

# Geotecnologias aplicadas à análise de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros

Tatiana Diniz Prudente<sup>1</sup>  
Roberto Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia – UFU - Mestranda Bolsista FAPEMIG  
Instituto de Geografia – Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica  
CEP: 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil  
tatyprudente@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Instituto de Geografia – Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica  
CEP: 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil  
rrosa@ufu.br

**Abstract:** The fire is common in Cerrado, however its high incidence has been related to adverse effects such as biodiversity reduction. So, this research aims to use geotechnologies in the analysis of forest fires in Chapada dos Veadeiros National Park and its damping zone. Land use and vegetation cover maps of 2007 were made, burned areas maps and generated vegetation index (NDVI), both in the period from 26/05 to 01/10, 2007, with the aim of analyzing the behavior of the vegetation susceptible to fire. To draw up the maps we used images TM/Landsat 5, composition 3B4R5G. These images were georeferenced in ENVI4.0. Using the red and near infrared bands, that were prepared in NDVI Idrisi 32. Heat outbreaks were related to the burned areas to verify the number of fire outbreaks that were detected. It could also be analyzed the distribution of burned areas in relation to the use of land, verifying which category was more susceptible to fire, then it was verified the NDVI values of the period before the fire to check the values of the vegetation NDVI susceptible to fire. The results showed that in the studied area the vegetation more susceptible to fires were those which belonged to the categories Sp (thin cerrado, rocky cerrado, dirty field, rocky fields and palm swamp) and Sg (clean field, rocky fields and palm swamp). The vegetation about to burn had an average NDVI around 0,15 to 0,21, while the lowest values occurred from July to September.

**Palavras-chave:** fire, cerrado, land use and vegetation cover, vegetation index, fogo, cerrado, uso da terra e cobertura vegetal, índice de vegetação.

## 1. Introdução

Incêndios florestais têm destruído grandes extensões territoriais de cobertura vegetal nativa. No Brasil, o clima seco no inverno favorece a ocorrência de incêndios em várias regiões, principalmente no cerrado.

Apesar da ocorrência de fogo ser comum no Cerrado, no qual grande número de espécies vegetais depende do fogo para reprodução e desenvolvimento, várias pesquisas indicam que a alta frequência de incêndios está além do que os ambientes naturais suportam e isso se caracteriza como um risco à conservação de áreas nativas, com implicações na perda da biodiversidade. (IBAMA, 2006)

Durante o período de estiagem, existem as melhores condições para queima da cobertura vegetal do Cerrado, porque a parte aérea do estrato herbáceo, formado principalmente por gramíneas, desseca em consequência da falta de água na camada superficial do solo. Os estratos arbóreo e arbustivo são menos afetados, devido à grande profundidade de suas raízes, as quais atingem a camada úmida do solo (OLIVEIRA, 1998).

Sendo assim, pode-se dizer que o efeito de fogo na fisionomia afeta principalmente a camada arbustiva, especialmente os arbustos de caule fino, e depende da densidade e altura das gramíneas da camada rasteira, pois quando estas secam, é a fonte principal de combustível.

Dessa forma, um parâmetro essencial para o cálculo da suscetibilidade de uma área ao fogo é a quantidade de combustível vegetal disponível. Nesse sentido, o uso de índices de vegetação torna-se eficaz, uma vez que tais índices realçam, em geral, o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, índice de área foliar (IAF) e porcentagem de cobertura vegetal. (ROSA, 2007).

O índice de vegetação mais utilizado é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), o qual possui variação entre -1,0 a 1,0. Valores altos, ao redor de 0,5, indicariam vegetação verde cobrindo densamente o solo, portanto com baixo risco de fogo. Valores baixos em entorno de 0,1 indicariam vegetação cobrindo esparsamente o solo, ou vegetação senescente ou seca e, portanto com maior risco de fogo. Valores em torno de zero ou negativos indicariam a ausência de vegetação incluindo corpos d' água e solo nu. (HOLBEN, 1986 apud PEREIRA JÚNIOR, 2002).

