



VALIDAÇÃO DO PRODUTO DE ÁREA QUEIMADA MENSAL 1KM (MODIS)

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/INPE/CNPq)

Vitor Fonseca Vieira Vasconcelos de Miranda (UFRJ, Bolsista PIBIC/INPE)
E-mail: vitormiranda91@yahoo.com.br

Dr. Alberto W. Setzer (INPE, Orientador)
e-mail: alberto.setzer@cptec.inpe.br

Prof^a. Dr^a. Renata Libonati (IGEO/UFRJ, Orientadora)
e-mail: renata.libonati@igeo.ufrj.br

COLABORADORES

Júlia Abrantes Rodrigues (IGEO/UFRJ)
Filippe Lemos Maia Santos (IGEO/UFRJ)

Julho de 2017



SUMÁRIO.

RESUMO

1-INTRODUÇÃO.....	1
1.1 RESUMO DO PLANO INICIAL DE TRABALHO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	1
1.3 RESUMO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
3.1 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS UTILIZADOS.....	3
3.2 DESCRIÇÃO DA VALIDAÇÃO.....	5
3.3 ÁREA DE ESTUDO.....	8
4. RESULTADOS.....	9
5. CONCLUSÕES.....	13
6. BIBLIOGRAFIA.....	14



RESUMO

A validação em sensoriamento remoto determina de forma quantitativa a habilidade de um produto obtido a partir do espaço em descrever um dado parâmetro geofísico medido por meios independentes. A importância em validar produtos de satélites se deve aos seguintes fatores: 1) informações quantitativas sobre a qualidade do produto são fundamentais para diferentes usuários; 2) informações resultantes do próprio processo de validação ajudam a melhorar a geração dos produtos e 3) utilização crescente de produtos de satélite como suporte para a detecção de eventuais mudanças climáticas. Usualmente a validação se baseia em medidas realizadas *in situ* obtidas durante campanhas de campo e consideradas como verdades. Entretanto, a validação de estimativas de área queimada por meio da comparação direta com medidas em campo apresenta dificuldades relacionadas não só com a larga extensão e localização remota da maioria das ocorrências, mas também devido à rápida alteração do sinal radiométrico da cicatriz de queimada. Neste sentido, torna-se necessário que informações *in situ* acerca das áreas queimadas sejam obtidas simultaneamente, ou no máximo após alguns dias/semanas da ocorrência do fogo, em locais de livre acesso. Informações com estas características podem ser coletadas através de sobrevôos sobre o local, o que nem sempre está disponível devido ao alto custo envolvido. Na ausência de dados *in situ*, uma forma possível de solucionar o problema consiste na comparação visual e estatística com informações de satélites de alta resolução espacial, que permitem observar a superfície terrestre com o detalhamento adequado. No presente projeto, será realizada a validação de sete versões do produto de área queimada desenvolvido no INPE (AQM, LIBONATI et al., 2015) utilizando-se cicatrizes de áreas queimadas derivadas de dados de satélite com média resolução espacial (LANDSAT TM). Além disso, também será realizada a comparação das áreas queimadas com aquelas obtidas por um produto oficial de área queimada da NASA, nomeadamente o MCD64A1 (GIGLIO et al., 2006). As medidas de acurácia demonstraram que a versão 6 do AQM, apresentou os menores erros de comissão (12,27; 23,52 e 25,8 para os anos de 2010, 2014 e 2015) em relação as demais versões.



1-Introdução

1.1-Resumo do plano de trabalho inicial

A validação em sensoriamento remoto determina de forma quantitativa a habilidade de um produto obtido a partir do espaço em descrever um dado parâmetro geofísico medido por meios independentes. A importância em validar produtos de satélites se deve aos seguintes fatores: 1) informações quantitativas sobre a qualidade do produto são fundamentais para diferentes usuários; 2) informações resultantes do próprio processo de validação ajudam a melhorar a geração dos produtos e 3) utilização crescente de produtos de satélite como suporte para a detecção de eventuais mudanças climáticas. Usualmente a validação se baseia em medidas realizadas in situ obtidas durante campanhas de campo e consideradas como verdades. Entretanto, a validação de estimativas de área queimada por meio da comparação direta com medidas em campo apresenta dificuldades relacionadas não só com a larga extensão e localização remota da maioria das ocorrências, mas também devido à rápida alteração do sinal radiométrico da cicatriz de queimada. Ademais, muitas ocorrências de queimadas localizam-se em propriedades privadas, o que dificulta a sua validação in situ. Neste sentido, torna-se necessário que informações in situ acerca da extensão e localização das áreas queimadas sejam obtidas simultaneamente, ou no máximo após alguns dias/semanas depois da ocorrência do fogo, em locais de livre acesso. Informações com estas características podem ser coletadas através de sobrevôos sobre o local com equipamento adequado (e.g. aparelhos de Global Positioning System (GPS) e câmeras fotográficas), o que nem sempre está disponível devido ao alto custo envolvido. Na ausência de dados in situ, uma forma possível de solucionar o problema consiste na comparação visual e estatística com informações de satélites de alta resolução espacial, que permitem observar a superfície terrestre com o detalhamento adequado. Outro método de validação comumente utilizado para validar a localização e extensão aproximada da área queimada consiste na comparação com os focos de queimada obtidos por satélites.

1.2-Objetivos

No presente projeto, o processo de validação do produto de área queimada desenvolvido no INPE (AQM, LIBONATI et al., 2015) será conduzido utilizando-se cicatrizes de áreas queimadas derivadas de dados de média resolução (LANDSAT TM). Além disso, também será realizada a comparação das áreas queimadas com aquelas obtidas pelo produto oficial de área queimada da NASA, nomeadamente o MCD64A1 (GIGLIO et al., 2006).

