

## Caracterização e identificação de incêndios no cerrado

Luango Augusto Feitosa Ahualli<sup>1</sup>  
Hélio Guilherme de Almeida Lara<sup>1</sup>  
Newton Moreira de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB  
Caixa Postal: 04386 - 70910-900 - Asa Norte - Brasília- DF  
luango.augusto@hotmail.com;  
helioguilherme@hotmail.com;  
nmsouza@unb.br;

**Abstract.** The objective of this work was to analyze the occurrence of focus of fire in areas of IBGE and FLONA, Distrito Federal, in the period from 06 June to 28 October 2011, using the Landsat-5-TM images from the following dates: 06/Jun, 08/Jul, 09/Ago, 10/Set and 28/Out of 2011. The images were processed on software Spring 5.2. Results were developed by analyzing the changes caused by the existence of focuses of fire on vegetations index (IVDN) and in surface temperature values, taken with Malaret's Model, which was applied on Spring by LEGAL. Based on analyses of IVDN index maps of vegetation, it is possible to notice the extent of green area affected by the fire. Comparing maps in time allows to notice IVDN values variation, which gives characteristics of fire intensity, fuel material and the area itself. Based on surface temperature maps analyses of beginning and final dates and also on the analyses of temperature differences, it was possible to follow temperature variation on areas affected by fire. As much as create profiles to them.

**Palavras-chave:** incêndios, fogo, sensoriamento remoto, método de Maralet, temperatura de superfície, Landsat5, imagens termais.

### 1. Introdução

Desde seu descobrimento no Período Neolítico, o fogo vem sendo popularizado como um instrumento considerado indispensável para a evolução humana, e de importância inestimável quanto sua atuação nos meios rurais. Entretanto, a ocorrência de eventos extremos devido às variações climáticas e a expansão desorganizada dos centros urbanos e rurais levaram a um aumento da ocorrência de incêndios que, planejados ou não, passaram a constituir uma preocupação constante dos órgãos e associações relacionadas à preservação do meio ambiente.

Dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) estimam que anualmente ocorram em média 300.000 focos de incêndios em todo o território brasileiro. A região Centro Oeste, além de comportar um dos cinco maiores biomas nacionais e um dos mais variados em termos de flora e fauna, o cerrado, concentra cerca de 40% das queimadas nacionais, as quais em sua maioria estão associadas às práticas agrícolas no que se refere à expansão da fronteira agrícola, ao controle de pragas, à conversão de florestas e campos em pastagem ou à renovação de pastagens e cultivos agrícolas já estabelecidos. Salvo as ocorrências de queimadas oriundas da relação natural entre o cerrado e o fogo e de ações criminosas.

A justificativa a esse trabalho repousa sobre o fato de que durante o ano de 2011, marcado pelas altas temperaturas, baixa umidade e fortes ventos, 32 mil hectares de cerrado fossem afetados pelo fogo, segundo as estimativas do Corpo de Bombeiros do DF, representando um aumento de 255,5% de área afetada com relação ao ano de 2010, tal aumento explícita a necessidade de aprimoramento técnico quanto ao tratamento e

entendimento das variáveis relacionadas à ocorrência de incêndios no cerrado, bioma no qual esse entendimento é crucial visto a dualidade intrínseca à presença do fogo neste ambiente.

O sensoriamento remoto e o SIG têm se mostrado cada vez mais útil no tratar desse fenômeno, uma vez que fornece uma boa resolução temporal e espacial necessária para monitorar e avaliar a ocorrência de incêndios que têm uma grande escala de atuação e uma grande variabilidade temporal de ocorrência. Entretanto, o estudo de incêndio por meio de informações obtidas por satélites possuem uma série de interferências intrínsecas aos processos de obtenção da imagem, como a interferência da composição química e umidade do solo no grau de emissividade do mesmo e a interferência causadas pela interação entre os gases da atmosfera e a radiação eletromagnética. Para minimizar essas interferências são aplicadas técnicas de processamento de imagens, como o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) e medidas de temperatura de superfície a partir de imagens térmicas.

Para contribuir com o aprimoramento dessas técnicas de geoprocessamento, este trabalho procura trazer um maior entendimento as variáveis que abrangem a ocorrência de incêndios e que sejam possíveis de mensurar por imagens de satélite, mas especificadamente, aquelas que são possíveis mensurar pela análise das imagens térmicas e do índice de vegetação.

