

## Detecção de áreas queimadas na Estação Ecológica do Taim (RS), causada pelos incêndios de 2008 e 2013

Natalie Geny Silva Braz<sup>1</sup>  
Leonardo Bizarro Cascais<sup>1</sup>  
Leonardo Henrique Gomes da Silva<sup>1</sup>  
Adalberto Koiti Miura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento – UFPEL  
Caixa Postal 354 - CEP 96001-970 – Pelotas– RS, Brasil  
{natalie.braz; leonhgs}@gmail.com; leonardo.cascais@hotmail.com

<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado  
Caixa Postal 403 - 96.010-971 – Pelotas – RS, Brasil  
adalberto.miura@embrapa.br

**Abstract:** The Ecological Station of Taim (ESEC Taim) is located in State of Rio Grande do Sul, Brazil, between the municipalities limits of Rio Grande and Santa Vitória do Palmar and it holds 10,938.58 hectares (according to the establishment decree No. 92,963 of 1986). Among the years 2008 and 2013, this ecological station suffered two big fires. In this study the burned down areas at the ESEC Taim, over the two fire events, was determined using remote sensing techniques on sets of images of TM and ETM + sensors, on board of Landsat satellites 5 and 7. The fire of 2008, spread up an area of 2,337.71 ha, but it was overcome by the one occurred in 2013 that affected 5,044.72 ha. Through the use of Boolean operators on GIS environment, it was determined that the first burning event damaged about of 21,37% of the area of ESEC Taim while the second one accounted 46,11%. The common areas on the both fire incidents were 5.522,1 ha (50,5% of ESEC TAIM area). A spectrum-time profile was built for the period between the two fire incidents, using the products MOD13Q1 and MYD13Q1 from Modis sensor on board the Terra and Aqua satellites, that relates to vegetation index (NDVI), which allowed the monitoring of the loss and recovery of green biomass for the entire burned area. What permitted to observed that such vegetation, affected by the fire, could be restore the same biomass level, during a period about of one year.

**Palavras-Chave:** Taim Ecological Station, Burning, Burned Areas, Remote Sensing, Estação Ecológica do Taim, Incêndio, Áreas Queimadas, Sensoriamento Remoto.

### 1. Introdução

A Estação Ecológica do Taim (ESEC TAIM) é uma unidade de conservação integral administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Compreende os extensos sistemas de lagoas e banhados e contém uma alta diversidade biológica, apresentando em seu entorno uma gama diversificada de usos antrópicos (Schreiner, 2012). Por se tratar de uma unidade de conservação, todo e qualquer evento antrópico ou natural, que venha a interferir de alguma forma na biodiversidade ali presente, deve ser acompanhado.

Segundo o noticiado pela mídia à época (CLICRBS, 2008), um incêndio ocorreu na ESEC Taim entre 28 de janeiro à 02 de fevereiro de 2008, atingindo uma área de pelo menos 4.000 ha. Em 2013 outro grande incêndio infligiu danos à ESEC TAIM, de 26 de março à 3 de abril totalizando 5.600 ha queimados, sendo considerado maior desastre ocorrido até então (G1, 2013). Em ambos os casos foram utilizados brigadistas, voluntários e aeronaves para a contenção das chamas.

A queima da biomassa afeta diretamente o ciclo do carbono, pois perturba a química atmosférica global através da liberação de gases de efeito estufa e aerossóis (Page et al., 2002; Sá et al., 2003; Sousa *et al.*, 2003). Contudo é localmente onde os efeitos decorrentes da passagem do fogo são notadamente percebidos, devido aos danos impingidos à flora e fauna, podendo comprometer gravemente regiões já debilitadas pela pressão antrópica ou no caso de

Unidades de Conservação, podem significar ameaças severas à manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Medeiros e Fielder, 2004; Parr e Andersen, 2006).

O tamanho da área afetada é uma variável crucial para quantificar a magnitude da queima de biomassa em escala global. Para a determinação desta variável é necessária a utilização de dados oriundos de sensores remotos, que permitem o monitoramento temporal e a espacialização destes eventos (Grégoire et al., 2003).

Atualmente os estudos das queimadas tem sido amplamente realizados com base em imagens de sensores orbitais, podendo ser utilizadas para o monitoramento, identificação e mapeamento de queimadas (Pereira e França, 2005).

