

## Eficiência de bandas termais do satélite Landsat 8 na identificação de cicatrizes de queimadas.

Greissz da Encarnação Marques<sup>1</sup>, Elpídio Inácio Fernandes Filho<sup>2</sup> Eliana Elizabet dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa - UFV

Avenida P. H. Rolfs S/N – 36570-000 – Viçosa - MG, Brasil, greissz.marques@ufv.br

; <sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa - UFV

Avenida P. H. Rolfs S/N – 36570-000 – Viçosa - MG, Brasil, elpidio@ufv.br

; <sup>3</sup>Universidade Federal de Viçosa - UFV

Avenida P. H. Rolfs S/N – 36570-000 – Viçosa - MG, Brasil, liliisantos@hotmail.com

### RESUMO

As queimadas alteram a paisagem, a dinâmica da biodiversidade, propriedades da atmosfera, do solo e de seus constituintes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de bandas termais em separar queimadas de feições com mesmas características espectrais como água, solo exposto, área urbana, pastagem e mata indicando o nível de confusão entre essas feições a partir da classificação supervisionada do sensor TIRS - LANDSAT 8. Foram utilizados os focos de calor do INPE. Após a classificação supervisionada (MAXVER), foram calculados os índices Kappa Global e Condicional, sendo que a combinação de todas as bandas mais o NDVI, NBR e as informações de temperatura de superfície obtiveram maior desempenho dentre as demais combinações. Para analisar o comportamento dos índices Kappa, utilizou-se o teste estatístico Z. Constatou-se que todos os índices comparados à Banda 2 a 7 do LANDSAT 8 geraram resultados superiores a 1,96, considerados estatisticamente diferentes.

**Palavras-chave** — Fogo, Landsat 8, Classificação supervisionada

### ABSTRACT

*The fires alter the landscape, the dynamics of biodiversity, properties of the atmosphere, soil and its constituents. The objective of this work was to evaluate the ability of thermal bands to separate burnings of features with the same spectral characteristics as water, exposed soil, urban area, pasture and forest indicating the level of confusion between these features from the supervised classification of the TIRS - LANDSAT sensor 8. The heat sources of INPE were used. After supervised classification (MAXVER), the Global and Conditional Kappa indices were calculated, and the combination of all bands plus NDVI, NBR and surface temperature information obtained higher performance among the other combinations. To analyze the behavior of the Kappa indexes, the statistical test Z was used. It was verified that all indices compared to Band 2 to 7 of LANDSAT 8 generated results higher than 1.96, considered statistically different..*

**Key words** — fires, Landsat 8, supervised classification.

### 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos muito se tem estudado sobre os incêndios e queimadas e suas consequências sobre o meio ambiente. A falta de controle sobre incêndios criminais podem trazer consequências irreversíveis para o meio

Devido à necessidade de detectar áreas atingidas pelo fogo, as tecnologias foram sendo aprimoradas, com técnicas cada vez mais avançadas e capacidade de obter múltiplas informações sobre o planeta. Os satélites são parte dessa tecnologia e contribuem para a obtenção desses dados.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é responsável por pesquisar, coletar e analisar, dentre outros temas, as queimadas e incêndios no Brasil. O INPE possui uma base de dados de focos de calor e imagens de satélites que estão disponíveis sem custo e que podem contribuir tanto para estudos quanto identificação dessas áreas. Porém, os satélites nem sempre conseguem captar todos os focos devido a fatores ligados à característica particular, como a resolução temporal ou devido a fatores externos, no caso de nuvens. Solos expostos, sombras, superfícies com temperaturas elevadas e água podem ser confundidos com os focos de incêndio.

Nesse sentido, o Geoprocessamento configura-se como um conjunto de ferramentas essencial capaz de avaliar, por meio de imagens de sensores de satélites remotos, áreas onde os recursos humanos não conseguem abranger, permitindo a avaliação dos danos e as consequências das queimadas e dos incêndios no ambiente.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo selecionada compreende uma faixa do território do estado de Minas Gerais, com aproximadamente 36.500,00 Km<sup>2</sup>, localizada, em sua maior parte, na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Sua paisagem é composta, na maioria, por escarpas e planaltos e sua vegetação encontra-se em transição entre o domínio da Mata Atlântica e o Cerrado.

