

## Avaliação das cicatrizes de queimadas nos municípios de Barreiras e São Desidério-BA

Priscila Santos Pinheiro<sup>1</sup>  
Elane Fiúza Borges<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
BR 116, KM 03, 44036-900 – Feira de Santana – BA, Brasil  
pinheiro.priscila@hotmail.com  
elaneborges@gmail.com

**Abstract.** The west Baiano goes through changes and transformations since its formation and occupation. Barreiras and São Desidério, which correspond to the study site of this work are located in this region. The Western Bahia is inserted in the Cerrado and its main economic activity it's agribusiness, which promotes the expansion of the agricultural frontier. The cities of São Desidério and Barreiras are part of this dynamic and fires, which are characteristic in this region, have become more intense and regular. Given this study aimed to map the dynamics and evolution of the scars of fires in the study area in the years 2008, 2010 and 2012, through plans vector. The mapping of burnt scars demonstrated the recurrence of these years and which they resorted. This study also aimed to develop a model in a GIS environment, vulnerability to fire of the study area. In the model we found three of the five different levels of vulnerability: low, medium and high, which shows that the most vulnerable areas are those with steep slopes. In order to associate the mapping of scars to model vulnerability to fires held a tabulate area. This demonstrated that the areas most affected by the fires are those where modeling indicated as medium vulnerability, however areas with low vulnerability presented fairly obvious scars.

**Palavras-chave:** western Bahia, seasonality, Remote Sensing, oeste da Bahia, sazonalidade, Sensoriamento Remoto.

### 1. Introdução

O Cerrado ocupa mais de 2 milhões de km<sup>2</sup>, o equivalente a um quarto de todo o território nacional, é caracterizado por uma vegetação diversificada, apresentando desde formas campestres bem abertas, como os campos limpos de cerrado, passando pelas formações savânicas (cerrado sentido restrito), até formas relativamente mais densas e de porte florestal, como os cerradões, Coutinho (2000); Ribeiro e Walter (2008). O Cerrado é o segundo maior domínio do Brasil em tamanho, após a Amazônia, e o segundo mais degradado, após a Mata Atlântica, no entanto tem recebido pouca atenção quando comparada àquela dedicada a esses outros dois domínios, Pereira Jr. (2002). O fogo é um evento natural do Cerrado, mas na atualidade é intensamente utilizado em atividades antrópicas ligadas às práticas agropecuárias, sendo estimados que 20 a 30% do Cerrado são queimados anualmente, Pereira Jr. (2002).

As queimadas, em tempos remotos, caracterizavam-se como evento natural que ocorriam, basicamente, pela incidência de raios sobre a vegetação bastante estressada hidricamente. Com o domínio do uso do fogo, crescimento da população e a ocupação irregular pelo homem a frequência das queimadas aumentou, assim o período de ocorrência destas foi alterando e os danos ao ambiente foram potencializados, Pereira Jr. (2002).

As geotecnologias se mostram ferramentas eficientes no monitoramento das ocorrências das queimadas. Os dados obtidos através de pesquisas por sensoriamento remoto são relevantes para a formulação de estratégias de prevenção e combate aos incêndios. O monitoramento de queimadas a partir de imagens de satélites é imprescindível para regiões sem meios intensivos de acompanhamento, condição esta que representa a situação geral do país, Corrêa e Alencar (2013).

O sensoriamento remoto usado para fins de monitoramento e intervenção em tempo real, também pode ser utilizado em estudos de análise temporal para uma determinada área, fato relevante na identificação das transformações do ambiente por ações antrópicas e naturais, Santos et al. (2011). Assim, este trabalho objetivou analisar a recorrência das cicatrizes de

queimadas, sua dimensão e evolução na área de estudo nos anos de 2008, 2010 e 2012, bem como visou identificar os riscos às queimadas por meio do desenvolvimento de um modelo de vulnerabilidade aos incêndios.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo compreende os municípios de Barreiras e São Desidério localizados no oeste da Bahia, inseridos no bioma Cerrado (Figura 1). Estes municípios têm como principal atividade econômica o agronegócio. Este tem promovido a expansão da fronteira agrícola e, conseqüentemente, tem acarretado alterações ambientais na área de estudo como as queimadas, comuns nessa região, mas que se tornaram mais recorrentes e mais intensas.