Quando houve o lançamento dos satélites Terra e Aqua transportando o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), em 1999 e 2002, deu-se início a uma nova perspectiva para o monitoramento e detecção de queimadas (Justice et al., 2002, Roy et al., 2002, Zhan et al., 2002). Com suas características de alta resolução temporal e de fornecer dados sobre a dinâmica da biosfera terrestre e de disponibilizar produtos como o MOD13Q1, específico para índice de vegetação (NDVI e o EVI) e o MCD45A1, para mapeamento de áreas de queimadas (Boschetti et al., 2009).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, mantém um sistema de detecção de focos de queimadas e incêndios florestais (INPE, 2014). Estas informações são derivadas de dados (imagens termais) recebidos de satélites de órbita polar como o NOAA (AVHRR), TERRA e AQUA (MODIS), e dos geostacionários GOES (IMAGER) e MSG (SEVIRI) o que vem aperfeiçoado os sistemas de alerta e de resposta (Souza et al., 2010; INPE, 2014). Sendo assim, a detecção e monitoramento de queimadas se tornaram mais prática e precisa, sendo amplamente utilizados para este controle em unidades de conservação, como estações ecológicas, reservas e parques.

O objetivo deste trabalho foi o de detectar, delimitar e comparar a extensão das áreas queimadas na ESEC Taim e entorno, nos incêndios ocorridos nos anos de 2008 e 2013, por meio da interpretação e processamento digital de imagens orbitais dos sensores ETM, ETM+ (série Landsat) e MODIS (Terra/Aqua).

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de estudo**

A área do trabalho compreende a ESEC Taim e as áreas de banhado no entorno onde ocorreram dois incêndios distintos, o primeiro em 2008 e posteriormente em 2013. Localizada no Estado do Rio Grande do Sul, a ESEC Taim compreende parte dos municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, situado entre as latitudes 32° 30' 00'' e 32° 55' 00'' Sul e longitudes 52° 25' 00'' e 52° 45' 00'' Oeste.

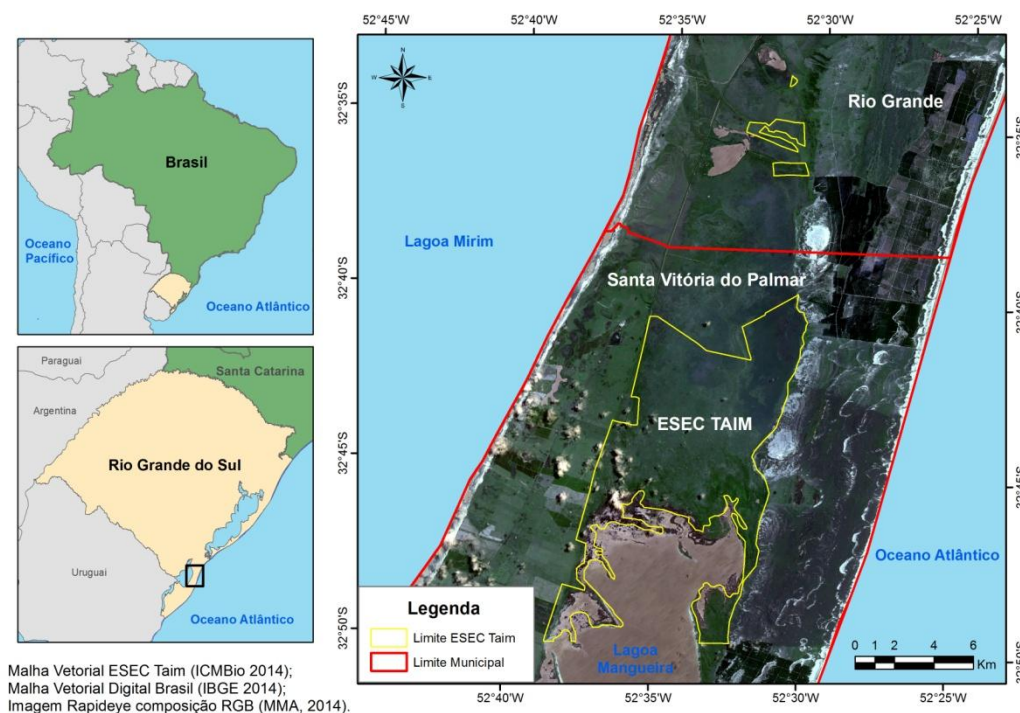


Figura **Erro! Nenhuma seqüência foi especificada..** Localização Geográfica da Área de Estudo.