### 1.1 Área de estudo

Serão analisadas neste trabalho duas áreas de reserva ambiental do Distrito Federal e redondezas vistas na Figura 1, correspondentes à Floresta Nacional, área em amarelo, com 9346 hectares, e a Reserva do IBGE, área em vermelho, com 1300 hectares.



Figura 1 - Imagem LandSat-5 do Distrito Federal.

**2. Objetivos:** O presente trabalho tem o objetivo identificar e analisar os incêndios ocorridos nas áreas do IBGE e FLONA, Distrito Federal, nas datas de 06 de junho, 08 de julho, 09 de agosto, 10 de setembro, 28 de outubro com base nas de imagens TM do LANDSAT 5.

### 2. Materiais e Métodos

Neste estudo foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LandSat-5. O sensor possui 7 bandas espectrais, seis delas com resolução espacial de 30 metros e um, a termal, com resolução de 120 metros. O satélite tem uma resolução temporal de 16 dias e uma resolução radiométrica de 8 bits.

As imagens utilizadas foram fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e foram tiradas nos dias 06/Jun/2011, 08/Jul/2011, 09/Ago/2011, 10/Set/2011 e 28/Out/2011 e foram processadas no software Spring 5.2, também fornecido gratuitamente pelo Inpe. Tais datas foram escolhidas com uma variação temporal média de um mês no intuito de analisar a distribuição temporal da ocorrência de queimadas, bem como o de analisar como ocorre a recuperação dessas áreas..

A comparação temporal de dados de séries radiométrica fundamenta-se na compatibilidade radiométrica dos dados coletados ao longo do tempo (Hall et al, 1991). Essa comparação permite obter uma caracterização espectral dos diferentes alvos, neste caso, foi usada para caracterizar os incêndios identificados nas áreas de estudo e compará-los com o decorrer do tempo. Assim, para que fosse realizada esta comparação, foi obtido o NDVI de cada imagem, que permitiu a mensuração do vigor vegetativo em cada imagem e o monitoramento do uso e cobertura do solo.

A temperatura aparente da superfície foi obtida pela aplicação do modelo de Malaret com o uso da programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) no Spring.

O modelo de Malaret baseia-se na conversão do número digital (DN) de cada pixel da imagem da banda termal em temperatura aparente segundo a equação 1:

$$T = 209,831 + 0,831.(DN) - 0,00133.(DN)^2 \quad (1)$$

Onde, T = temperatura aparente em Kelvin (K) e DN = número digital de cada pixel

Para conversão em Graus Celsius, foi usado a equação 2:

$$T_c = T - 273,15 \quad (2)$$

Os resultados foram gerados pela análise das alterações causadas pela presença desses focos de incêndios nas respostas das imagens as técnicas de processamento aplicadas, como o IVDN, e pela análise da distribuição espacial e temporal da temperatura aparente de superfície.

### 3. Resultados e Discussão

As figuras 2.a, 3.a, 4.a e 5.a mostram imagens em composição colorida do primeiro e do último dia de estudo para as regiões da FLONA e da Reserva do IBGE. Em ambas as regiões, é possível notar certas mudanças quantitativas e, principalmente, e qualitativas da cobertura vegetal. Na FLONA, nota-se uma queda brusca quanto à vegetação pelo aumento do solo exposto e pela visível diminuição de áreas verdes. Essas mudanças devem-se, não somente as estações nas quais as imagens foram tiradas, mas também a presença de incêndios, que podem ser comprovadas pelas áreas com tonalidade levemente mais escura. Há de se considerar também que esses incêndios aparecem em sua maioria nas áreas de mais densa vegetação. Na imagem da Reserva do IBGE, nota-se o mesmo padrão de diminuição da vegetação. A perda quantitativa do pigmento das folhas, que provocam absorção de energia, responde pela diminuição do aspecto verde e predominância de um aspecto levemente acinzentado. Em suma, os tons amarronzados referem-se ao solo exposto, os tons mais claros mostram áreas urbanas e os tons acinzentados - salvo nas partes que compreendem sombras das nuvens, denotam as áreas incendiadas. Há de se considerar também que a intensidade do grau de tom acinzentado reflete a severidade do incêndio e, neste sentido, nota-se que as áreas que apresentam maior tom acinzentado se encontram mais próximas das áreas urbanas.