As queimadas na região oeste da Bahia ocorrem, principalmente, durante o período mais seco – maio a outubro – com a principal finalidade de abrir novas áreas para o desenvolvimento das atividades agropecuárias. Entretanto, os incêndios mais periódicos acabam por provocar impactos ambientais desastrosos, como o comprometimento da qualidade do ar, perda de nutrientes do solo, redução do teor de matéria-orgânica, além de favorecer os processos erosivos.

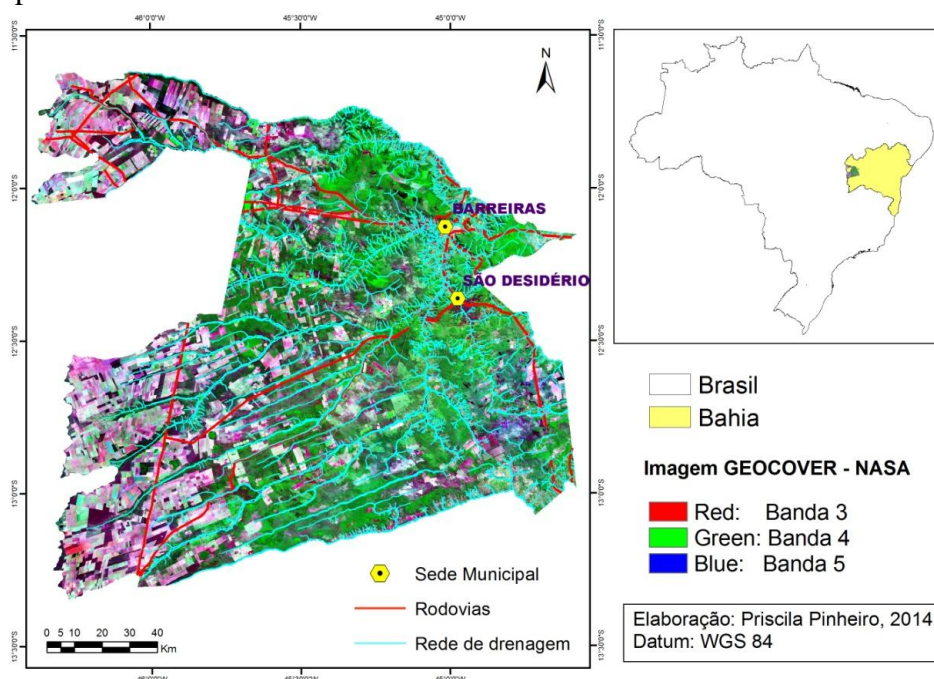


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Para o desenvolvimento desse trabalho utilizaram-se planos de informações vetoriais. O mapeamento foi feito a partir de imagens dos anos de 2008, 2010 e 2012 dos satélites TM/Landsat-5 e LISS3/ResourceSat-1/. Os dados adquiridos, para 2008 e 2010 são do satélite TM/Landsat-5 - resolução espacial de 30 metros, 7 bandas espectrais (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio, infravermelho termal e infravermelho de ondas curtas), resolução temporal de 16 dias e 8 bits de resolução radiométrica - referentes às órbitas/pontos de 221/67, 221/68, 220/67, 220/68, 220/69, 219/67, 219/68, 219/69, registradas durante o mês de outubro. Para o ano de 2012, os dados adquiridos são do satélite indiano LISS3/ResourceSat-1, referentes às órbitas/pontos de 329/84, 329/85, 329/86, 330/84, 330/85, 330/86, 331/84, 331/85, 331/86, registradas também no mês de outubro. Tais imagens possuem resolução espacial de 23,5 metros, 4 bandas espectrais (verde, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas), resolução temporal de 24 dias e 7 bits de resolução radiométrica. As imagens utilizadas neste trabalho foram selecionadas

conforme a menor presença de nuvens e às condições da vegetação em relação aos efeitos da sazonalidade. Desta forma, consideraram-se os recortes, tanto temporal, quanto espacial.