A região abrange importantes áreas econômicas do país, como o quadrilátero ferrífero, principal área da mineração e

maior produtora de minério de ferro, entre outros produtos como cimento, etc.

Na região encontram-se importantes parques, dentre eles, o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, o Parque do Itacolomi, o Parque Estadual de Nova Baden, o Parque Estadual do Sumidouro e o Parque da Serra do Curral, responsáveis pela preservação da fauna e da flora, além de destaque na área do ecoturismo, contribuindo para a economia local.

Para elaboração do trabalho foi adquirida uma imagem do satélite Landsat 8, registrada no dia 12 de agosto de 2014, com resolução espacial de 30m nas bandas multiespectrais, 15m na banda pancromática e 100m nas bandas termais já processadas para resolução de 30 metros.

As cenas Landsat 8 - OLI\_TIRS utilizadas foram adquiridas, de forma gratuita, no site do USGS. A cena de órbita 218 ponto 074 foi escolhida devido à ausência de nuvens no período de baixa precipitação onde as ocorrências de incêndios e queimadas são mais expressivas.

Foi solicitada a imagem com correção atmosférica para obtenção do produto das bandas termais - L8ST (SurfaceTemperature) já processada pela USGS com valor unitário em graus Celsius e a mesma cena sem correção atmosférica para fins de cálculo de NDVI e NBR.

Para este trabalho foi necessário à utilização dos dados de focos de calor disponibilizado pelo INPE, a fim de auxiliar na identificação das queimadas sobre a cena Landsat.

Foi utilizado focos de calor de três meses antecedentes à data da imagem (12/08/2014), pois segundo Santos (2015), como a queimada deixa cicatrizes na paisagem e o tempo de permanência de uma cicatriz no Cerrado chega a 87 dias e na Mata Atlântica 73 dias, garantimos assim, que na data da imagem, todas as cicatrizes presentes podem ser confirmadas por focos de calor de 90 dias anteriores. Considerando, claro, que os biomas, Cerrado e Mata Atlantica, estão presentes na área de estudo.

Após a obtenção da imagem disponibilizada pela USGS, foi realizada a coleta das amostras de 5 classes de interesse (grupo 1, grupo 2, grupo 3, grupo 4 e grupo 5). Estas classes foram definidas e agrupadas de acordo com suas características espectrais, com uma média de 30 amostras de treinamento e 30 amostras de validação para cada classe.

A coleta das amostras foi feita através da análise visual de modo que cada uma delas possuía entre 10 e 12 pixels.

No grupo 1 foi colocado as queimadas (antigas e recentes), no grupo 2 as pastagens, no grupo 3 as matas e agriculturas, no grupo 4 as sombras, águas, minerações e rochas e grupo 5 solos expostos e áreas urbanas áreas de. A fim de avaliar o desempenho da classificação com a inserção informações que privilegiasse uma melhor distinção das classes foi calculado o NDVI, utilizando a fórmula proposta por Rouse (1973).

Para o cálculo do NBR, foi utilizado a fórmula  $NBR = \frac{R5 - R7}{R5 + R7} * 1000$ , onde R5 refere-se a banda 5 (0,85 $\mu$ m – 0,88 $\mu$ m) (Infravermelho Próximo) do Landsat 8 e

R7 refere-se a banda 7 (2,11 $\mu$ m - 2,29 $\mu$ m) (Infravermelho de ondas curtas).

Para obter a temperatura de superfície foi utilizado a ferramenta *Surface Temperature Whith Emissivity Correction* do ARCGIS 10.1 e as bandas 10 e 11 do sensor TIRS.