1.3-Resumo das atividades desenvolvidas

- Aquisição dos dados de área queimada mensais de baixa resolução do sensor MODIS (500m), dos produtos MCD64, para o período de 2005 até 2015;
- Aquisição dos dados de área queimada mensais, AQM, geradas pelo Grupo de Monitoramento de Queimadas do INPE com o sensor MODIS (1km), para o período de 2005 até 2015;



- Aplicação de um mosaico nos dados da NASA, redimensionamento para 1 km e reprojeção (coordenadas geográficas), utilizando-se a ferramenta Modis Reprojection Tool (MRT);
- Geração de informação de referência (cicatrices de queima com média resolução) para validação dos produtos de baixa resolução;
- Aquisição das imagens no banco de imagens Landsat-OLI ortorretificadas da USGS/NASA, com até 10% de cobertura de nuvens;
- Agrupamento de bandas espectrais de cada cena;
- Definição de parâmetros para segmentação;
- Validação dos resultados por meio de comparações com focos de calor e interpretações visuais.
- Análise e definição dos períodos de comparação, levando em consideração as datas disponíveis de cicatrizes de média resolução

2-Fundamentação Teórica

No Brasil, de acordo com o relatório de 2013 do Ministério Para Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a principal fonte de gases de efeito estufa, bem como de aerossóis e gases traços, tem sido a conversão da vegetação natural em pastagens e agricultura usando práticas de fogo, ou seja: em escala global, a queimada modifica a composição química da atmosfera, influenciando nos processos de feedback e agrava o efeito estufa; no contexto regional, altera ou até mesmo destrói ecossistemas; e por último em escala local, produz efeitos tais como a destruição da fauna e da flora, o empobrecimento do solo, a redução da penetração de água no subsolo e, em alguns casos, mortes, acidentes e perda de propriedades (Torrалbo e Benito, 2012).

Mapeamento das áreas queimadas em escala global via imagens de satélite é baseado, principalmente, em dados de baixa resolução espacial, tais como dos sensores Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) e Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Porém, esses dados não possuem um detalhamento espacial suficiente. O uso de sensores de média/alta resolução tem sido geralmente indicado para estudos em escala local, mas, nos últimos anos, também tem sido utilizado em estudos globais, tanto por causa dos requisitos mais rigorosos, e pela crescente disponibilidade de tais imagens, especialmente após a disponibilidade pública das imagens Landsat (Bastarrika et al., 2011). Os satélites ainda operantes da série Landsat têm sido amplamente utilizados para o mapeamento de áreas queimadas, principalmente em estudos locais e regionais (Chuvieco et al., 2002; Hudak e Brockett, 2004; Smith et al., 2007).

3-Materiais e Métodos

3.1-Descrição dos produtos utilizados

O método original de detecção de áreas queimadas AQM MODIS 1KM está descrito em Libonati et al. (2015), que considera características regionais como vegetação, solo e clima, além de utilizar as reflectâncias das duas regiões do espectro eletromagnético onde o sinal radiométrico das queimadas é mais evidente: infravermelho médio (MIR - canal 20 do sensor MODIS, 3,66-3,84 μm) e infravermelho próximo (NIR - canal 2 do sensor MODIS, 0,84-0,88 μm).

Os dados principais de entrada utilizados para o algoritmo consistem em valores no topo da atmosfera de radiâncias no infravermelho médio, refletância no infravermelho próximo, temperatura de brilho no infravermelho termal (TIR) provenientes do sensor MODIS a bordo dos satélites AQUA e TERRA, assim como informações acerca dos ângulos zênite solar, de visão e ainda máscara terra/mar. Radiâncias e refletâncias foram obtidas do produto TERRA/AQUA MODIS Level 1B 1 km V5, MOD021/MYD021 (MCST, 2006) e correspondem aos canais 2 (NIR, centrado em 0.858 μm), 20 (MIR, centrado em 3.785 μm) e 31 (TIR, centrado em 11.017 μm). Os dados MODIS chamados Level 1B consistem em radiâncias calibradas (unidades: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$), para 36 bandas geradas a partir dos dados brutos MODIS Level 1A (MOD01). Os valores de refletância deste produto são gerados para as bandas de reflexão solar (canais 1-19, 26) baseados no conhecimento da irradiância solar (i.e. determinada a partir dos dados de difusão solar e da geometria de iluminação). Informações adicionais são fornecidas, incluindo 'qualityflags', estimativas de erro e dados de calibração. Os respectivos ângulos zênites solar e de visão e a máscara terra/mar foram obtidos do produto MODIS Geolocation (MOD03 e MYD03). Tal produto fornece coordenadas geodésicas, elevação, ângulos zênites solar e de visão, ângulos azimutais e máscara terra/mar para cada conjunto de dados MODIS de 1km. Ambos os produtos MODIS Level1B 1 km V5 (MOD021 e MYD021) e MODIS Geolocation (MOD03 e MYD03) são atualmente gerados no INPE. Os dados brutos adquiridos pelo sensor MODIS, chamados CADU (Channel Access Data Units), são recebidos pela estação SeaSpace/TeraScan do INPE em Cuiabá, MT, e gravados em fita. Foi, portanto, necessário baixar todas as fitas que continham os dados brutos do MODIS e processá-los, através do algoritmo IPPOP (International Polar Orbiter Processing Package) desenvolvido pela NASA. Desta forma, geraram-se os produtos MODIS Level 1B 1 km (MOD021 e MYD021) e MODIS Geolocation (MOD03 e MYD03). A partir das curvas de calibração atualizadas das várias bandas, foi feita a conversão para refletância e temperatura de brilho. Foi aplicada ainda uma reamostragem das bandas do visível, modificando sua resolução nominal de 250 m para a das bandas termais, que é 1 km. O produto foi corrigido para eliminar erros de calibração e georreferenciamento, estando em unidades de radiância no topo-da-atmosfera [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$] e no formato Hierarchical Data Format (HDF). Com o auxílio do programa MRT (ModisReprojeciton Tool), os dados Level 1B foram re-projetados para coordenadas geográficas, além de terem sido feitos mosaicos com as passagens cobrindo a janela do Brasil.

A expectativa inicial era a de processar imagens MODIS do período 2000 até o presente. Entretanto, devido a limitações de apoio técnico interno no INPE com mão de obra e espaço em discos para armazenamento; não foi possível até a presente data, obter os dados MODIS de 2000 até 2004.

Os dados secundários de entrada consistem em informação acerca dos focos de calor obtidos através da base de dados de queimadas do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). O referido banco de dados disponibiliza informação de focos de calor baseados em dados dos satélites GOES, NOAA, MSG-2, TRMM, ATSR, AQUA e TERRA, NPP, entre outros. A descrição dos focos utilizados que cada versão do produto AQM MODIS 1KM será apresentada nas sessões seguintes.