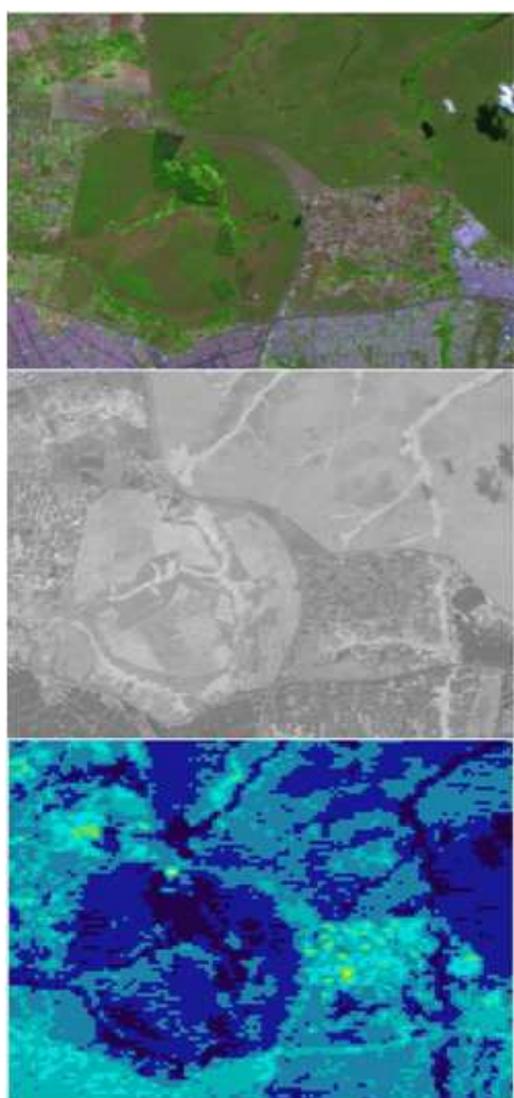


Figura 2 – Imagens da região da Flona de 06/Jun: a) RGB; b) IVDN c) Temperatura do solo em

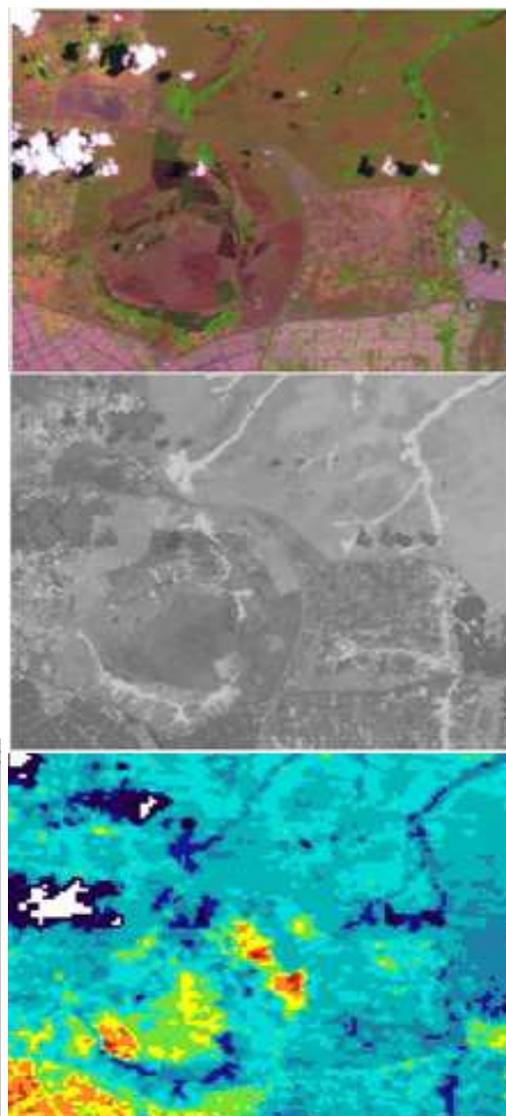
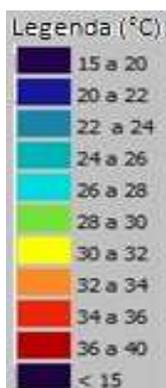