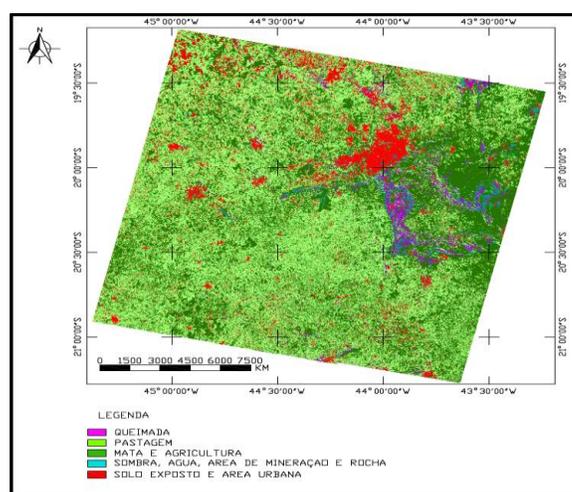
Foram realizadas 8 classificações com diferentes combinações de bandas: (Bandas 2a7), (2a7 + NBR), (2a7 + NBR + NDVI), (2a7 + NBR + TEMP), (2a7 + NDVI), (2a7 + NDVI + TEMP), (2a7 + TEMP), (2a7 + NBR + NDVI + TEMP). Para a classificação da imagem foi utilizado o método da Máxima Verossimilhança (MAXVER).

Após a classificação obteve-se a matriz de confusão para cada uma das composições, sendo possível calcular o índice Kappa e posteriormente realização do teste Z através do programa Microsoft Excel, utilizando as fórmulas proposta por Congalton et al. (1983).

### 3. RESULTADOS

Para todas as composições utilizadas não houve confusão entre as classes Queimada e Pastagem e Queimada e Agricultura/Mata, mostrando que o classificador entendeu que todas as amostras correspondiam à estas classes. Ao utilizarmos estas mesmas combinações ocorre conflito entre as classes Queimada e Solo Exposto/Área Urbana e Queimada e Sombra/Água/Área de Mineração/Rocha. O que contribuiu para este fato pode ter sido a semelhança espectral dos alvos ou erros durante a coleta das amostras.

De acordo com as matrizes de confusão, a composição englobando as Bandas de 2a7 + NBR + NDVI + TEMP, apresentou o melhor resultado (Figura 1).



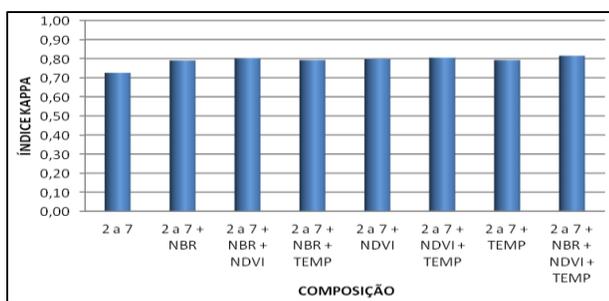
**Figura 1:** Resultado da classificação supervisionada (Bandas 2a7 + NBR + NDVI + TEMP)

A matriz de confusão dessa composição pode ser visualizada na Tabela 1

**Tabela 1:** Matriz de confusão da composição (Bandas 2a7 + BR + NDVI + TEMP)

CLASSE	QUEIMADA TREINAMENTO	PASTAGEM TREINAMENTO	AGRICULTURA E MATA TREINAMENTO	SOMBRA, ÁGUA, ÁREA DE MINERAÇÃO E ROCHA TREINAMENTO	SOLO EXPOSTO E ÁREA URBANA TREINAMENTO
G1- QUEIMADA	455400,0	0,0	0,0	0,0	13500,0
G2 PASTAGEM	0,0	307800,0	0,0	0,0	3600,0
G3- AGRICULTURA E MATA	0,0	0,0	376200,0	0,0	0,0
G4- SOMBRA, ÁGUA, ÁREA DE MINERAÇÃO E ROCHA	276300,0	2700,0	0,0	205200,0	9000,0
G5- SOLO EXPOSTO E ÁREA URBANA	0,0	0,0	0,0	6300,0	455400,0

