. D. S; JUNIOR, F. W. A Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba/PR. **Anais**. São Jose dos Campos: INPE, 2011.
- ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. **Apostila**. Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Coordenação Geral de Proteção Ambiental. Brasília, 2010.
- LAZZARINI, G. M. J.; FERREIRA, L. C. C.; FELICÍSSIMO, M. F. G.; OLIVEIRA, L. N.; ALVES, M. V. G. Análise da detecção e ocorrência de queimadas em áreas urbanizadas e entorno. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria v.38, n.3, 2016.
- LAZZARINI, G. M. J.; FERREIRA, L. C. C.; FELICÍSSIMO, M. F. G.; LIRA, R. G.; JUSTINO, A. G.; GOMES, C.; RIBEIRO, J. C. N.; MAGALHÃES, G. R. D. Análise da distribuição de focos de calor no Tocantins entre 2002 e 2011. **Revista Interface**, 2012.
- PANTOJA, N.V.; BROWN, I.F. Acurácia dos sensores AVHRR, GOES e MODIS na detecção de incêndio florestais e queimadas a partir de observações aéreas no estado do Acre, Brasil. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, 2007.
- PEREIRA, J. A. V.; SILVA, J. B. Detecção de focos de calor no estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. **Revista Geografia Acadêmica**. v.10, n.1, 2016.
- PEREIRA, A. P; PEREIRA, J. A. A.; MORELLI, F.; BARROS, D. A.; ACERBI, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 335-343, abr./jun. 2012.
- PEREIRA, J.M.C.; CHUVIECO, E.; BEAUDOIN, A. Remote sensing of burned areas: a review. **Ed. A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires**, 1997.
- PINHEIRO, P. S.; BORGES, E. F. Quantificação e análise da distribuição espacial dos focos de calor na sub-bacia do rio grande-BA. **Anais**. Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – Geonordeste, 2014.
- REMMEL, T. K.; PERERA, A. H. Fire mapping in a northern boreal forest: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection. **Forest Ecology and Management** 152:119-129, 2001.
- SANTOS, C. A. P. d; SOUZA, U. B. d; SILVA, W. L. Quantificação dos focos de calor na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba. **Anais**. São Jose dos Campos: INPE, 2011.
- SILVA, R. G.; MIRANDA, J. R.; NASCIMENTO, C. R. Detecção de áreas queimadas no Parque Estadual de Serra Nova/MG utilizando os índices espectrais NDVI e NDBR. **Anais**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013.
- SILVA, T. B.; ROCHA, W. J. S. F.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Anais**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013.
- SOUZA, A. R.; COSTA, H. B.; DANTAS, F. R.; TUPINAMBÁ, M. K. F. Monitoramento por satélite do risco de queimadas na região sul do Piauí. **Anais**. Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – Geonordeste, 2014.



TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M.C. Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**. Ano I, Nº 2, 201-211, 2011.