Descrição das atuais versões: A seguir são apresentadas descrições de cada uma das versões atuais do produto AQM MODIS.

VERSÃO 1 – Trata-se da versão original descrita em Libonati et al. (2015). Utiliza focos de calor de satélites geostacionários e polares (sem NPP).

VERSÃO 2 – Trata-se da versão original descrita em Libonati et al. (2015), porém somente utiliza focos de calor de satélites polares (sem NPP).

VERSÃO 3 – Trata-se da versão 2 incluindo modificações a posteriori, as quais incluem: retirada de requeima do mês posterior, retirada de pixels de classes urbana, inclusão de pixels com focos de calor como área queimada, onde não há área queimada detectada pelo AQM e há foco de calor.

VERSÃO 4 – Trata-se da versão modificada por Renata Libonati em 15/07/16 sobre a versão original descrita em Libonati et al. (2015), porém somente utiliza focos de calor de satélites polares (com NPP). Modificações nos buffers de focos de calor e algoritmo contextual (buffer passou de 3 km para 1 km).

VERSÃO 5 – Trata-se da versão 4 incluindo modificações a posteriori, as quais incluem: retirada de requeima do mês posterior, retirada de pixels de classes urbana, inclusão de pixels com focos de calor como área queimada, onde não há área queimada detectada pelo AQM e há foco de calor.

VERSÃO 6 – Trata-se da versão 2, com modificação dos limiares fixos (nov/2016)

VERSÃO 7 – Trata-se da versão 6 incluindo modificações a posteriori, as quais incluem: retirada de requeima do mês posterior, retirada de pixels de classes urbana, inclusão de pixels com focos de calor como área queimada, onde não há área queimada detectada pelo AQM e há foco de calor .

VERSÃO SITE: Duas versões estão disponibilizadas no site <https://queimadas.dgi.inpe.br/aq1km/> , para o período de 2005-2014 está a versão 3, para o período de 2005-2016 a versão 5

A tabela 1 apresenta o resumo sucinto de todas as versões descritas do produto AQM MODIS 1KM, assim como o período referente a cada versão.



Tabela 1. Resumo sobre as versões atuais do produto AQM MODIS 1km.

Versão	Período	Focos	Sem Urbano	Foco a posteriori
1	2005-2015/03	G/P	N	N
2	-	P	N	N
3	2005-2015	P	S	S
4	2015-2016	P	N	N
5	2015-2016	P	S	S
6	2010, 2014, 2015	P	N	N
7	2010, 2014, 2015	P	S	S
SITE	2005-2014 (v3) 2015-2016 (v5)	P		

G=geoestacionário; P=polar

Foram validadas as versões 1,3, 6 e 7 e MCD64, para os anos 2010, 2014 e 2015.

3.2-Descrição da validação

- i. **Comparação quantitativa com LANDSAT:** utilizando-se dados de referência: cicatrizes de áreas queimadas derivadas de dados de média resolução (LANDSAT TM) e tabela de contingência, seguindo protocolo internacional (descrito em Libonati et al.,2015)
- ii. **Inter comparação quantitativa com produto MCD64:** realizou-se a comparação das áreas queimadas geradas pelo AQM MODIS 1KM com aquelas obtidas por um produto oficial de área queimada da NASA, nomeadamente o MCD64A1. A validação foi conduzida através da análise estatística padrão (conforme item i. acima).
- iii. **Comparação visual com LANDSAT:** utilizando-se dados de referência: cicatrizes de áreas queimadas derivadas de dados de média resolução (LANDSAT TM)
- iv. **Comparação quantitativa do total queimado:** utilizando-se dados de referência: cicatrizes de áreas queimadas derivadas de dados de média resolução (LANDSAT TM) e dados MCD64.
- v. **Comparação visual com focos de calor:** utilizando-se dados de focos de calor derivados do banco de dados do INPE

A tabela de contingência é uma técnica estatística que relaciona variáveis, utilizada em Meteorologia para verificação de erros e acertos das observações com relação ao que foi previsto, e a partir da qual se derivam os cálculos dos erros de omissão e comissão, viés etc (Tabela 2). Indica a confiabilidade dos produtos de queimada de baixa resolução (previsto) com o produto de referência de média resolução (observado). A tabela é um caso binário, onde só há dois tipos de evento: sim ou não, queimou e não queimou (Tabela 3).



Tabela 2: Tabela de contingência clássica

		OBSERVAÇÕES		
		S	N	Subtotal
PREVISÕES	S	A	B	A+B
	N	C	D	C+D
	Subtotal	A+C	B+D	A+B+C+D = N

Tabela 3: Tabela de contingência para queimadas

		OBSERVAÇÕES		
		S	N	Subtotal
PREVISÕES	S	Acerto Queimada	Falso Alarme (Comissão)	Previsão Sim
	N	Omissão	Acerto Não Queimada	Previsão Não
	Subtotal	Observação Sim	Observação Não	Total

De acordo com as tabelas, várias medidas de acurácia podem ser derivadas. A seguir serão listadas as medidas de acurácia mais utilizadas na literatura para validação de área queimada (Chuvieco et al., 2008; Roy et al., 2009; Boschetti et al., 2004):

