

Mapeamento de queimadas da cobertura vegetal do Parque Nacional de Ilha Grande com uso de dado MOD09 e produto CCI

Everton Hafemann Fragal¹
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto¹

¹Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá - UEM;
Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - GEMA
Caixa Postal 87020-900 - Maringá – PR, Brasil;
evertonhaf@gmail.com; nvlgasparetto@uem.br

Abstract. To map burned vegetation cover at National Park Big Island (NPBI) after recently burn occurrence is essential to analyze remote sensing products that have high temporal resolution and have suitable spatial resolution compared to Landsat images. It is important to analyze performances of MODIS data and global product by Climate Change Initiative (CCI) program to map burned areas. The aim of this work was analyze performances of MODIS MOD09 data and CCI global product for mapping burned vegetation cover at National Park Big Island in period of 12/05/2006, 18/07/2007 and 27/12/2008. For this, we used infrared near images of MOD09 data with temporal resolution of one or two days in Equator and spatial resolution of 250m. Also, we used CCI product with monthly distribution but each pixel registers the Julian day of burned area occurrence and with spatial resolution of 300m. Burned areas maps created by MOD09 data and CCI product were compare with burned areas maps generated by Landsat TM images. The results showed MOD09 data was more suitable to map burned vegetation cover at park with average overestimates 7% of burned areas than burned areas mapped by Landsat images. Furthermore, MOD09 data showed better visual accuracy at burned areas distribution compared to Landsat images and obtained better average performance of validation indexes, as Kappa (0.85), Quantity Disagreement (DQ= 2.3) and Allocation Disagreement (AD= 4.6). The burned areas mapped by CCI product showed average underestimate 61% compared to burned areas created by Landsat images.

Palavras-chave: conservation unit, fire, vegetation cover, remote sensing, unidade de conservação, fogo, cobertura vegetal, sensoriamento remoto.

1. Introdução

No bioma de Mata Atlântica uma das principais áreas afetadas pelas queimadas no século XXI são as coberturas vegetais das Unidades de Conservação (UCs). Entre os anos de 2000 e 2015 foram registrados cerca de 25.000 focos de calor nas UCs federais do bioma de Mata Atlântica, que se assemelha a mesma quantidade de focos de calor para todo o estado do Mato Grosso no mesmo período (INPE 2016). Embora, as diferenças entre focos de calor (presença ativa do fogo) e área queimada (cicatriz de queimada), os registros de focos de calor indicam pontualmente a presença de queimadas nas UCs.

A UC federal de proteção integral, Parque Nacional de Ilha Grande (PNIG), tem ocorrências de queimadas na cobertura vegetal antes mesmo da sua criação em 1997. O PNIG possui influência aquática do rio Paraná e tem ainda capacidade de sustentar elevada diversidade ecológica (KOPROSKI et al. 2006). No entanto, as queimadas da cobertura vegetal têm afetado a integridade do parque, as quais são predominantemente causadas por atividades antrópicas (e.g. renovação de pastagem), porém outras ocorrem por causas naturais, a partir de descargas elétricas (IBAMA 2015). A queimada da vegetação provoca impactos principalmente pela redução da diversidade de fauna e flora, perda de fertilidade do solo e afeta a sociedade, por meio da poluição atmosférica (PIOVESAN et al. 2013).

O mapeamento espaço-temporal de áreas queimadas são fundamentais para registrar espacialmente as coberturas vegetais ou da terra afetadas ao longo do tempo, além de gerar estatísticas, como de frequência, extensão e recorrência das queimadas (PIROMAL et al. 2008). Tais informações são imprescindíveis para melhorar o plano de manejo do PNIG e

contribuir na organização dos recursos humanos e financeiros para prevenção e combate dos incêndios. Para isso, dados de sensoriamento remoto são importantes ferramentas.