Figura 3 –Imagens da região da Flona de 28/Out: a) Composição RGB; b) IVDN; c) Temperatura do solo em

As imagens 2.b, 3.b, e 4.b,5.b tratam do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) das áreas da FLONA e do IBGE. O índice, ao minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos na reflectância espectral da vegetação, nos permite observar que a parte da vegetação que apresentou maior biomassa foi a que menos sofreu com as variações causadas pelas estações ou mesmo pela presença de incêndios. O que nos leva a concluir que a biomassa verde é um fator crucial para o equacionamento do fenômeno incêndio. Ao comparar as imagens feitas da Reserva do IBGE e da FLONA quanto a essas áreas de vegetação de alta biomassa verde, é possível notar que uma parte sofreu com a presença de incêndios, principalmente na área do IBGE, e que a principal diferença entre essas áreas de alta biomassa verde nas duas regiões é a espessura, ou seja, no IBGE parte dessa mata não apresentou densidade suficiente para conter os efeitos do incêndio.

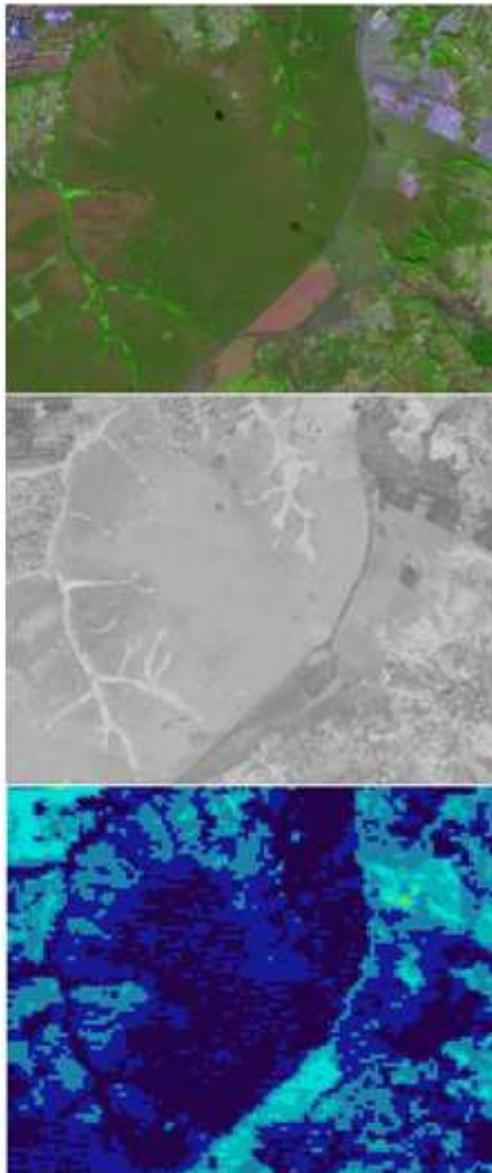


Figura 4 – Imagens da região do IBGE de 06/Jun: a) RGB; b) IVDN c) Temperatura do solo em