Nessa perspectiva, o objetivo principal desse trabalho é utilizar geotecnologias na análise de incêndios florestais do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e em sua zona de amortecimento. Dentre os objetivos específicos temos: a) Correlacionar focos de calor com as áreas queimadas registradas em imagens TM/Landsat, obtidas em data posterior ao registro dos focos; b) Analisar a distribuição das áreas queimadas em relação ao uso da terra e cobertura vegetal a fim de analisar qual tipo de uso foi mais suscetível ao fogo neste período; c) Analisar os valores de NDVI do período anterior a incêndios a fim de verificar os valores de NDVI da vegetação suscetível ao fogo.

A área de estudo possui 2352,78 km<sup>2</sup> e está localizada no nordeste do estado de Goiás, nos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante e Colinas do Sul, na zona UTM 23S, entre as coordenadas 177422 – 248096 mE e 8420578 – 8473325 mN. (Figura 1).

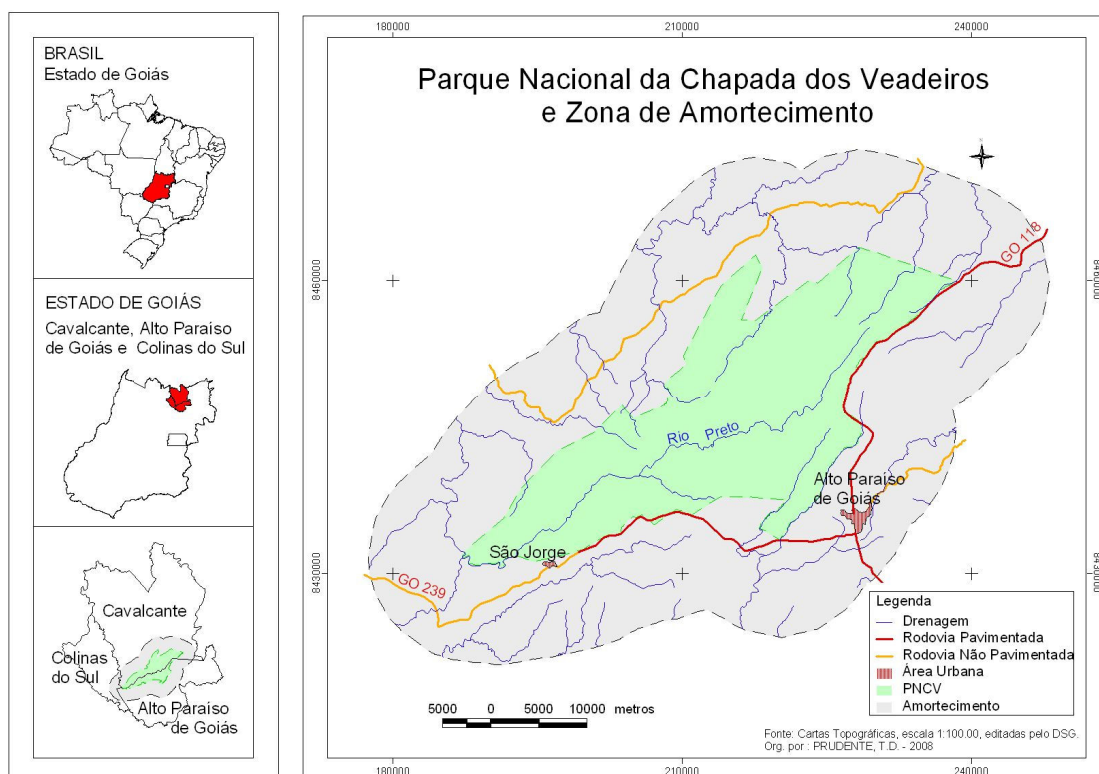


Figura 1. Localização do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e zona de amortecimento

A unidade está inserida nos domínios de cerrado e apresenta várias fitofisionomias, como: campo cerrado, campo sujo, campo limpo, campo rupestre, cerrado arbóreo e cerrado rupestre. Na região da Chapada dos Veadeiros há o predomínio de rochas metamórficas e parametamórficas antigas, com alguns pequenos trechos encobertos por sedimentos

cenozóicos (coberturas detrito-lateríticas indiferenciadas). Essa área localiza-se na unidade Planalto Central Goiano e na subunidade Planalto Dissecado do Alto Tocantins-Paranaíba, elaborados em estruturas sedimentares dobradas, sob a ação de paleoclimas que esculpiram vastas superfícies de aplanamento (OLIVEIRA, 2007).