Para mapear áreas queimadas, séries temporais de imagens *Landsat*, sensores *TM*, *ETM+* e *OLI* são amplamente utilizadas (e.g. ROSA E ALCÂNTARA 2015; SILVA et al. 2010). As imagens *Landsat* são excelentes para mapear áreas queimadas, uma vez que, cada pixel recobre uma área menor do que um hectare, permitindo assim, mapeamento de pequenas áreas queimadas. Isto ocorre devido a imagem *Landsat* possuir resolução espacial de 30m (área de 0,9ha) e abranger a região espectral do infravermelho próximo, que é adequada para detecção das áreas queimadas (PONZONI E SHIMABUKURO 2007). No entanto, a imagem *Landsat* possui resolução temporal de 16 dias, o que dificulta o mapeamento da queimada no logo após a sua ocorrência (e.g. um a cinco dias após queimada), caso o imageamento não coincida com o período recente após queimada. A informação do início e extensão da área queimada contribui para implementar rápidas medidas mitigatórias dos impactos das queimadas para o ambiente e a população.

Nos mapeamentos de áreas queimadas com alta frequência temporal (e.g. diária), são utilizados dados de sensoriamento remoto que possuam menor resolução espacial (e.g. 1.000m), porém com maior resolução temporal (e.g. um ou dois dias). No entanto, o desempenho do mapeamento de áreas queimadas por dados de sensoriamento remoto com resolução espacial maior que 30m, com alta resolução temporal e que não abranjam áreas continentais ainda faltam ser analisados.

O dado *MODIS MOD09* se apresenta como uma excelente alternativa para o mapeamento de áreas queimadas, uma vez que, possui resolução espacial de 250m, resolução temporal de um a dois dias no Equador e possui a região espectral do infravermelho próximo. Além disso, há disponível um produto global de áreas queimadas com resolução espacial de 300m, que embora não seja disponibilizado diariamente, é disponibilizado mensalmente, sendo que cada pixel possui o registro do dia juliano da ocorrência da queimada. Esse produto global é chamado *CCI-Fire*, gerado pelo programa de Iniciativa a Mudança Climática (*Climate Change Initiative, CCI*), coordenado pela Agência Espacial Europeia (*European Space Agency, ESA*). O produto *CCI-Fire* foi denominado como apenas como *CCI*. O produto *CCI* deve ser analisado, uma vez que possui melhor resolução espacial que outros produtos globais de áreas queimadas disponíveis, com resolução espacial de 1.000m (e.g. *GlobScar* e *Global Burnt Area, GBA*).

Esse trabalho procurou analisar os desempenhos de dado *MOD09* e produto *CCI* para mapeamentos de queimadas da cobertura vegetal, no Parque Nacional de Ilha Grande nos períodos 12/05/2006, 18/07/2007 e 27/12/2008.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao PNIG que se situa na divisa dos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 1). O PNIG é um trecho da planície de inundação do alto curso do rio Paraná, situado no seu setor sul. O PNIG está dentro da Área de Proteção Ambiental de Ilhas e Várzeas do rio Paraná (UC de uso sustentável). A área de estudo abrange partes dos municípios de Antônia, Alto do Paraíso, Guaíra, Icaraíma, Terra Roxa, São Jorge do Patrocínio no estado do Paraná e Eldorado, Mundo Novo, Naviraí e Itaquiraí no estado do Mato Grosso do Sul. O clima da região varia de tropical à subtropical com média de temperatura mensal superiores à 15°C e com precipitação acumulada de 1.500mm ao ano (IBGE 1990).

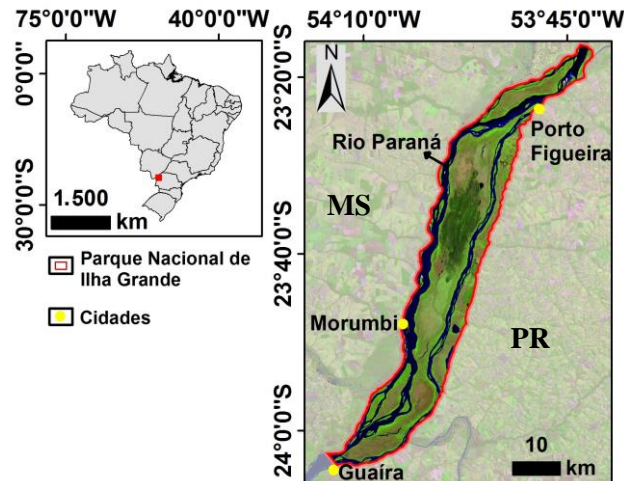


Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional de Ilha Grande.