As cenas referentes a cada ano foram georreferenciadas, mosaicadas e recortadas de acordo o limite da área de estudo. Em seguida, fez-se a vetorização manual das cicatrizes de queimadas. Posteriormente os planos vetoriais referentes aos anos de 2008, 2010 e 2012 foram transformados em dados raster e integrados por meio do operador “soma”, a fim de identificar as áreas que foram queimadas uma, duas e três vezes, bem como as áreas que não apresentaram cicatrizes de queimadas em nenhum dos períodos analisados. Para tanto, utilizaram-se valores em potência de dois, pois a soma dos atributos não geram ambiguidades, Silva (2003), permitindo verificar a recorrência de queimadas e a identificação de quais anos ocorreram.

Para a elaboração do modelo de vulnerabilidade à ocorrência de incêndios foram integrados mapas de geologia, geomorfologia, solo, vegetação, *buffer* de estradas, *buffer* de hidrografia, declividade, mapa de interpolação de focos de calor, índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e índice de água por diferença normalizada (NDWI).

O NDVI infere sobre o vigor da vegetação relacionado à biomassa fotossinteticamente ativa, descrito conforme equação 1:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Onde:  $\rho_{NIR}$  = fluxo radiante refletido no infravermelho próximo; e  $\rho_{RED}$  = fluxo radiante refletido no vermelho.

O NDWI infere sobre o teor de umidade, descrito na equação 2:

$$NDWI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{IVM}}{\rho_{IVP} + \rho_{IVM}} \quad (2)$$

Onde:  $\rho_{IVP}$  e  $\rho_{IVM}$  referem-se à reflectância no infravermelho próximo e no infravermelho médio, respectivamente.

As variáveis de declividade e hipsometria foram geradas a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), através do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, disponibilizado pelo projeto Topotada, Valeriano et al. (2012). Os mapas de solo, geologia, geomorfologia, vegetação, estradas, hidrografia foram adquiridos do banco de dados do SIG-BA (SRH, 2003). Os focos de calor foram adquiridos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As variáveis supracitadas tiveram suas classes ponderadas e devidamente reclassificadas de acordo os pesos dos atributos adotados no modelo, conforme se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos atribuídos aos gradientes do modelo de vulnerabilidade aos incêndios.

Valor Quantitativo	Valor Qualitativo
1	Muito baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito alta

A modelagem de vulnerabilidade aos incêndios foi desenvolvida a partir do algoritmo de média ponderada, na qual as variáveis assumem pesos distintos, de acordo a sua importância na temática analisada (Tabela 2).

Tabela 2 – Participação das variáveis da paisagem na modelagem de susceptibilidade a incêndios.

Variáveis da paisagem	Participação na modelagem
NDVI	12%
NDWI	12%
Solos	10%
Geomorfologia	12%
Rodovias	7%
Declividade	15%
Hidrografia	7%
Focos de calor	15%
Vegetação	10%

Para integrar o mapeamento das cicatrizes de queimadas ao modelo de vulnerabilidade aos incêndios foi realizada a tabulação cruzada, na qual se pôde analisar a recorrência das cicatrizes de queimadas nos anos de 2008, 2010 e 2012 e associá-la aos níveis de vulnerabilidade identificados na modelagem.

### 3. Resultados e Discussão

A análise da recorrência de incêndios na área de estudo resultou, primeiramente, em três mapas referentes às cicatrizes de queimadas para os anos de 2008, 2010 e 2012 (Figura 2).