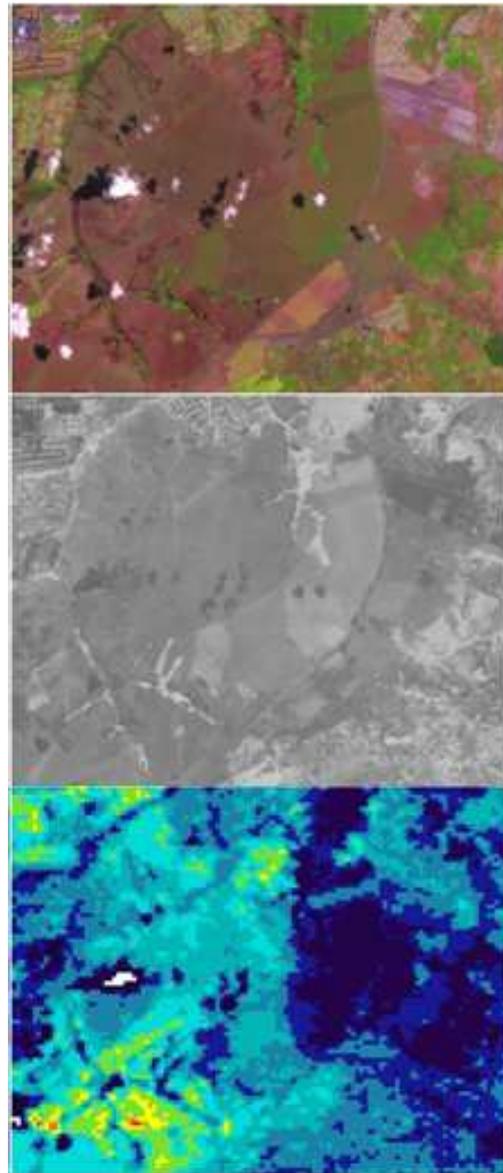
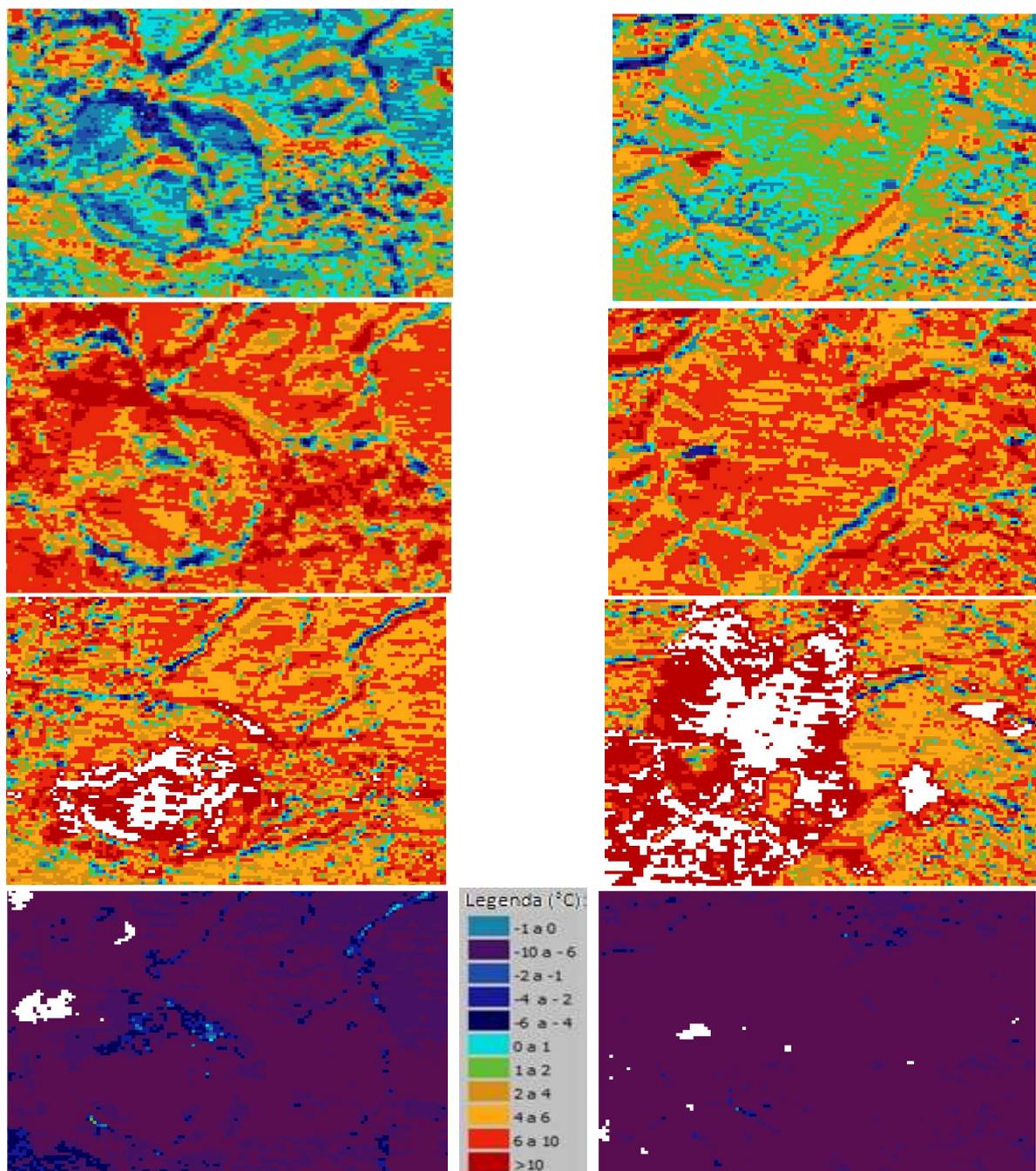