A ESEC TAIM é uma unidade de conservação de proteção integral, administrada pelo ICMBIO. Através do decreto presidencial 81.603 de 26 de abril de 1978, uma área de 33.815 hectares situada entre a Lagoa Mirim, a Lagoa Mangueira e o oceano Atlântico passa a ser de utilidade pública, com objetivo de proteger os sistemas de terras úmidas do extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Em 1986 foi decretada a criação da atualmente conhecida Estação Ecológica do Taim, com uma área de 10.938,58 hectares em lotes descontínuos. O bioma predominante da estação e entorno é o Marinho Costeiro. Atualmente a ESEC Taim se encontra em processo de ampliação e definição de suas zonas de amortecimento. O projeto prevê que a área passe de 10.938,58 ha para 33.000 ha, abrangendo todo o Banhado do Taim (MMA, 2013).

### 2.3 Materiais

Para detectar os incêndios ocorridos na área da ESEC Taim, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 7, sensor TM e ETM+, órbita/ponto 221/83, datadas de 06 de fevereiro de 2008 e 31 de março de 2013 respectivamente, ambas com resolução espacial de 30 m nas bandas do visível. As imagens são disponibilizadas gratuitamente com correção geométrica pelo site *The USGS Global Visualization Viewer (GLOVIS)*, disponível em <http://glovis.usgs.gov>.

A fim de analisar o processo de recuperação da vegetação da ESEC Taim, utilizaram-se imagens dos satélites Terra e Aqua, sensor MODIS, produtos MOD13Q1 e MYD13Q1, com resolução espacial de 250 m. As imagens estão em recorte por estado e os dados já estão corrigidos para os efeitos da atmosfera. Essas imagens foram obtidas no Banco de Produtos MODIS, da Embrapa Informática Agropecuária, disponíveis no site <http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Foram utilizadas 30 imagens do sensor referentes os anos 2007 à 2014, com informações da área de estudo antes e depois da data dos incêndios.

## 2.4 Métodos

Com objetivo de detectar as áreas atingidas pelos dois incêndios, optou-se por realizar a interpretação visual das imagens devido à qualidade e cobertura de nuvens disponíveis para as duas datas – 2008 e 2013. A classificação foi realizada em ambiente SIG, com base em digitalização em tela, permitindo detectar e delimitar e as áreas queimadas. A partir da vetorização foram quantificadas as áreas para os dois incêndios e utilizando operadores booleanos, foi definida a área comum afetada pelos dois incidentes.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é um modelo que resulta da combinação dos valores de reflectância em imagens de satélites, proveniente da equação proposta por Rouse et al. (1973), composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo. Os valores obtidos com o NDVI são contidos em uma mesma escala de valores, entre -1 e 1.

Neste trabalho o NDVI foi usado, para medir e monitorar o crescimento da vegetação, a cobertura vegetal e a produção de biomassa a partir de dados do sensor MODIS. O espectro temporal das imagens abrange os anos de 2007 até 2014, sendo 30 imagens datadas antes e depois dos períodos do incêndio. Desta forma, casualizou-se 12 pontos sobre o polígono da ESEC Taim, obedecendo o seguinte critério: 3 pontos sobre a área atingida somente em 2008; 3 pontos somente em 2013; 3 pontos para as áreas não atingidas pelos incêndios; e 3 pontos para as áreas atingidas pelos dois incêndios.

Em ambiente SIG foram extraídos os valores do NDVI de cada ponto e transportados para uma planilha digital, onde estes foram tabulados e confeccionou-se um gráfico espectro-temporal, o qual permitiu analisar o comportamento da biomassa verde em relação aos incêndios e qual evento foi mais intenso.

Adicionalmente realizou-se para este estudo uma análise sobre focos de queimadas na ESEC TAIM utilizando-se para isto as informações constantes no banco de dados de queimadas em unidades de conservação do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/bduc.php?LANGUAGE=PT>), que fornece os focos de queimada de áreas protegidas e em seu entorno. O INPE realiza um monitoramento de focos de incêndios e queimadas por imagens de satélite, cujas informações são integradas em ambiente SIG e disponibilizadas na Internet em “tempo quase real” (INPE 2014).