$$\text{Acerto global (OA): } OA = (A + D) / N \cdot \quad (1)$$

$$\text{Erro de comissão da classe queimada (CE): } CE = B / (A + B) \quad (2)$$

$$\text{Erro de omissão da classe queimada (OE): } OE = C / (A + C) \quad (3)$$

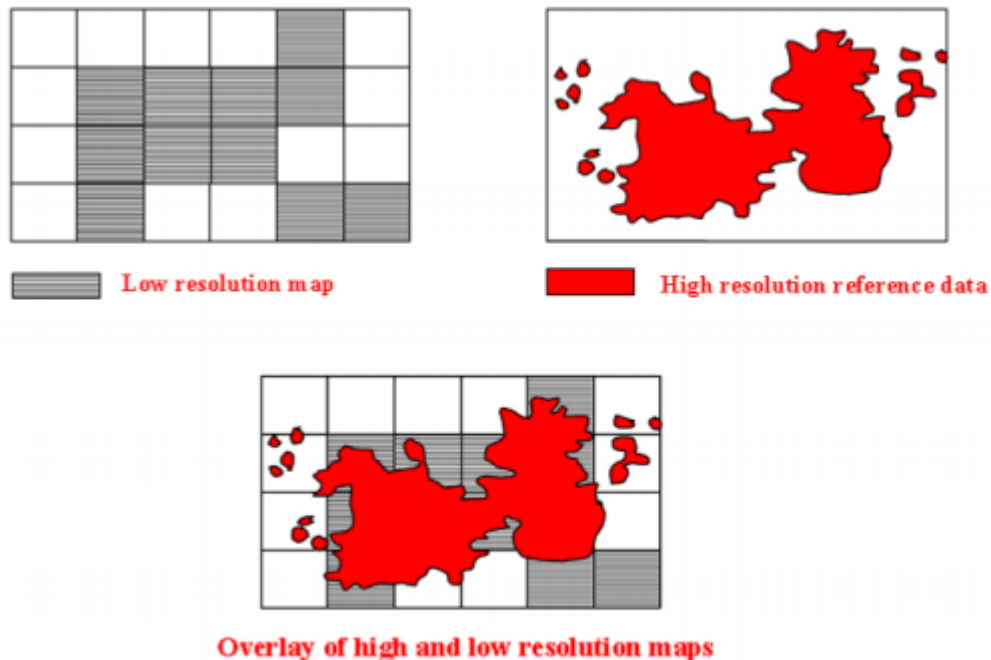
$$\text{Bias: } Bias = (A + B) / (A + C) \quad (4)$$

$$\text{Dice Coeficient (DC): } DC = 2A / (2A + B + C) \quad (5)$$

A teoria acima descrita não leva em consideração que existe uma diferença de resolução entre o sensor utilizado para a classificação e o sensor utilizado para gerar os dados de referência. Dois mapas dicotômicos, cobrindo a mesma área, o primeiro derivado

de um sensor de baixa resolução (painel superior esquerdo) e o outro derivado de um sensor de alta resolução (painel superior direito).

Figura 1: Mapas dicotômicos, cobrindo a mesma área.



Fonte: Adaptado de Boschetti *et al.*, 2004.

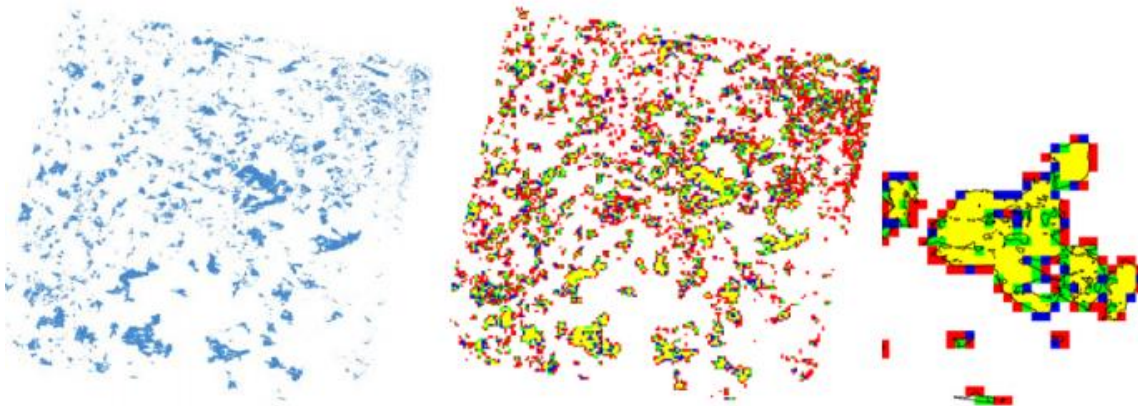
O mapa feito com o sensor de baixa resolução possui pixels que cobrem áreas mistas (queimadas e não queimadas – painel inferior). Conseqüentemente, dependendo da classe a qual este pixel será classificado, levará a erros de omissão ou comissão. Isso porque, a tabela de contingência tradicional como mostrada anteriormente, dá pesos iguais a cada pixel, independente da proporção de cada classe presente neste pixel.

A Figura 1 apresenta dois mapas dicotômicos, cobrindo a mesma área, onde o painel superior esquerdo: demonstra um sensor de baixa resolução espacial, o painel superior direito um sensor de alta resolução e o painel inferior: mapa feito com o sensor de baixa resolução possui pixels que cobrem áreas mistas (queimadas e não queimadas). Adaptado de Boschetti *et al.*, 2004. Desta forma, as medidas de acurácia descritas acima (Equações 1 a 3) foram calculadas de acordo com os estudos de técnicas fuzzy desenvolvidos por Binaghi *et al.* (1999). Neste caso, a concordância-discordância entre os dados de referência (alta resolução) e os dados classificados (baixa resolução) é calculada levando em consideração a proporção de área queimada/não queimada dos dados de referência que se encontra em cada pixel dos dados classificados. Sendo assim, se um pixel é classificado como queimado e de acordo com os dados de referência possui 60% de sua área como queimada, então este pixel terá uma proporção de 0.6 como acerto de queimada e uma proporção de 0.4 como erro de comissão. No caso tradicional, este pixel seria

totalmente classificado como acerto de queimada (proporção 1), sem nenhum erro de comissão (proporção 0). Por outro lado, se um pixel é classificado como não queimado, porém possui 20% de área queimada de acordo com o dado de referência, então este pixel terá uma proporção de 0.8 de acerto de não queimada e apenas 0.2 de erro de omissão. Este tipo de abordagem permite um cálculo mais justo acerca da acurácia do classificador do que a técnica tradicional, pois leva em consideração a proporção real de área queimada dentro de um pixel de acordo com os dados de referência.

A abordagem acima descrita exige que seja calculada a priori a percentagem (ou proporção) de pixels queimados dos dados de referências que se encontra dentro de cada pixel do produto classificado (AQM). Especificamente para o caso em estudo, calculou-se a percentagem de pixels de 30 m (Landsat) queimados que se encontram dentro de cada pixel MODIS de 1 km. A ideia é apresentada na Figura 2, onde o painel da esquerda apresenta as cicatrizes de referência obtidas com Landsat (30 m) e o painel central representa as respectivas percentagens de pixels queimados em cada pixel MODIS (1 km). O painel da direita apresenta uma ampliação da figura do painel central, superposta às cicatrizes Landsat (curvas pretas). Pixels vermelhos indicam percentagens menores que 25%, pixels azuis indicam percentagens entre 25-50%, pixels verdes indicam percentagens entre 50-75% e pixels amarelos indicam percentagens entre 75-100%.