2.2 Materiais

Para detecção de áreas queimadas do PNIG foram adquiridos dado *MODIS MOD09* (diário) e o produto global de áreas queimadas *CCI* (mensal) para as datas de 12/05/2006, 18/07/2007 e 27/12/2008. O dado *MOD09* situa-se no *tile h13v11*, e está disponibilizado gratuitamente no portal <<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>>. O produto *CCI* está disponibilizado de modo gratuito e, atualmente, apenas entre os anos de 2005 e 2011, pelo portal <https://geogra.uah.es/fire_cci/>.

O dado *MOD09* consiste em imagens de reflectâncias de superfície nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho próximo, com disponibilização diária e/ou com composição temporal de oito dias (e.g. 01 a 08 dias do mês) (JUSTICE et al. 2002). O produto *CCI* é disponibilizado mensalmente, porém cada pixel registra o dia juliano de ocorrência da queimada. O produto *CCI* é resultado da combinação entre a série temporal de imagens em reflectância de superfície da região espectral do infravermelho próximo do sensor *MERIS*, satélite *Envisat*, e da detecção de focos de calor por produto *MODIS* (ALONSO-CANAS; CHUVIECO 2015). O produto *CCI* disponibiliza uma imagem em que cada *pixel* registra o dia juliano de ocorrência da queimada, uma imagem com nível de confiabilidade da ocorrência de queimada no pixel, e outra imagem com uso e cobertura da terra do *pixel* queimado, a partir do mapa de uso e cobertura da terra *Globcover2005* (CHUVIECO et al. 2016).

Para avaliar os desempenhos dos mapeamentos de áreas queimadas pelo dado *MOD09* e produto *CCI* foram adquiridas imagens *Landsat 5/TM* nas datas de 12/05/2006, de 18/07/2007 e de 27/12/2008. Para simplificar a referência às datas de 12/05/2006, 18/07/2007 e 27/12/2008, foram denominadas como apenas anos, sendo de 2006, de 2007 e de 2008, respectivamente. Foram utilizadas duas imagens para cada data, devido a área de estudo contemplar duas órbitas/ponto (224/076 e 224/077). As imagens *Landsat* foram fornecidas com correções dos efeitos geométrico e atmosférico e disponibilizadas na página <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

2.3 Métodos

Foi realizada interpretação visual da imagem *Landsat*, do dado *MOD09* e do produto *CCI* para o ano de 2006, a fim de detectar as áreas queimadas. Para interpretação visual da área queimada foi utilizado os elementos de interpretação visual de cor, de tamanho e da forma (JENSEN 2009).

Foram mapeadas as áreas queimadas por meio da segmentação espacial e fatiamento linear dos valores espectrais dos dados *Landsat* e *MOD09*. O produto *CCI* foi mapeado a partir dos pixels rotulados com o dia juliano de ocorrência da queimada (e.g. dia juliano 132; 12/05/2006), com desvio de quatro dias, uma vez que, não se conhece a data de início da queimada a partir das imagens *Landsat*. Para os dados *Landsat* e *MOD09*, a região do infravermelho próximo foi a mais adequada para discriminar áreas queimadas no parque (MONTANHER; FRAGAL 2013).

As imagens *Landsat* serviram como bases de referências para analisar os desempenhos dos mapeamentos de áreas queimadas gerados pelo dado *MOD09* e produto *CCI*. A validação dos mapeamentos de áreas queimadas foi realizada a partir dos índices Kappa, erro de quantidade (*Quantity Disagreement*, QD) e erro de alocação (*Allocation Disagreement*, AD) (CONGALTON 1991; PONTIUS; MILLONES 2011). O índice Kappa expressa o acerto da classe mapeada (queimada mapeada pelo dado *MOD09* e produto *CCI*) em relação a classe de referência (queimada mapeada pela imagem *Landsat*), caso fosse de modo aleatório. O erro de quantidade (QD) corresponde a diferença de quantidade da classe mapeada em relação a classe de referência. O erro de alocação consiste na diferença de posicionamento da classe mapeada em relação a classe de referência.