## 3. Resultados e Discussões

O incêndio de 2008, teve uma área total atingida pelo fogo de 5.286,18 hectares, dos quais 2.337,71 hectares pertenciam a área da ESEC Taim, correspondendo a 21,37% da área da estação (Figura 2a). O método utilizado apresentou um resultado diferente das estimativas publicadas na mídia que para o mesmo evento contabilizaram cerca de 4 mil ha.

No segundo incêndio ocorrido em 2013, a área total atingida pelo fogo foi de 8.893,17 hectares, dos quais 5.044,72 hectares pertenciam a ESEC, correspondendo a 46,11% da área da estação (Figura 2b). Para este incidente, foi veiculado pela imprensa que cerca de 3.100 ha da ESEC teriam sido atingidos pelo fogo, contudo o presente estudo identificou uma área de dano maior.

Pode-se observar pela Figura 3a, que o incêndio de 2013 teve maior proporção, tanto no interior quanto no exterior da ESEC, com extensão de danos 32,97% maior em relação a 2008. Os dois incêndios em conjunto totalizaram uma área de 9.320,5 ha, no qual 4858,86 hectares pertencem a Estação Ecológica do Taim, correspondendo a 52%. Os dois incêndios tiveram uma área em comum de degradação de 2.295,8 hectares, localizada dentro da ESEC Taim.

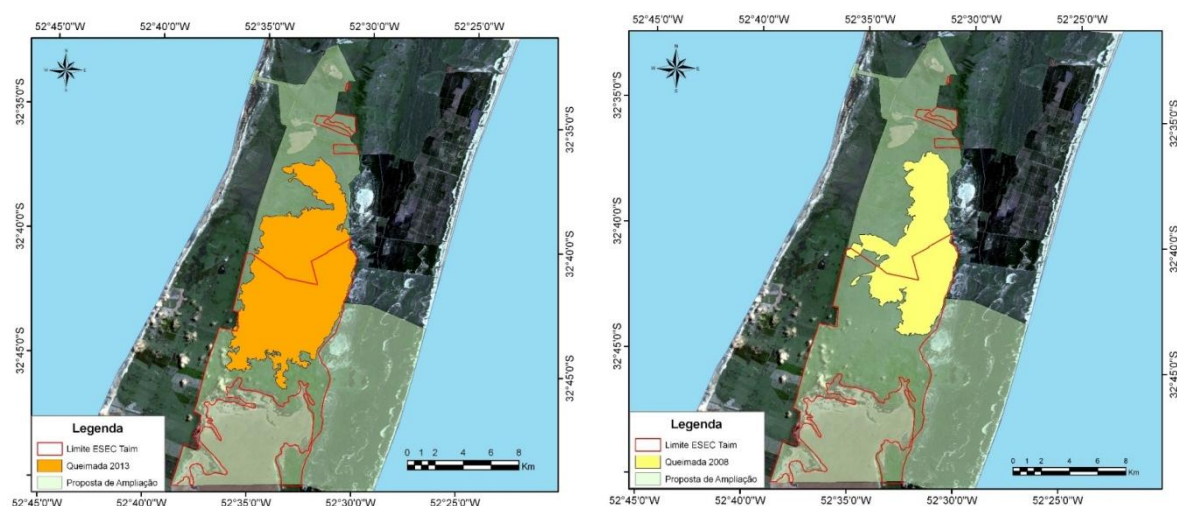


Figura 2. Área de estudo com destaque para as queimadas de a) 2008 e b) 2013.

Com os dados dos focos de incêndio da ESEC Taim (Figura 3b) disponibilizados pelo INPE (2014), verificou-se que das 77 ocorrências de focos para a região em 2008, seis estão datados para o dia 28 de janeiro (início do incêndio), destes 5 encontravam-se no interior da estação e apenas 7 focos registrados para este ano não pertenciam ao evento estudado. Enquanto que para 2013, foram registrados um total de 198 focos, sendo cerca de 90% destes dentro do período de incêndio estudado. Destes, 2 estão registrados o dia 26 de março (início do incêndio), ambos dentro da estação.