Figura 2: Validação entre AQM e LANDSAT

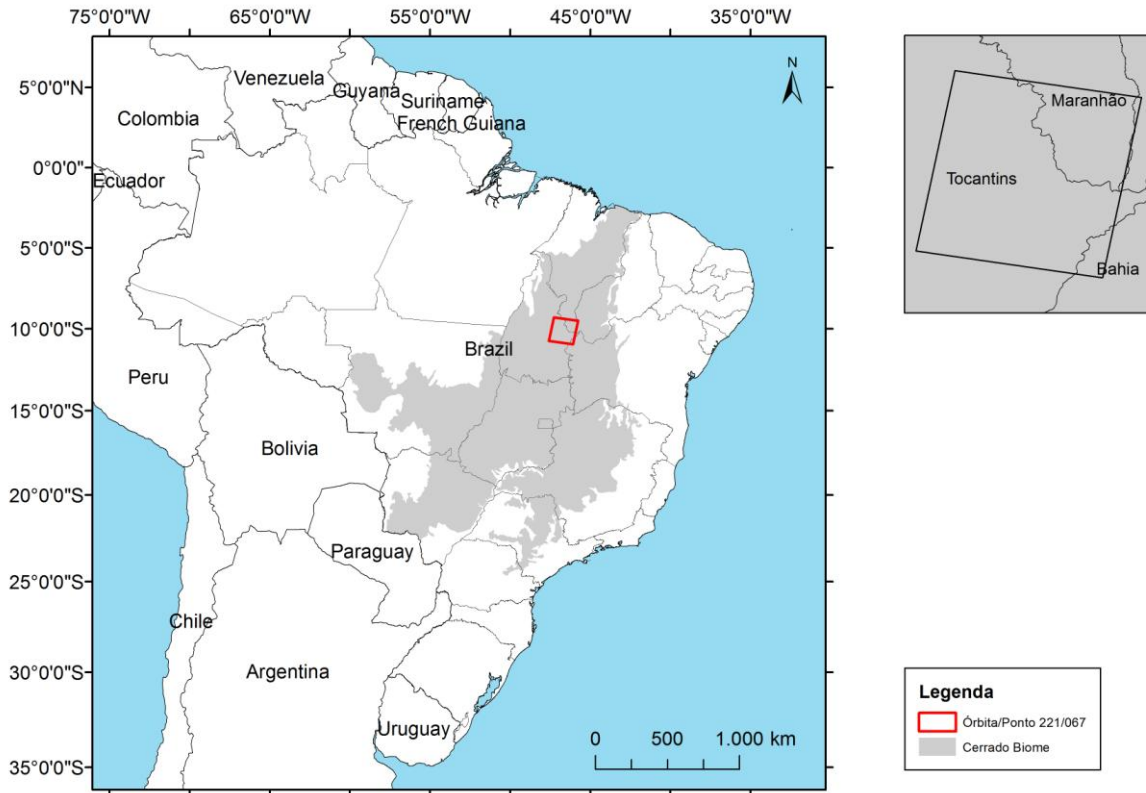


Fonte: Rodrigues 2015

3.3-Área de estudo

A área de estudo compreende o parque estadual do Jalapão na porção nordeste do Brasil central, que compreende as maiores e mais importantes áreas de conservação do bioma Cerrado. A localização da área de estudo é mostrada na Figura 3.

Figura 3: Area de estudo



4-Resultados

Medidas de acurácia a partir da tabela de contingência:

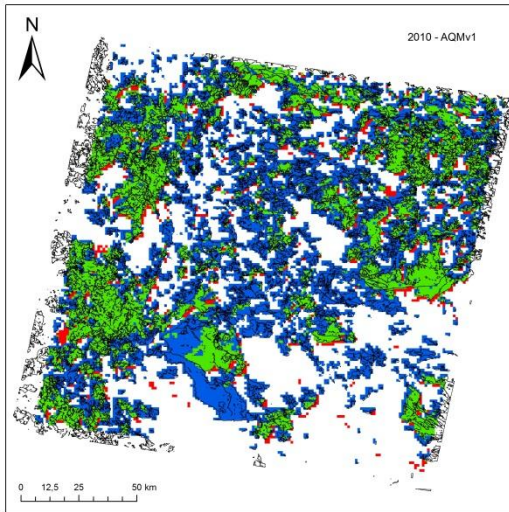
2010	OA (%)	CE (%)	OE (%)	B	DC (%)
AQM v1	80.09	12.38	39.42	0.6914	71.63
AQM v3	80.91	19.02	21.32	0.9717	79.81
AQM v6	82.85	12.27	30.02	0.7977	77.86
AQM v7	83.13	15.19	23.83	0.8981	80.26
MCD64	85.49	2.61	36.23	0.6548	77.08
2014	OA (%)	CE (%)	OE (%)	B	DC (%)
AQM v1	80.60	31.51	17.93	1.1982	74.67
AQM v3	79.49	32.06	24.83	1.1064	71.37
AQM v6	84.23	23.52	31.45	0.8963	72.30
AQM v7	84.40	24.02	26.75	0.9640	74.59
MCD64	89.62	3.04	39.16	0.6275	74.77
2015	OA (%)	CE (%)	OE (%)	B	DC (%)
AQM v1	Não há dado				
AQM v3	79.63	40.79	23.89	1.2856	66.60
AQM v6	87.08	25.80	29.57	0.9491	72.27
AQM v7	85.98	28.95	19.91	1.1271	75.30
MCD64	91.83	9.36	33.28	0.7361	76.86



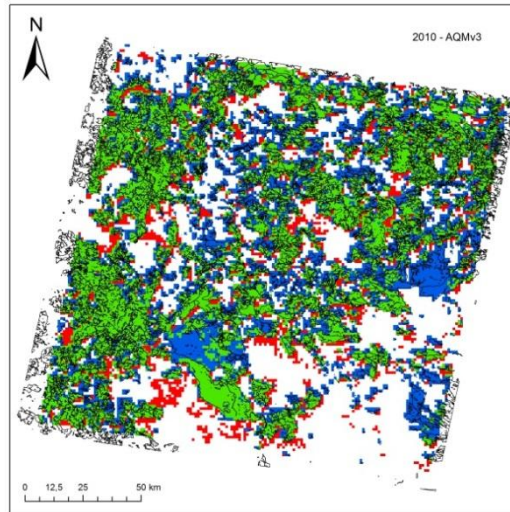
Abaixo, mapas mostrando pixels onde ocorre acerto de área queimada (verde), omissão (azul) e comissão (vermelho) para cena 221/67. Os polígonos contornados de preto representam os dados de referência.