Figura 5 –Imagens da região do IBGE de 28/Out: a) RGB; b) IVDN; c) Temperatura do solo em

Analisando as imagens 2.c, 3.c e 4.c e 5.c das temperaturas de superfície, nota-se que as duas áreas de estudo apresentaram um perfil térmico com poucas variações para a primeira data de estudo. Como esperado, com a diminuição da vegetação e presença de incêndios, houve um aumento da variância de temperatura nas imagens da estação mais seca. As imagens apresentaram picos próximos a 40 °C nas áreas com incêndios mais intensos e recentes e também uma elevação nas áreas urbanas.



**Figura 6 – Variações térmicas da região da Flona: a) 08/07 – 06/06; b) 09/08 – 08/07; c) 10/09 – 09/08 d) 28/10 – 10/09;**

**Figura 7 – Variações térmicas da região do IBGE: a) 08/07 – 06/06; b) 09/08 – 08/07 c) 10/09 – 09/08; d) 28/10 – 10/09**

Examinando agora nas Figuras 6 e 7 as diferenças dos perfis térmico das datas 06/Jul/2011, 08/Jun/2011, 09/Ago/2011, 10/Set/2011 e 28/Out/2011 – fazendo-se a posterior menos a anterior –, pode-se avaliar o desenvolvimento das queimadas neste período nos pontos de altas diferenças de temperatura entre as superfícies das imagens, numa resolução temporal de aproximadamente um mês.

Nota-se que as imagens 6.a e 7.a apresentam uma baixa variação de temperatura, embora levemente maior na região da Reserva do IBGE. Em junho a vegetação sofreu grande impacto com a seca, possuindo ainda boa biomassa verde que dificulta as queimadas. Foi identificada

uma queimada na área do IBGE na região centro-esquerda da imagem, que foi identificada por uma mancha vermelho escuro.

Nas imagens 6.b e 7.b, há a predominância de altas diferenças de temperatura. Este fato se deve a aproximação do ápice da seca no cerrado em agosto. Com a secagem das plantas aumenta a aparição do solo, que por sua vez tem uma maior absorção de radiação solar e, logo, a temperatura superficial sofre um grande aumento. A temperatura aumentou de forma regular e foram observadas algumas queimadas isoladas no IBGE, representadas pelo vermelho indicando áreas mais quentes. Na FLONA, apesar de grande presença de áreas de altas diferenças de temperatura (vermelho escuro), os focos de incêndio foram bem pequenos e suas temperaturas se confundiram com as do solo exposto.

As imagens 6.c e 7.c expõem o período de agosto a setembro que é o mais severo da seca e mostram claramente que os grandes incêndios das imagens 3.a e 5.a aconteceram neste intervalo. Os incêndios são facilmente identificados pela grande diferença de temperatura, que muitas vezes chegou a ultrapassar o valor máximo das classes estipuladas – partes em branco –, o que demonstra a intensidade das queimas. Considera-se ainda que a área queimada identificada na imagem 7.a exibe um processo de regeneração na imagem 6.c, pois apresenta um baixo aumento e, até mesmo, uma baixa de temperatura que é característico da recuperação da vegetação.

O cerrado possui uma alta resiliência, sendo capaz de restabelecer o ambiente com rapidez. No final de outubro o período de chuva já havia começado, as áreas queimadas gozam da rebrota de sua vegetação e as cinzas estimulam seu rápido crescimento. Por isso, as regiões nesta época possuem temperaturas muito abaixo da encontrada no início de setembro, como mostram as imagens 5.d e 6.d.