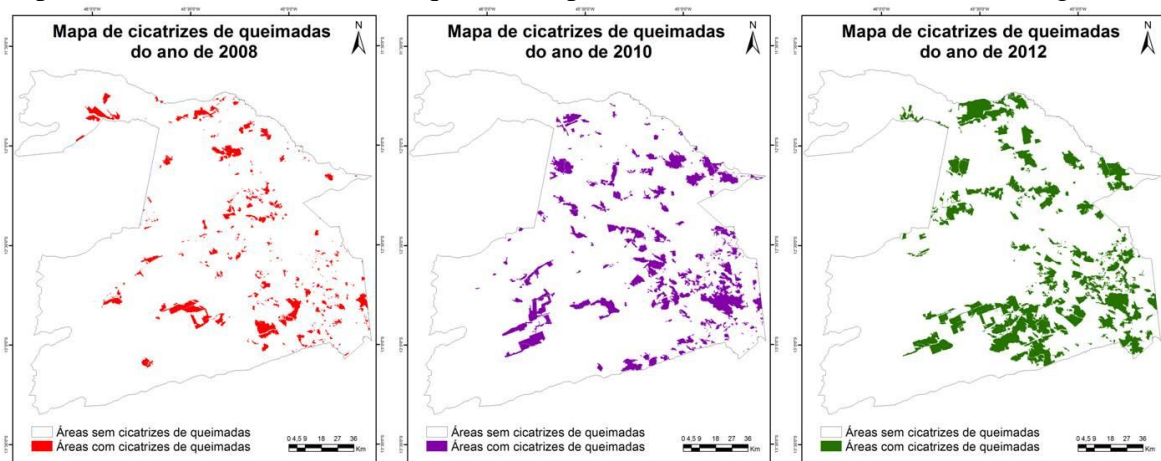


Figura 2. Mapas de cicatrizes de queimadas dos municípios de Barreiras e São Desidério referentes aos anos de 2008, 2010 e 2012.

A partir da análise dos mapas, percebe-se a modificação da área de estudo por meio das cicatrizes. O ano de 2008, em relação aos outros dois anos, apresenta o maior número de cicatrizes de queimadas (455 cicatrizes, ocupando uma área de 1033 Km<sup>2</sup>), no entanto estas não se encontram concentradas. Já o ano de 2010, com 392 cicatrizes de queimadas (2065 Km<sup>2</sup>), notam-se o aumento na área das cicatrizes de queimada e uma maior concentração das mesmas na porção sudeste do mapa. Perceberam-se ainda que as cicatrizes estão distribuídas

em todo o mapa, com exceção da porção oeste do mesmo, já que nesta região encontra-se as áreas de agricultura de sequeiro e solo exposto, identificadas a partir da interpretação visual das imagens. No ano de 2012 foram mapeadas 396 cicatrizes de queimadas, concentradas nas porções sudeste/sul da área de estudo, correspondentes a 3186 Km<sup>2</sup>.

Observou-se que houve uma redução da fragmentação das manchas de queimadas no decorrer dos anos, todavia, estas aumentaram em relação a sua extensão. Tal fato pode estar associado às condições climáticas, na qual pode ocasionar queimadas naturais do bioma Cerrado, uma vez que a vegetação se encontra hidricamente estressada disponibilizando grande quantidade de biomassa combustível para a ignição, bem como pode estar relacionado às questões antrópicas, como é o caso do agronegócio, atividade predominante na região, onde a técnica do fogo é utilizada para a abertura de novas áreas para plantio agrícola. Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC), o mês de outubro de 2008 passou por um atraso do período chuvoso, o que ocasionou a baixa pluviosidade em grande parte da região Nordeste contribuindo assim, para o aumento das queimadas. Em 2010, segundo dados do CPTEC (2010), as condições severas de clima seco e a forte estiagem no norte do país levaram a escassez das chuvas, agravando ainda mais a situação dos incêndios na área de estudo. Não diferente dos anos aqui citados (2008 e 2010), o ano de 2012 apresentou o mês de outubro como o mais crítico em relação às queimadas. O CPTEC (2012) associou a intensificação das queimadas à forte estiagem que atingiu o oeste da Região Nordeste e parte da Região Norte há vários meses.