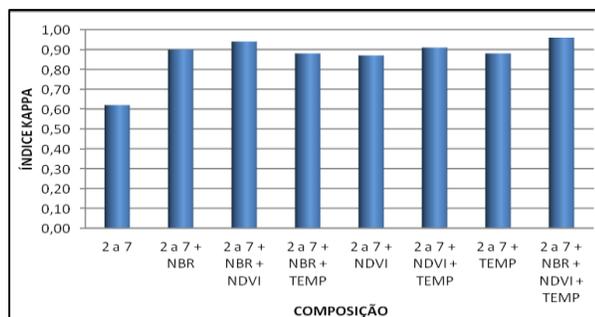
A partir das matrizes de confusão foi realizado o cálculo do índice Kappa Global obtendo os valores indicados na Figura 2.



**Figura 2:** Índice Kappa Global X Composição

De acordo com o índice Kappa Global calculado entre as composições de acordo com Cohen, (1960), o nível de concordância ficou entre Muito Bom e Excelente

Na Figura 3 podemos visualizar os resultados obtidos do cálculo do índice Kappa Condicional de queimadas



**Figura 3:** Índice Kappa Condicional X Composição

Baseado nos coeficientes Kappa, observa-se que o classificador desenvolvido apresentou desempenho satisfatório para separar queimadas das demais classes,

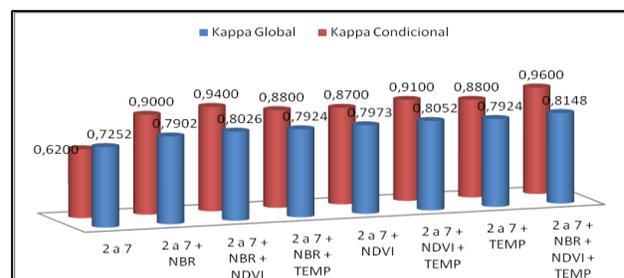
sendo que, quando utilizou-se todas as composições (Bandas 2a7 + NBR + NDVI + TEMP), obteve-se um nível de concordância maior, ou seja, houve uma aproximação maior indicando uma classificação ótima de acordo com os intervalos de valores proposto por Cohen (1960).

Ao se comparar as combinações da banda 2 a 7 com todos os outros tratamentos houve diferença estatística entre os valores calculados, obtendo o  $Z > 1,96$  (95%), ou seja, o teste foi significativo, rejeitando-se a hipótese de nulidade.

Quando comparamos todos os índices Kappa encontrados com o Kappa da Banda 2 a 7 (0,7252) percebemos que são maiores, possibilitando concluir que todos os tratamentos foram melhores que a Banda 2 a 7 apenas. Ao se comparar todos os tratamentos entre si, com exceção da Banda 2 a 7, conclui-se que não existe diferença estatística entre eles.

Em relação da Banda 2 a 7 com todos os outros tratamentos houve diferença estatística entre os valores calculados, pois temos o  $Z > 1,96$  (95%) e ao comparamos todos os índices Kappa encontrados com o Kappa da Banda 2 a 7 (0,6214) percebemos que são maiores, possibilitando concluir que todos os tratamentos foram melhores que a Banda 2 a 7 apenas.

Ao comparamos as demais combinações (exceto Banda 2a7) entre si, utilizando o Kappa condicional, existe diferença estatística entre algumas. Com relação aos Kappa, houve uma melhora no Kappa Condicional (Figura 4)



**Figura 4:** Comparação entre os Kappa Global e Condicional

Após identificar a melhor classificação, foi realizado processamentos em Model Builder, onde foram excluídos pixels com áreas inferiores a 2.000,00 m<sup>2</sup>. Esta operação foi necessária para homogeneizar as classes de uso retirando estes pixels que possivelmente originaram-se das confusões entre as classes ou de ruídos da imagem.