**Tabela 1 - Cálculo das áreas por Geo-classes de Temperatura.**

Classes(°C)	Área (Km <sup>2</sup> )							
	08/JUN-06/JUL FLONA	09/AGO-08/JUN FLONA	10/SET-09/AGO FLONA	28/OUT-10/SET FLONA	08/JUN-06/JUL IBGE	09/AGO-08/JUN IBGE	10/SET-09/AGO IBGE	28/OUT-10/SET IBGE
<-10	0	0	0	109,565	0	0	0	151,582
de -10 a -6	0,418	0,086	0,029	58,397	0,144	0,115	0,072	12,460
de -6 a -4	2,254	0,518	0,216	8,035	0,472	0,173	0,259	0,824
de -4 a -2	9,475	1,559	1,498	3,136	1,850	0,979	0,680	0,256
de -2 a -1	11,927	1,390	1,393	0,403	3,647	0,875	0,716	0
de -1 a 0	38,647	3,650	3,172	0,364	14,263	2,531	2,034	0,029
de 0 a 1	34,528	3,608	3,737	0,072	26,309	2,844	2,077	0
de 1 a 2	27,749	5,040	5,576	0,029	46,044	4,309	3,834	0
de 2 a 4	32,627	18,129	23,970	0	46,505	16,484	21,262	0
de 4 a 6	14,369	37,227	53,455	0	18,281	46,832	32,173	0
de 6 a 10	7,250	84,122	55,390	0	6,887	78,026	26,600	0
> 10	0,457	24,671	31,556	0	0,749	11,981	75,441	0

**Obs.:** As porções em branco das imagens de diferença de temperatura extrapolaram os valores máximo ou mínimo de temperatura interposto. Portanto, suas áreas foram adicionadas à classe >10 nas imagens c), e à classe <-10 nas imagens d) das figuras 5 e 6.

A tabela 1 trás a área (km<sup>2</sup>) de cada classe de diferença de temperatura para cada imagem das Figuras 6 e 7, e transpõe em dados numéricos as interpretações feitas. A maior parte das áreas de estudo inicialmente se encontra no intervalo de diferença de -1 a 4 °C, e vai se deslocando para diferenças maiores até atingir o máximo em setembro, no terceiro espaço de

tempo, quando mais de 75% das duas áreas apresentam diferenças positivas acima de 6°C – alavancadas pelos incêndios. No quarto período, mais de 90% das áreas tem diferenças negativas abaixo de -6 °C, o espaço de tempo maior, a mudança do clima e a recuperação da vegetação explicam este fato.

#### 4. Conclusões

Com base nas análises dos mapas de índice IVDN de vegetação é possível perceber a quantidade de área verde que é afetada pela presença de incêndios, tanto na FLONA quanto no IBGE. A comparação dos mapas de junho e outubro permite constatar que as áreas incendiadas apresentam valores de índice de vegetação baixos, conferindo o aspecto acinzentado, que pode ser usado para medir a intensidade do incêndio e, conseqüentemente, pode servir até mesmo como indicador do tipo de material combustível. O índice também facilita a identificação de áreas incendiadas em comparação com outras, como solo exposto e áreas urbanas, que podem vir a ter características de reflectância parecidas, ao permitir que seja identificadas mudanças periódicas à medida que a vegetação incendiada mostra sua resiliência característica no tempo. Em contraste com áreas como solo exposto e área urbana que não apresentam mudanças significativas em um curto período de tempo.

A partir das análises dos mapas de temperatura da superfície das datas iniciais e finais e da análise das diferenças dessas temperaturas com o decorrer do tempo, foi possível acompanhar as variações de temperatura das áreas incendiadas. Nota-se que a temperatura serve como um bom indicador de áreas incendiadas, já que essas apresentam uma temperatura bem mais elevada que a maioria dos perfis de solo, e também serve como indicador da severidade dos incêndios. Bem como um fator crucial para o acompanhamento da restauração de áreas afetadas, como pode-se notar ao analisar as variações das diferenças de temperatura da superfícies ao longo do tempo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Inpe pelos dados e programas disponibilizados e à UnB pelo suporte técnico e apoio acadêmico para este estudo.

#### Referências Bibliográficas

- Borges, E. F.; Anjos, C. S.; Baptista, G. M. M. **Análise Multitemporal da Temperatura de Superfície no Oeste da Bahia**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – (SBSR), p.6358, Curitiba, INPE,2011.
- Malaret, E.; Bartolucci, L.A; Lozano, D.F.; Anuta, P.E.; Mcgillem, C.D. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 9, p. 1407-1416, 1985.
- ROSA, Alexandre; MACHADO, Telma; SUEMI, Nathália; **Spring 5.1.2 passo a passo aplicações técnicas**, Espírito Santo, 2010.
- SOUZA, Newton M. de; **Sensoriamento Remoto Aplicado à Engenharia Civil**, Brasília , UnB.
- Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.