Percebe-se ainda que apesar do ano de 2008 possuir maior número de cicatrizes de queimadas possui a menor extensão de área queimada. A evolução de áreas queimadas em um curto período de tempo evidencia o aumento da atividade agrícola, uma vez que as intensas e recorrentes queimadas no Domínio do Cerrado estão ligadas as ações antrópicas, sobretudo, a prática da expansão agrícola. Assim, observa-se que a agricultura mecanizada ganha força a cada ano, trazendo implicações ambientais.

A soma das cicatrizes dos três anos (2008, 2010 e 2102) resultou em outro mapa, no qual se puderam indicar as áreas que não queimadas, áreas queimadas em apenas um ano, áreas queimadas em dois anos e áreas queimadas nos três anos (Figura 3).

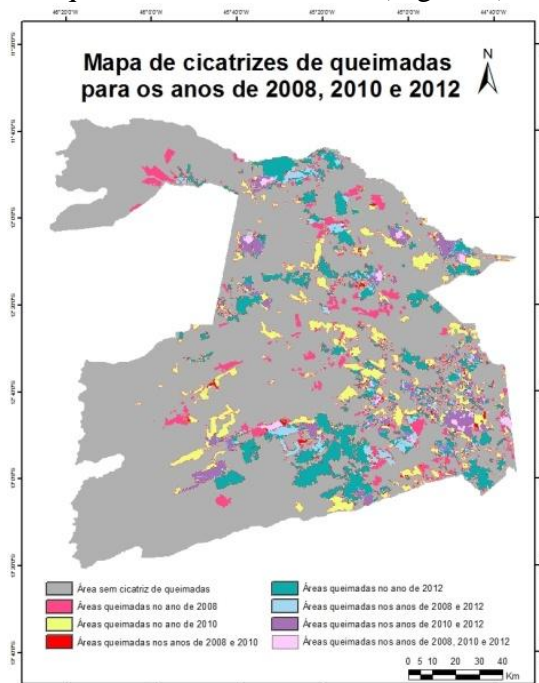


Figura 3. Mapa de cicatrizes de queimadas correlacionando os anos de 2008, 2010 e 2012 para os municípios de Barreiras e São Desidério.



Os mapas de cicatrizes de queimadas, gerados a partir dos dados vetoriais dos anos de 2008, 2010 e 2012, demonstram a recorrência das cicatrizes de queimadas na região, bem como sua evolução e dispersão. Tal fato pode ser relacionado à supressão da vegetação oriunda do avanço da cultura agrícola na região, uma vez que as queimadas disponibilizam novas áreas para plantio.

No período entre 2009 - 2010, o Programa de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélites (PMDBBS) do Ministério do Meio Ambiente identificou os vinte municípios do Cerrado que apresentaram maiores valores de supressão da vegetação nativa. Entre estes, encontra-se São Desidério e Barreiras, ocupando o quarto e sexto lugar respectivamente. Embora haja a predominância da agricultura mecanizada, a prática do uso do fogo ainda é utilizada, por ser considerada um método barato para preparar a terra para o plantio de culturas, renovação de pastagens, abertura de novas áreas e rápida supressão da vegetação, Brasil (2014). Desta forma, a rápida expansão agrícola no oeste baiano pode comprometer a qualidade ambiental e disponibilidade dos recursos naturais a longo prazo Spagnolo (2011).

A modelagem de vulnerabilidade aos incêndios para a área de estudo apontou três das cinco classes referentes aos níveis de vulnerabilidade aos incêndios: baixa, média e alta (Figura 4).