3. Resultados e Discussão

A interpretação visual de área queimada na imagem *Landsat TM* do ano 2006, na região espectral do infravermelho próximo, demonstrou cor preta, com tamanho grande que abrange mais de 80% da área do parque de modo contínuo (um polígono) e com forma irregular (Figura 2). O dado *MOD09* na região espectral do infravermelho próximo mostrou a área queimada semelhante à da imagem *Landsat*, sendo de cor preta, com tamanho grande e área queimada contínua e forma irregular. Devido a combustão da cobertura vegetal e a presença de fuligem, a região espectral do infravermelho é pouco refletida ao sensor e, por sua vez, muito absorvida pelo material queimado que se destaca em relação aos outros objetos da cena (PONZONI E SHIMABUKURO 2007). O produto *CCI* mostrou área queimada na cor cinza, com tamanho reduzido quando comparado aos dados *Landsat* e *MOD09*, área fragmentada de queimada e com forma semi-retangular. A cor da área queimada do produto *CCI* não é muito relevante, pois poderia ser representado em qualquer cor.

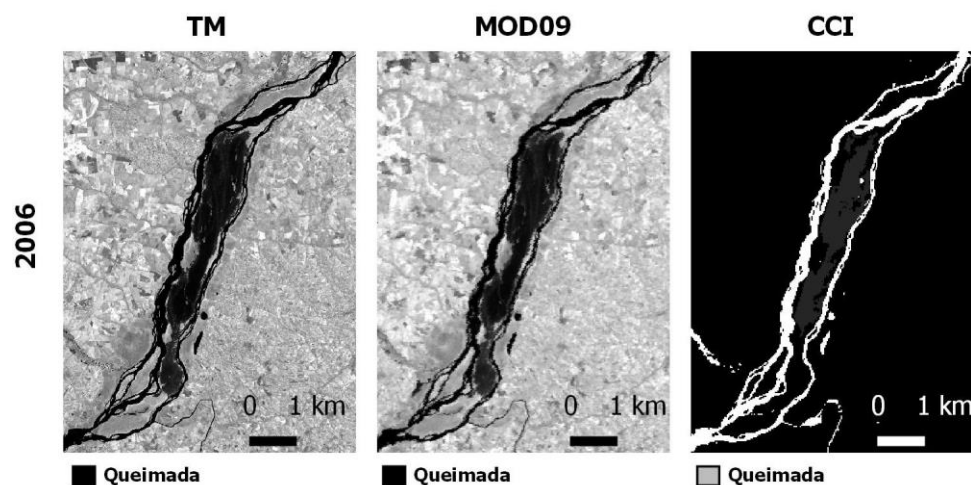


Figura 2. Interpretação visual da área queimada no PNIG no ano de 2006, por imagem *Landsat TM*, dado *MOD09* e produto *CCI*.

Dessa forma, exceto pelo elemento de interpretação visual da cor, as variações de tamanho e forma das áreas queimadas, geradas pelo dado *MOD09* e produto *CCI*, representaram desconformidades em relação a área queimada apresentada na imagem *Landsat*. As desconformidades apresentadas estão associadas, principalmente as características de resolução espacial, sensibilidade do sensor e algoritmo de processamento da detecção de área queimada (CHUVIECO et al. 2016; PIROMAL et al. 2008).

Com base no mapeamento de áreas queimadas realizadas pelas imagens *Landsat*, entre os anos de 2006 e 2008, as áreas queimadas mapeadas pelo dado *MOD09* apresentaram maior semelhança visual, enquanto do produto *CCI* menor semelhança visual (Figura 3). Verifica-se que os setores central e norte evidenciaram áreas queimadas nos anos de 2006 e 2008, mostrando rápido retorno de queimadas no período analisado, o setor sul do parque mostrou área queimada apenas no ano de 2007.