1-2010

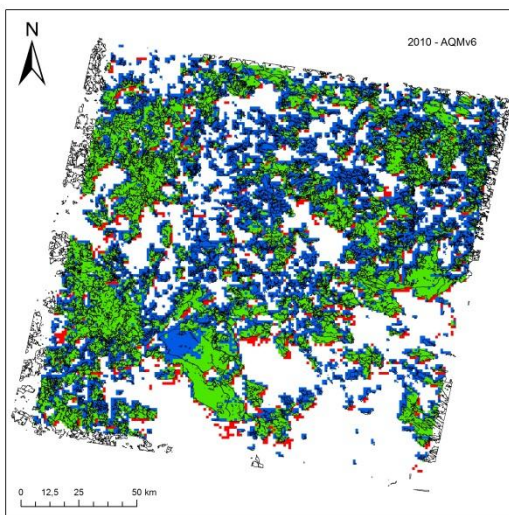
a) 2010 AQM v1



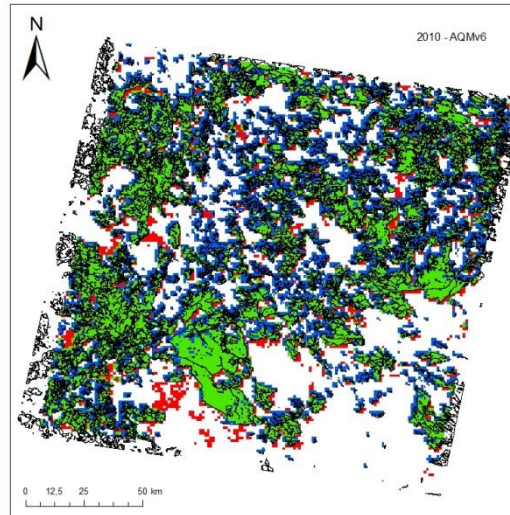
b) 2010 AQM v3



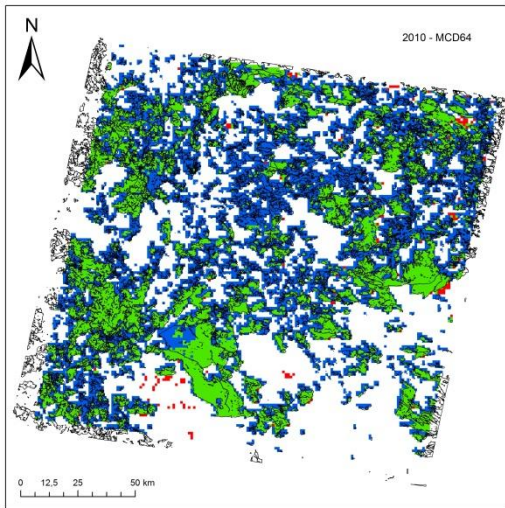
c) 2010 AQM v6



d) 2010 AQM v7

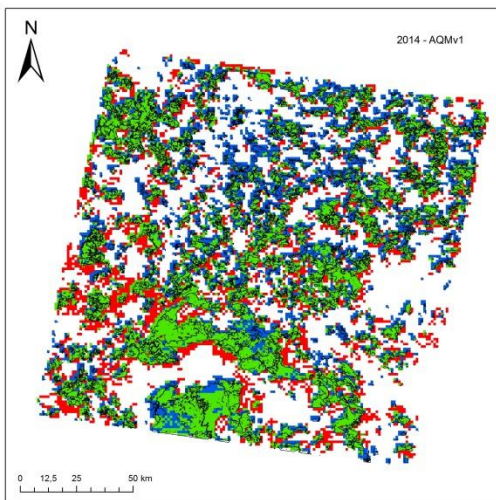


e) 2010 MCD64

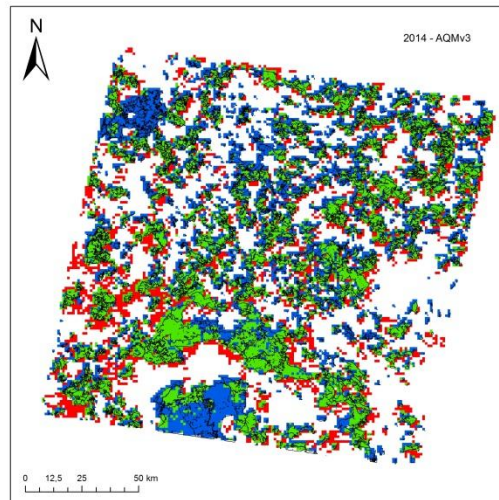


2-2014

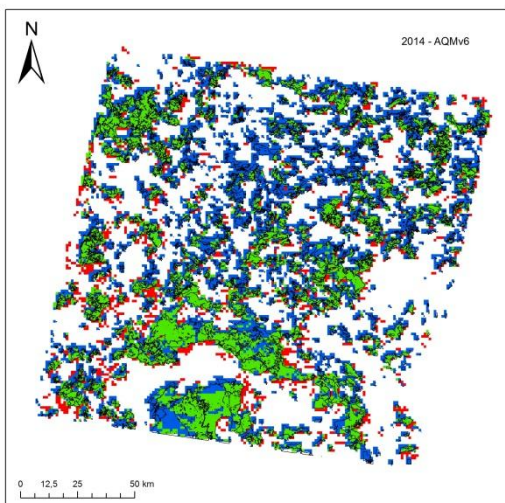
a) 2014 AQM v1



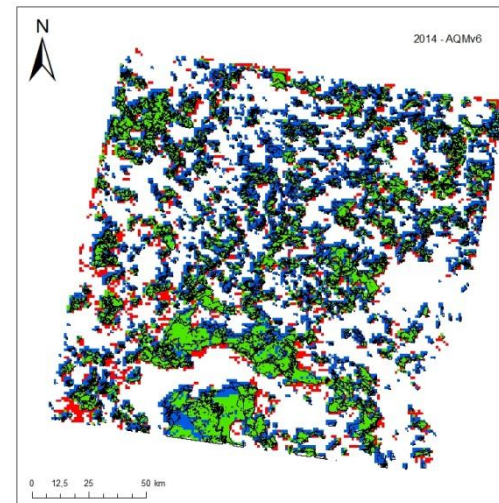
b) 2014 AQM v3



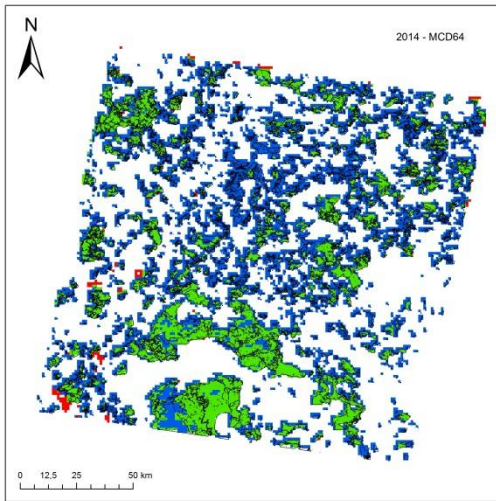
c) 2014 AQM v6



d) 2014 AQM v7



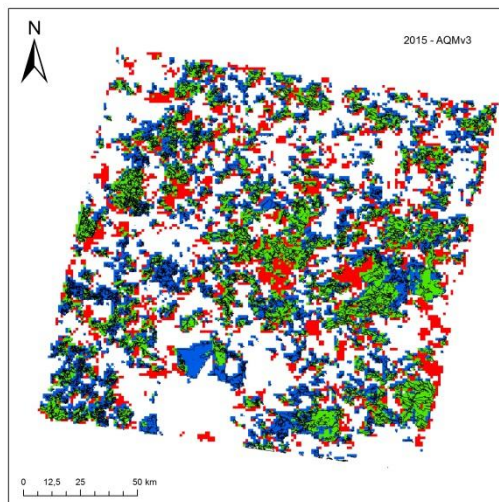
e) 2014 MCD64



3-2015

a) 2015 AQM v1

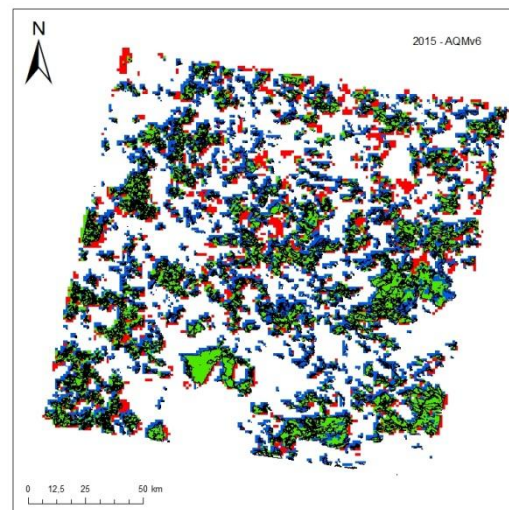
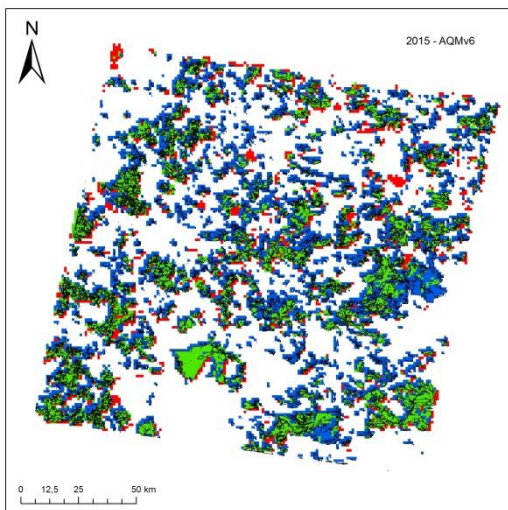
b) 2015 AQM v3



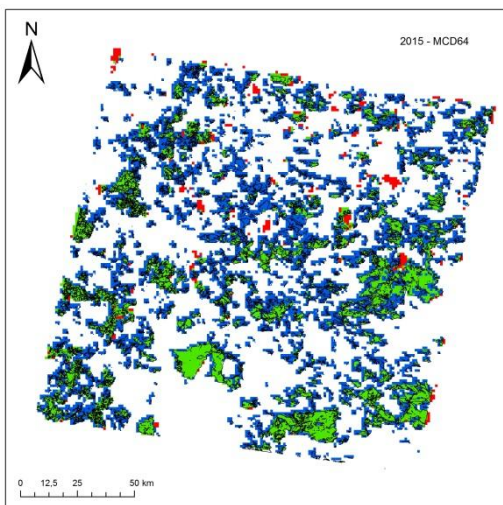
Não há dado.

c) 2015 AQM v6

d) 2015 AQM v7



e) 2015 MCD64



5-Conclusões

As mais recentes alterações realizadas no algoritmo do produto AQM, que deram origem à versão 6, resultaram em mudanças significativas no total anual de área queimada na cena 221_61 (em relação à versão 1), o qual passou de 1.663.016 ha para 1.030.474 ha, em 2010, e de 1.298.173 ha para 788.501 ha, em 2014, tornando este produto mais próximo da referência Landsat, cujos totais anuais de área queimada corresponderam a 875.972 ha e 591.716 ha, em 2010 e 2014, respectivamente.

Contudo, no que se refere aos produtos da versão 7 (produtos da versão 6 processados com os scripts para a retirada de queima do mês posterior e de pixels de áreas urbanas e a inclusão de pixels com focos de calor), os totais de área queimada estimados foram maiores do que os dos produtos brutos da versão 6, o que é evidenciado nos mais altos CE encontrados para os produtos da versão 7 em relação aos da versão 6. Porém os valores de OE, Bias e DC se apresentaram melhores do que os da versão 6.

Como os pós-processamentos realizados em outras versões, anteriormente, contribuíam para a redução do total de área queimada, esperava-se que o mesmo ocorresse com os produtos da versão 7.