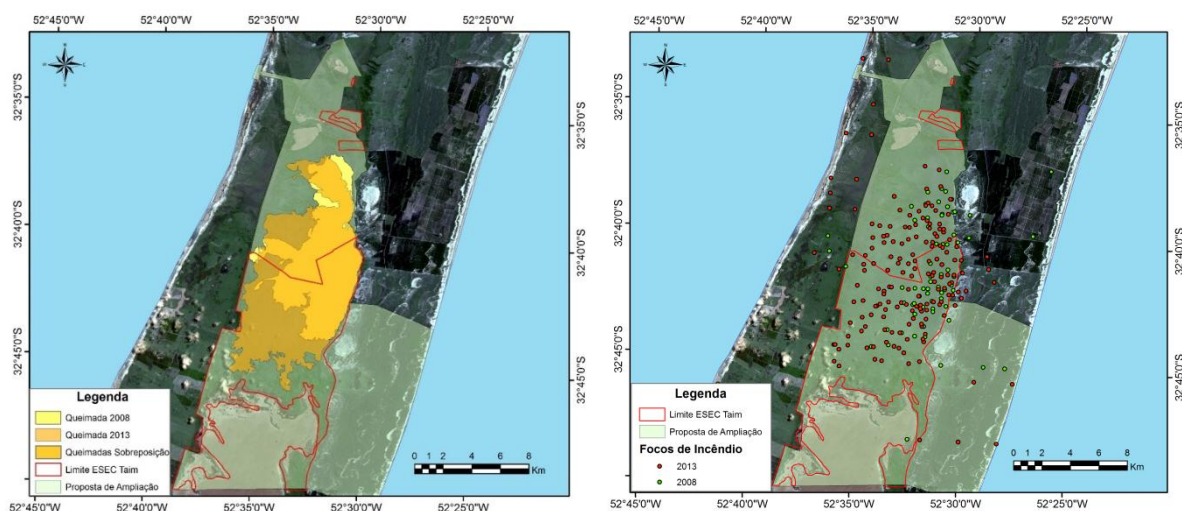


Figura 3. a) Sobreposição das áreas queimadas dos anos de 2008 e 2013, b) Focos de incêndio para os anos de 2008 e 2013 segundo INPE (2014).

Criou-se perfil espectro-temporal (Figura 4), com as imagens NDVI do sensor MODIS, uma para cada estação do ano, iniciando no inverno de 2007 até o inverno de 2014 para observar o comportamento dos valores relativos à biomassa da vegetação da ESEC Taim durante este período, com ênfase nos eventos de queimada. Nesta Figura, os pontos de 1 a 3 representam as áreas que foram queimadas apenas em 2008, de 4 a 6 as áreas queimadas apenas em 2013, de 7 a 9 as áreas que foram atingidas pelos dois incêndios e de 10 a 12 as áreas da ESEC que não foram atingidas por incêndio no período avaliado.

Ao observar o gráfico da Figura 4, nota-se que durante a primavera e verão (estações mais quentes) a biomassa encontra-se com fator mais elevado (próximo a 1), isso acontece devido os fatores climáticos para o Rio Grande do Sul, nota-se que os incêndios ocorreram nesses períodos. Por outro lado, os valores mínimos de NDVI ocorrem sempre nos meses de inverno.