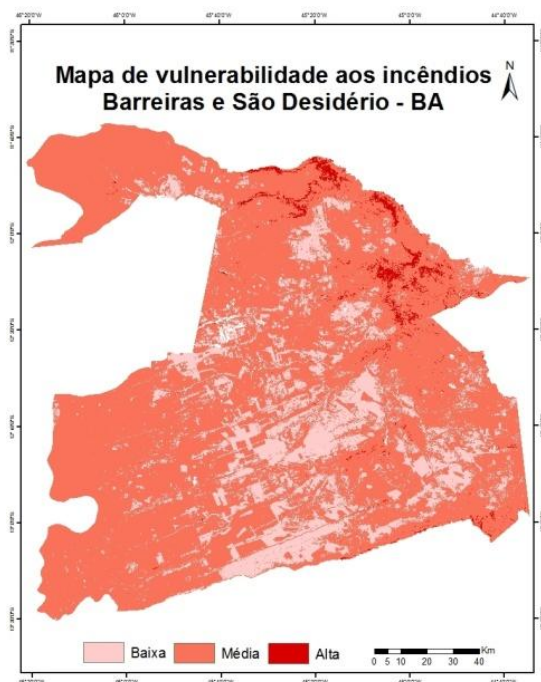


Figura 4. Modelagem de vulnerabilidade aos incêndios dos municípios de Barreiras e São Desidério.

Através desse modelo notaram-se que as áreas mais vulneráveis são aquelas em que a declividade é mais acentuada e que a matriz de maior extensão na área de estudo corresponde ao nível de vulnerabilidade mediano. As áreas classificadas com alto risco de incêndios foram encontradas em menor proporção, no entanto é preciso fazer o controle das práticas que utilizam o fogo, pois este pode causar impactos ambientais desastrosos e suprimir a vegetação nativa em grandes extensões.

A tabulação cruzada mostrou a relação entre a recorrência de cicatrizes de queimadas e a modelagem à vulnerabilidade aos incêndios na área de estudo. As áreas com cicatrizes de queimadas nos anos de 2008 e 2010 - isoladamente - bem como as áreas com cicatrizes comuns a esses dois anos apresentaram maior incidência dessas cicatrizes na classe mediana

atribuída pela modelagem. No entanto, as áreas de baixa vulnerabilidade apresentaram ocorrência significativa de cicatrizes de queimadas, variando em torno de 29 a 39% da área analisada.

As áreas de cicatrizes de queimadas de ocorrência do ano isolado de 2012, da soma dos anos de 2008 e 2012; 2010 e 2012 e dos três anos somados (2008, 2010 e 2012) são mais evidentes também nas áreas classificadas como de risco médio aos incêndios. Os valores encontrados para esses anos estão em torno de 80% da área de estudo (Figura 5).

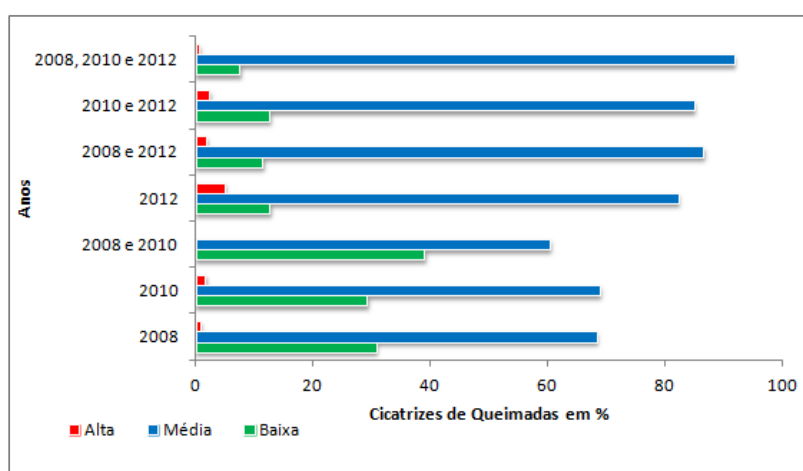


Figura 5. Gráfico das cicatrizes de queimadas associadas às classes do modelo de vulnerabilidade aos incêndios.