Na Tabela 5 temos a diferença de área quando retirados esses pixels. Observa-se que o Grupo 1, grupo das queimadas, obteve uma queda de quase 52% da área inicialmente classificada como queimadas.

**Tabela 2:** Áreas recalculadas com o Model Builder

Classe	Área sem exclusão (ha)	Área final (ha)
Grupo 1	110.140,00	57.716,00
Grupo 2	1.610.220,00	1.868.566,00
Grupo 3	1.453.629,00	1.480.594,00
Grupo 4	130.428,00	48.530,00
Grupo 5	355.833,00	205.098,00

Vale lembrar que as áreas ao serem excluídas de uma classe, a mesma é automaticamente realocadas à classe vizinha de maior dominância.

Após a classificação da imagem e posterior avaliação dos índices Kappa (Global e Condicional) e do teste Z, obteve-se como valor final para a área queimada 57.716,00ha.

## 5. CONCLUSÕES

Ao avaliar a matriz de confusão verificamos que as queimadas podem ser separadas de alvos como pastagem, agricultura e mata somente utilizando as bandas 2a7 do sensor OLI (Landsat8) ou podendo utilizar qualquer uma das 8 combinações realizadas.

Para separar as queimadas de sombra, água, área de mineração e rocha, de acordo com a matriz de confusão, podemos utilizar tanto a composição (Banda 2a7 + NDVI + TEMP), quanto à composição (Banda 2a7 + NDVI + NBR + TEMP).

Para separar as queimadas de solo exposto e área urbana, com base na matriz de confusão, o melhor resultado da classificação será aquele utilizando a composição (Banda 2a7 + NDVI + NBR + TEMP).

De acordo com a matriz de confusão, no geral, a melhor resposta para a classificação supervisionada foi obtida quando se utiliza a composição (Banda 2a7 + NDVI + NBR + TEMP), ou seja, maior número de variáveis.

O índice Kappa realizado para todas as composição (Banda 2a7 + NDVI + NBR + TEMP) foi o que teve melhor desempenho.

Embora o nível de concordância do índice Kappa tenha sido muito bom para as 8 combinações, houve um

significativo número de confusão entre algumas composições envolvendo as classes (Queimada) x (Solo Exposto e Área Urbana) e (Queimada) x (Sombra, Água, Área de Mineração e Rocha). Este fator pode estar relacionado a erro na coleta das amostras ou mais provável devido à semelhança espectral desses alvos.

O teste Z realizado para o índice Kappa Global mostrou que todas as combinações quando comparadas com as bandas 2a7 foram estatisticamente diferentes, ou seja, as diferenças encontradas são grandes o suficiente para não serem atribuídas ao acaso. Se desconsiderarmos somente as bandas 2a7 e analisarmos as combinações feitas entre as demais, concluímos que as diferenças encontradas não diferem estatisticamente.

Para o teste Z do Kappa Condicional de queimadas, quando comparamos as composições com as bandas 2a7 houve diferença estatística. Desconsiderando as bandas 2a7 e comparando as demais combinações entre si, temos valores que são diferentes estatisticamente e outros que não diferem ao nível significância de 5%.

As bandas termais ajudam na identificação de áreas queimadas, porém não são suficientes para separar características semelhantes (Queimadas de Solo Exposto + Área Urbana), ocasionando confusões.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] COHEN, J. A Coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, [S.l.], v. 20, p. 37-46, 1960.
- [2] CONGALTON, R.G. & MEAD R.A. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.49, n.1, p.69-74, 1983
- [3] INPE 2015. Brasil registra número recorde de queimadas no início do ano. Disponível on-line em <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/03/brasil-registra-numero-recorde-de-queimadas-no-inicio-do-ano-diz-inpe.html>>. Acesso em 15 de maio de 2015.
- [4] ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA SP-351*, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.
- [5] SANTOS, E. E. Uso da Geotecnologia na Detecção e Espacialização de Queimadas e Incêndios no Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa 2015.