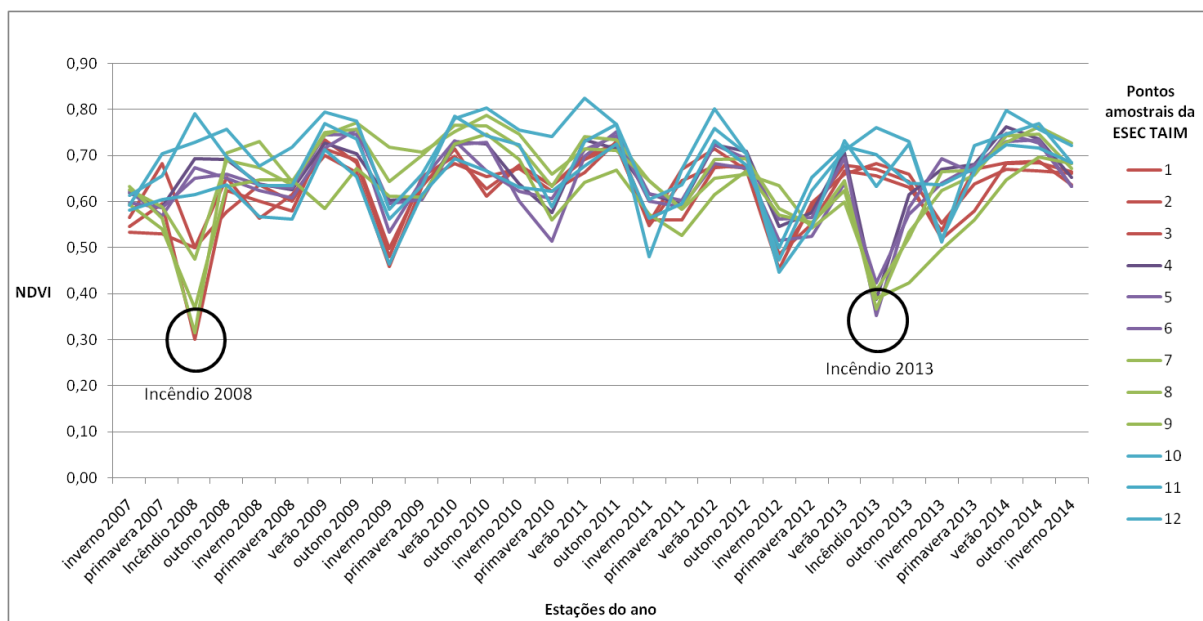


Figura 4. Perfil espectro-temporal do NDVI de 2007 à 2014.

Algumas características ambientais são determinantes para a ocorrência de incidentes com fogo na região da ESEC TAIM, como a sazonalidade bem marcante, com invernos frios e chuvosos, e por verões quentes e secos. Historicamente, a tendência de ocorrer déficit hídrico se dá nos meses de novembro, dezembro e janeiro, ocasionado pelo aumento da insolação sazonal e também pela menor nebulosidade, características que levam a diminuição das chuvas (Martinelli, 1996). Com essas variáveis climatológicas neste período do ano, a evapotranspiração supera os índices de precipitação (Schreiner, 2012). A ação dos ventos está diretamente ligada a maior taxa de evaporação, o vento predominante vem da direção nordeste e perdura durante todo o ano, a segunda direção dominante é a de sudoeste (Martinelli, 1996).

Além disto, o tipo de vegetação predominante nos campos neutrais também é fator de considerável contribuição para o risco de focos de fogo, pois a vegetação que feneceu no período de inverno, acumula considerável biomassa seca durante o verão.

#### 4. Considerações Finais

Os danos provocados por incêndios em unidades de conservação podem ser mensurados rapidamente e com relativa precisão com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O estudo na ESEC TAIM permitiu contabilizar a área atingida nos dois eventos de queimadas (Total em 2008 e total em 2013), particularmente no interior da unidade de conservação (2.337,71 ha em 2008 e 5.044.72 ha em 2013).

O emprego de ferramentas disponíveis na internet, como o portal de monitoramento de queimadas do INPE, podem fornecer importantes subsídios para a gestão e monitoramento de áreas protegidas, além de propiciar a possibilidade de ações rápidas derivadas da detecção precoce dos focos de fogo.

A análise do perfil espectro-temporal derivado de imagens NDVI do sensor MODIS permite uma visualização do comportamento sazonal da vegetação. No caso da região da

ESEC TAIM, o momento de grande produtividade e incremento de biomassa verde ocorre no verão nos meses de seca e baixa pluviosidade. Este quadro se soma à abundância de biomassa seca disponível e se configura em período de grande risco a incêndio.

É importante salientar, que as queimadas não se restringiram apenas a área da ESEC Taim, mas também alcançou os seus arredores, dentro dos limites da proposta de ampliação da ESEC, o que reforça a importância e a urgência da ampliação desta unidade de conservação e da implementação das zonas de amortecimento, que virtualmente aumentaria a proteção para os banhados do Taim e ambientes associados.

## Referências

BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMANN, A. A. **MODIS Collection 5 Burned Area Product - MCD45 User's Guide**. Version 2.0. 2009. Disponível em: <[http://modis-fire.umd.edu/Documents/MODIS\\_Burned\\_Area\\_Collection5\\_User\\_Guide\\_2.0.pdf](http://modis-fire.umd.edu/Documents/MODIS_Burned_Area_Collection5_User_Guide_2.0.pdf)>. Acesso em: 09.nov.2014.

CLICRBS Notícias – Ambiente. **Desastre transforma paisagem da Estação Ecológica do Taim**. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/especiais/jsp/default.jsp?newsID=a1752556.htm&template=3847.dwt&section=Not%C3%ADcias&espid=21>>. Acesso em: 10.nov.2014.