As condições para a ocorrência de uma queimada em vegetação, segundo Ramos Neto (2000) citado por Pereira Jr. (2002) são três: 1) condições meteorológicas propícias; 2) disponibilidade de combustível vegetal; 3) existência de fonte de ignição. De acordo os resultados obtidos a maior extensão das classes, na área de estudo, em que há maior probabilidade de incêndio é no valor mediano, assim como a maior recorrência de queimadas está inserido também nessa classe. Desta forma, infere-se que as menores condições para a ocorrência do fogo foi alcançada nos dois municípios para os anos trabalhados. A recorrência das cicatrizes de queimadas pode também se associar ao seu histórico e a ação humana. Segundo Chuvieco *et al.* (1997) *apud* Pereira Jr. (2002), quanto menor for o intervalo de tempo e espaço da recorrência das cicatrizes de queimadas ocorridas, maior será a possibilidade de ocorrência do fogo, uma vez que os locais e períodos com condições necessárias a ocorrência do fogo tornam-se evidentes. Desta forma, é necessária uma atenção maior ao manejo e práticas onde o fogo é utilizado como ferramenta, a fim de preservar o ambiente e evitar o descontrole do mesmo, o que pode causar impactos ambientais irreversíveis.

#### 4. Considerações Finais

O oeste da Bahia sofre anualmente com a ocorrência e intensidade das queimadas. O mapeamento das cicatrizes de queimadas abordado nesse trabalho evidencia este fato. O modelo de vulnerabilidade aos incêndios nos municípios de Barreiras e São Desidério permitiu fazer a análise qualitativa da distribuição das áreas suscetíveis às queimadas, sendo este fator importante para estudos de impactos ambientais, bem como para estudos direcionados ao fogo nas regiões de Cerrado.

A tabulação cruzada dos dados da modelagem com o mapeamento das cicatrizes demonstrou que em todos os anos analisados a grande concentração de queimadas encontra-se na classe "média" do modelo, a classe com menor ocorrência de cicatrizes está na classe de

alto risco às queimadas. Esses resultados podem estar associados ao direcionamento ambiental, no qual a modelagem foi inserida. Os resultados aqui expostos evidenciam a evolução das cicatrizes de queimadas ao longo dos anos estudados e a sua dimensão espacial na área de estudo. Os resultados encontrados podem alertar para as práticas que necessitam da ferramenta do fogo para seu desenvolvimento, pois o descontrole deste pode causar danos irreparáveis ao ambiente.

### **Agradecimentos**

À FAPESB pelo apoio financeiro à pesquisa.

### **Referências Bibliográficas**

- BRASIL. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do bioma Cerrado 2009-2010**. Brasília, Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA, 2011.
- Brasil. Projeto Cerrado. redução do desmatamento e das queimadas no Cerrado brasileiro. Salvador, Cooperação entre Brasil, Reino Unido e Banco do Brasil. 2014.
- CORRÊA, C. R.; ALENCAR, R. C. C. Focos de queimadas em unidades de conservação. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0968.pdf>>. Acesso em: 18 de set. de 2014.
- COUTINHO, L. M. Cerrado, 2000. Disponível em: <<http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/index.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2014.
- CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: abril de 2014.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/ir-p6.html>>. Acesso em: 19 jun. 2014.
- LOMBARDI, R. J. R. Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens tm/landsat. 2005. 172 p. (INPE-12663-TDI/006). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.
- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 425p.
- PEREIRA-JR., A. da. C. Métodos de geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo. 2002. 97 p. Tese (Doutorado em Ciências da Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2002.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.), **Cerrado. Ecologia e Flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados, v. 1, Cap. 6, p. 151-199, 2008.
- SANTOS, C. A. P.; SOUZA, U. B.; SILVA, W. L. Quantificação dos focos de calor na mesoregião do extremo Oeste baiano. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1541.pdf>>. Acesso em: 20 de set. de 2014.
- SILVA, A. B. **Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Unicamp, 2003. 236 p.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DA BAHIA (SIG-BA). 2003. Disponível em: <<http://www.sigbahia.ba.gov.br/>>
- SPAGNOLO, T. F. O. Análise da dinâmica espacial da expansão agrícola no Oeste Baiano entre 1984 e 2008: estudo de caso do município de São Desidério-BA. (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2011.
- SRH. Superintendência de Recursos Hídricos. **SIG Bahia**, 2003. CD-ROM.
- VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: **Brazilian full coverage refinement of SRTM data**. Applied Geography, v. 32, pp. 300-309, 2012.