6-Bibliografia

Banco de dados de queimadas – INPE. Queimadas – Monitoramento de Focos. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/bduc.php?LANGUAGE=PT>. Acesso em: janeiro 2015.

BASTARRIKA, A. ; CHUVIECO, E. ; NARTÍN, M. P. (2011). Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors. *Remote Sensing of Environment* 115, 1003–1012.

BINAGHI, E.; BRIVIO, P.A.; GHEZZI, P.; RAMPINI, A. (1999). A fuzzy set-based accuracy assessment of soft classification. *Pattern Recognit. Lett.* 1999, 20, 935–948.

CHUVIECO, E. (2008). Satellite observation of biomass burning: implications in global change research. In E. Chuvieco (Ed.), *Earth Observation and Global Change* (pp. 109–142). New York: Springer.

CHUVIECO, E. ; MARTÍN, M. P. ; PALACIOS, A. (2002). Assessment of different spectra indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discriminations. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 5103–5110.

CHUVIECO, E.; ENGLEFIELD, P.; TRISCHENKO, A.; LIO, Y. (2008). Generation of long time series of burn area maps of the boreal forest from NOAA-AVHRR composite data. *Int. J. Remote Sens.* 2008, 23, 5103–5110. *Earth Explorer – USGS.* (2016). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: junho 2016.

GIGLIO, L. ; VAN DER WERF, G. R. ; RANDERSON, J. T. ; COLLATZ, G. J. ; KASIBHATLA, P. S. (2006). Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 957–974.

HUDAK, A. T. ; BROCKETT, B. H. (2004). Mapping fire scars in a southern african savannah using landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 3231–3243.

KAUFMAN, Y. J. ; REMER, L. A. (1994). Detection of forests using MID-IR reflectance: an application for aerosol studies. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, PP. 672–683. KLINK, C. AND MACHADO, R.B. (2005). Conservation of the brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19 (3), 707-713, 2005.



LIBONATI, R. ; DACAMARA, C. C. ; PEREIRA, J. M. C. ; PERES, L. F. (2011). On a new coordinate system for improved discrimination of vegetation and burned areas using MIR/NIR information. *Remote Sensing of Environment*, 114, 831–843. 32

LIBONATI, R. ; DACAMARA, C. ; SETZER, A. ; MORELLI, F. ; MELCHIORI, A. (2015). An algorithm for burned area detection in the Brazilian Cerrado using 4 μm MODIS imagery. *Remote sensing*, V. 7, P. 15782-15803.

(LP DAAC) Land Processes Distributed Active Archive Center. MODIS Reprojection Tool. Disponível em: https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool

MELCHIORI, A.E. ; CÂNDIDO, P.A. ; LIBONATI, R. ; MORELLI, F. ; SETZER, A.W. ; JESUS, S.C. ; FONSECA, L.M.G. ; KÖRTING, T.S. (2015). Spectral indices and multi-temporal change image detection algorithms for burned area extraction in the Brazilian Cerrado. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João PessoaPB, Brasil. (MMA) Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em abril 2016.

PALACIOS-ORUETA, A., CHUVIECO, E., PARRA, A., & CARMONA-MORENO, C. (2005). Biomass burning emissions: a review of models using remote-sensing data. *Environmental Monitoring and Assessment*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 104, 189–209. PEREIRA, J. M. C. (2007). Sensoriamento remoto de áreas queimadas. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa.

PEREIRA, J. M. C. (2007). Sensoriamento Remoto de Áreas Queimadas. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa.

RODRIGUES, J. A., LIBONATI, R., PERES, L. F. Mapeamento de áreas queimadas em Unidades de Conservação na Região Serrana do Rio de Janeiro utilizando o satélite Landsat-8. (2015). XXXVII Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural (JIC); 2)

RODRIGUES, J. A., LIBONATI, R., PERES, L. F. Mapeamento de áreas queimadas em Unidades de Conservação na Região Serrana do Rio de Janeiro utilizando o satélite Landsat-8. (2015). XIII Encontro de Pesquisadores e VII Encontro de Educação Ambiental do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

ROY, D.P. ; JIN, Y. ; LEWIS, P.E. ; JUSTICE, C.O. (2005). Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data. *Remote Sens. Environ.*, 97(2), 137–162.



ROY, D.P. ; WULDER, M.A. ; LOVELAND, T.R. ; WOODCOCK, C.E. ; ALLEN, R.G. ; ANDERSON, M.C. ; HELDER, D. ; IRONS, J.R. ; JOHNSON, D.M. ; KENNEDY, R. ; SCAMBOS, T.A. ; SCHAAF, C.B. ; SCHOTT, J.R. ; SHENG, Y. ; VERMOTE, E.F. ; BELWARD, A.S. ; BINDSCHADLER, R. ; COHEN, W.B. ; GAO, F. ; HIPPLE, J.D. ; HOSTERT, P. ; HUNTINGTON, J. ; JUSTICE, C.O. ; KILIC, A. ; KOVALSSKYY, V. ; LEE, Z.P. ; LYMBURNER, L. ; MASEK, J.G. ; MCCORKEL, J. ; SHUAI, Y. ; TREZZA, R. ; VOGELMANN, J. ; WYNNE, R.H. ; ZHU, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172.

SMITH, A. M. S. ; DRAKE, N. A. ; WOOSTER, M. J. ; HUDAK, A. T. ; HOLDEN, Z. A. ; GIBBONS, C. J. (2007). Production of Landsat ETM+ reference imagery of burned areas within Southern African savannahs: comparison of methods and application to MODIS. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 2753–2775. 33

THONICKE, K. ; SPESSA, A. ; PRENTICE, I. C. ; HARRISON, S. P. ; DONG, L. ; CARMONA-MORENO, C. (2010). The influence of vegetation, fire spread and fire behaviour on biomass burning and trace gas emissions: Results from a process-based model. *Biogeosciences*, 7, 697–743.

TORRALBO, A.F. ; BENITO, P.M. (2012). Landsat and MODIS Images for Burned Areas Mapping in Galicia, Spain. 93 p. (TRITA-GIT EX 12-006). Master's of Science Thesis in Geoinformatics - Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.

(USGS) United States Geological Survey. (2015). Using the USGS Landsat 8 Product. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php. Acesso em: janeiro 2016.

(USGS) United States Geological Survey. (2016). Landsat processing details. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/landsat_processing_details.php. Acesso em: abril 2016.