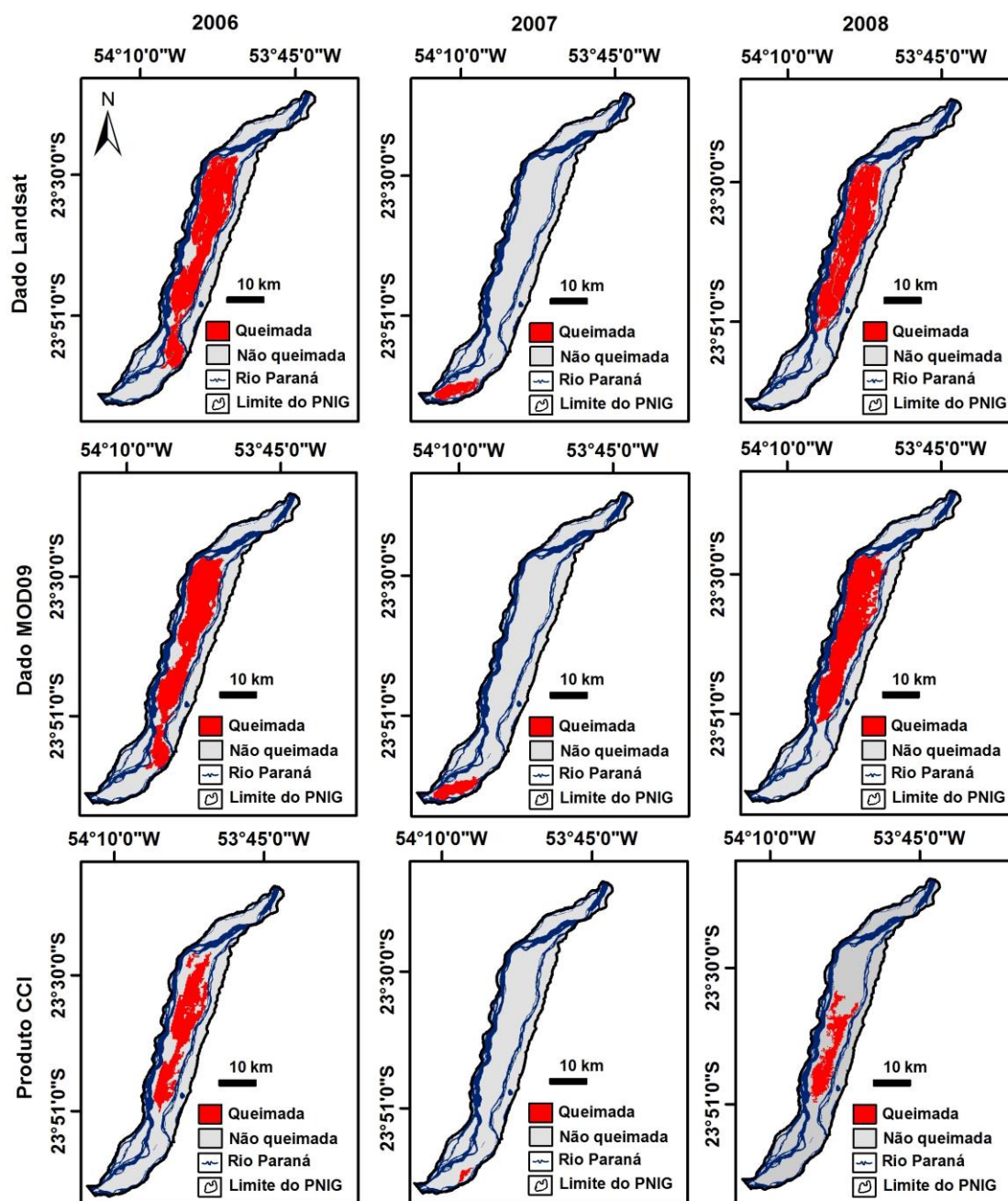


Figura 3. Mapas de áreas queimadas no PNIG entre os anos de 2006 e 2008, com dados *Landsat TM* e *MOD09* e produto *CCI*.