EAGLES, P. F. J.; MCCOOL, S. F.; HAYNES, C. D.A. **Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management**. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Xv. 183p. 2002.

G1 – O portal de notícias da Globo. **Incêndio recente na reserva ecológica do Taim superou desastre de 2008**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/04/incendio-recente-na-reserva-ecologica-do-taim-superou-desastre-de-2008.html>>. Acesso em: 10.nov.2014.

GREGOIRE, J.M.; TANSEY, K.; SILVA, J.M.N. The GBA2000 initiative: Developing a global burned area database from SPOT-VEGETATION imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 6, p. 1369-1376, 2003.

ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Malha vetorial digital ESEC Taim, 2014. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2257-esec-do-taim.html?highlight=WYJ0YWtII0=>>>. Acesso em: 9 out 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha vetorial digital Brasil, 2014. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 20/07/2014.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento de queimadas e incêndios por tempo quase real. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 24.out.2014.

JUSTICE, C.O.; GIGLIO, B.; KORONTZI, S.; OWENS, J.; MORISSETTE, J.T.; ROY, D.P.; DESCLOITRES, J.; ALLEAUME, S.; PETITCOLIN, F.; KAUFMAN, Y. **The MODIS fire products. Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 244-262,2002.

MARTINELLI, A. Banhado do Taim. In Tucci, C.E.M (ORG.). **Comportamento Hidrológico do Taim**. Vol.1. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre: UFRGS, 1996.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N.C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14 n. 2, p. 157-168, 2004.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIA AMBIENTE. **Resumo Executivo da Proposta de Ampliação da Estação Ecológica do Taim**. Brasília, MMA: 2013.

PAGE, S.E.; SIEGERT, F.; RIELEY, J.O.; BOEHM, H.D.V.; JAYA, A.; LIMIN, S. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during. **Nature**, v. 420, p. 61-65, 1997.

PARR, C. L.; ANDERSEN, A. N. Patch Mosaic Burning for Biodiversity Conservation: a Critique of the Pyrodiversity Paradigm. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p.1610–1619, 2006.

PEREIRA, A; FRANÇA, H. Identificação de queimadas naturais ocorridas no período chuvoso de 2003-2004 no Parque Nacional das Emas, Brasil, por meio de imagens dos sensores do satélite CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: Inpe, 2005. p. 3245 – 3252.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: ERTS-1 Symposium, 3., 10-14 December, Washington, DC. **Proceedings...** Washington, NASA SP-351, p. 309-317, 1973.

ROY, D.P.; LEWIS, P.E.; JUSTICE, C.O. **Burned area mapping using multi-temporal moderate resolution data – a bidirecional reflectance model-based expectation approach.** **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 263-286,2002.

SÁ, A.C.L; PEREIRA, J.M.C.; VASCONCELOS, M.J.P.; SILVA, J.M.N; RIBEIRO, N.; AWASSE, A. Assessing the feasibility of sub-pixel burned area mapping in miombo woodlands of northern Mozambique using MODIS imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, p.1783-1796, 2003.

SCHREINER, G.M. **Proposta de Cenários para a Delimitação de Zona de Amortecimento de Impactos na Estação Ecológica do Taim.** 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gerenciamento Costeiro, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

SHAFER, C. L. US National Park Buffer Zones: Historical, Scientific, Social, and Legal Aspects. **Environmental Management** Vol. 23, No. 1, pp. 49–73. 1999

SOUSA, A.M.O.; PEREIRA, J.M.C.; SILVA, J.M.N. Evaluating the performance of multitemporal image compositing algorithms for burned area analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 6, p. 1229-1236, 2003.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In Holz, M. e De Ros, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul.** Edição CIGO/UFRGS. 2000.

VILLWOCK et al. **Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province.** In: Rabassa, J. (ed.). Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. A.A. Balkema, Rotterdam,v. 4, p. 79-97, 1986.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul.** Notas Técnicas, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, UFRGS. Porto Alegre, 8: 1-45.1995.

ZHAN, X.; SOHLBERG, R.A.; TOWNSHEND, J.R.G.; DIMICELI, C.; CARROLL, M.L.; EASTMAN, J.C.; HANSEN, M.C.; DEFRIES, R.S. 2002. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. **Remote Sensing of Environment**, 83 (2): 336-350.