No ano de 2006 ocorreu a maior área queimada (32.428ha), seguida pelos anos de 2008 (28.882ha) e 2007 (3.515ha), respectivamente (Figura 4). O dado *MOD09* sobrestimou em média de 7% os valores de áreas queimadas, em relação as áreas queimadas mapeadas pelas imagens *Landsat* para os anos analisados. Isso pode ser atribuído a sua resolução espacial (250m), onde um pixel abrange uma área oito vezes maior do que um pixel da imagem *Landsat* (30m). Assim, mesmo que parte da área contida no pixel foi queimada no dado *MOD09*, foi registrado como se toda a área houvesse sido queimada. Esse processo também ocorre com a imagem *Landsat*, entretanto, essa possui menor tamanho de pixel. Tal resultado foi próximo ao encontrado por Lima (2013), para a região Amazônica no estado do Pará, o ano de 2005, onde obteve uma sobrestimava de área queimada, mapeada pelo dado *MOD09* de 10%, em relação a área queimada mapeada pela imagem *Landsat 5/TM*. O produto *CCI* apresentou menores áreas queimadas mapeadas em relação as áreas queimadas mapeadas pelas imagens *Landsat*, sendo subestimado em média de 61%, para os anos de 2006 a 2008.

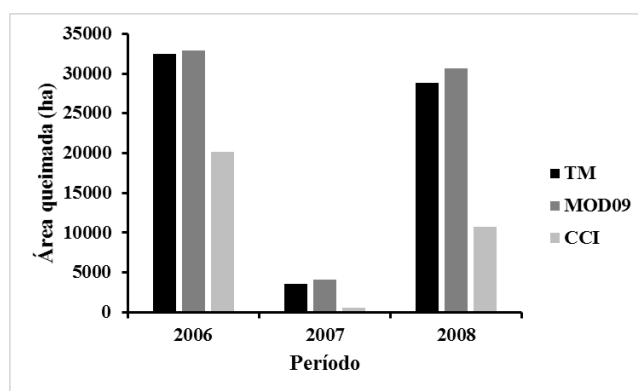


Figura 4. Áreas queimadas entre os anos de 2006 e 2008, dados *Landsat TM* e *MOD09* e produto *CCI*

A validação do mapeamento das áreas queimadas pelos índices Kappa, QD e AD, a partir das imagens *Landsat TM*, mostrou que o dado *MOD09* alcançou melhor desempenho, em relação as áreas queimadas mapeadas pelo produto *CCI*, entre os anos de 2006 e 2008 (Quadro 1). A validação estatística dos mapeamentos de áreas queimadas geradas pelo produto *MOD09* corroborou e quantificou com os dados interpretados visualmente das Figuras 2 e 3. A partir dos índices estatísticos o desempenho médio dos mapeamentos de áreas queimadas pelo dado *MOD09*, em relação aos gerados pelas imagens *Landsat*, apresentou média de 0,85 para o índice Kappa, 2,7% para o QD e 4,6% para o AD.

Quadro 1. Índices de validação dos mapeamentos de áreas queimadas pelo dado *MOD09* e produto *CCI*, entre os anos de 2006 e 2008, com base em imagens *Landsat TM*. QD corresponde ao erro de quantidade (*Quantity Disagreement*) e AD pelo erro de alocação (*Allocation Disagreement*).

		Índices de validação		
Produtos	Período	Kappa	QD (%)	AD (%)
MOD09	2006	0,80	2,7	5,8
CCI		0,69	0,9	30,1
MOD09	2007	0,82	2,6	6,6
CCI		0,55	0	40,8
MOD09	2008	0,92	2,7	1,4
CCI		0,44	0	27,4

Para o produto *CCI* o baixo valor do índice Kappa (média de 0,56), somado aos erros de quantidade (média de 0,5%) e alocação (média de 32%), demonstrou não ser o mais adequado para os mapeamentos das áreas queimadas no PNIG entre os anos de 2006 e 2008. Também, o produto *CCI* indica não ser adequado para monitorar áreas queimadas para pequenas áreas, como desse estudo. Dessa forma, destaca-se que o uso do produto *CCI* é principalmente, voltado para estudos de áreas queimadas em escala global, com fim de modelar emissão de gás carbônico (CHUVIECO et al. 2016).

4. Conclusões

O dado *MOD09* demonstrou maior desempenho nos mapeamentos de áreas queimadas no PNIG, entre os anos de 2006 e 2008, quando comparado com o produto *CCI*. Os mapeamentos de áreas queimadas pelo dado *MOD09* apresentaram maiores semelhanças visuais nas distribuições das queimadas, tamanhos das queimadas e bons desempenhos dos índices estatísticos Kappa QD e AD, se comparado com as áreas queimadas mapeadas pelas imagens *Landsat*. Os mapeamentos das áreas queimadas pelo produto *CCI*, entre os anos de 2006 e 2008, em relação aos mapeamentos das áreas queimadas pelas imagens *Landsat*, apresentaram subestimação média de 61%, portanto, não adequado para o mapeamento robusto de áreas queimadas no PNIG, com relação a data de ocorrência das queimadas.

A contribuição desse trabalho foi de analisar os desempenhos de dados de Sensoriamento Remoto de moderada resolução espacial, para mapear áreas queimadas no PNIG. A partir do melhor desempenho do mapeamento de área queimada verificado pelo dado *MOD09*, e juntamente com imagem *Landsat*, é possível criar novas perspectivas de estudos históricos das atividades de queimadas no parque, pouco conhecido espacialmente.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece a CAPES pela bolsa de estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia PGE/UEM. O segundo autor agradece ao CNPq pela Bolsa Produtividade em Pesquisa Proc. nº. 305722/2014-0.

Referências Bibliográficas

ALONSO-CANAS, I.; CHUVIECO, E. Global Burned Area Mapping from ENVISAT-MERIS data. **Remote Sensing of Environment**, v.163, p.140–152, 2015.

CHUVIECO, E.; YUE, C.; HEIL, A.; MOUILLOT, F.; ALONSO-CANAS, I.; PADILLA, M.; PEREIRA, J. M.; OOM, D.; TANSEY, K. A new global burned area product for climate assessment off ire impacts. **Global Ecology and Biogeography**, v.25, p.619-629, 2016.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.49 n.12, p.1671-1678, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1 ed. 1990. 216 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2015. **Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais do Parque Nacional de Ilha Grande – PR/MS**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 20 out. 2016,

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento de queimadas**. 2016. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acessado em 20 de outubro de 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução: Epiphânio, José Carlos Neves, Formaggio, Antonio R. Santos, Athos R. Rudorff, Bernardo F. T. Almeida, Cláudia M. Galvão, Lênio S. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. R.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 3-15, 2002.

KOPROSKI, L. P.; MANGINI, p. R.; PACHALY, J. R.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Impactos do fogo sobre serpentes (Squamata) no Parque Nacional de Ilha Grande (PR/MS), Brasil. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 9, n. Umuarama, p. 129-133, 2006.

LIMA, A. **Influência da cobertura da terra na extensão e configuração espacial de áreas queimadas em anos de seca extrema na Amazônia Oriental**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2013.

MONTANHER, O. C.; FRAGAL, E. H. Aplicação de dados radiométricos TM5 na análise da vegetação após incêndio em área alagável e relação com a geomorfologia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 65, p. 111-122, 2013.

PIOVESAN, J. C.; HATAYA, R.; PINTO-LEITE, C. M.; RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO NETO, E. Processos ecológicos e a escala da paisagem como diretrizes para projetos de restauração ecológica. **Revista CAITITU**, n.1, p.57-72, 2013.

PIROMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, p.77-84, 2008.

PONTIUS, R.G. JR.; MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Ed. A. Silva Vieira. 2007.

ROSA, T. M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral ΔNBR . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 18. 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2018. Artigos, p. 526-533. CD-ROM, ON-line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0104.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

SILVA, G. B. S.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Áreas alteradas em função de atividades antrópicas no bioma Cerrado localizado no Estado do Mato Grosso (MT), até o ano de 2001: uma abordagem espaço-temporal. **Revista Brasileira de Cartografia**, edição especial 2, n.62, p.363-371, 2010.