A área de estudo apresenta clima tropical sazonal caracterizada por duas estações bem definidas. A precipitação atinge um índice de aproximadamente 1.675mm/ano que se distribuem de outubro a março e há uma nítida estação seca compreendidos entre os meses de abril a setembro. O clima seco neste período favorece a ocorrência de incêndios.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Cartas topográficas SD.23-V-C-IV (Araí), SD.23-V-C-V (Cavalcante), SD.23-Y-A-I (Alto Paraíso de Goiás), SD.23-Y-A-II (Flores de Goiás), escala 1:100.000, levantadas e editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército - DSG;
- Imagens do satélite TM/Landsat 5, órbita/ponto 221/70, bandas 3, 4 e 5, obtidas em 26/05, 27/06, 29/07, 14/08, 15/09 e 01/10 do ano de 2007;
- Dados diários das coordenadas dos focos de calor detectados pelos satélites NOAA, GOES, AQUA, TERRA e METEOSAT, no período de 01/05 a 01/10 de 2007 disponibilizados pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE;
- Microcomputador;
- *Softwares*: Word, Excel, Cartalinx, ENVI 4.0, IDRISI 32, ArcView GIS 3.2.

Inicialmente foi elaborada a base cartográfica do PNCV e zona de amortecimento, contendo o limite do parque, drenagem e estradas no *software* Cartalinx. A partir do limite do parque foi feito um *buffer* de 10 km referente à zona de amortecimento.

As imagens foram georreferenciadas com auxílio das ferramentas do *software* ENVI 4.0. O georreferenciamento é feito pelo ajuste das imagens a um espaço definido por um sistema de coordenadas de referência. Em seguida, foi gerada a composição colorida 3B4R5G e o recorte da imagem no limite da área de estudo.

A partir da imagem de satélite Landsat 5, composição 3B4R5G, foi elaborado o mapa de uso da terra e cobertura vegetal do PNCV e zona de amortecimento do ano de 2007. A interpretação e mapeamento foram feitos no ArcView GIS 3.2. As categorias mapeadas estão relacionadas no Quadro 1, de acordo com a legenda do Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação do Brasil (IBGE, 1992) e a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

| Sistema Fitogeográfico               | Nível de formação       | Descrição (Ribeiro e Walter, 1998)                     | Categorias |
|--------------------------------------|-------------------------|--|------------|
| Floresta Estacional Semidecidual (F) | Aluvial                 | Mata-de-galeria<br>Mata ciliar                         | Fa         |
| Savana (S)                           | Arborizada              | Cerrado Denso<br>Cerrado Típico                        | Sa         |
|                                      | Parque                  | Cerrado Ralo/Rupestre<br>Campo Sujo/Rupestre<br>Vereda | Sp         |
|                                      | Gramíneo-lenhosa        | Campo Limpo/ Rupestre<br>Vereda                        | Sg         |
| Áreas Antrópicas                     | Agropecuária            | Pastagem Cultivada                                     | Ap         |
|                                      | Outras áreas antrópicas | Influência Urbana                                      | Iu         |

Quadro 1. Categorias de uso da terra e cobertura vegetal.

Org.: PRUDENTE, T.D., 2008

Utilizando-se também a composição 3B4R5G, foram identificadas as áreas queimadas no período de 26/05 a 01/10 de 2007.

Para a geração dos índices de vegetação (NDVI) foram utilizadas as bandas 3 e 4 referentes a região do vermelho(V) com intervalo espectral 0,63 - 0,69µm e infravermelho próximo (IVP) com intervalo espectral 0,76 - 0,90 µm, correspondentes aos meses de maio até outubro de 2007, utilizando o módulo VEGETINDEX do *software* IDRISI 32.

Sendo que, a relação de bandas é calculada pela Equação 1:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V) \quad (1)$$

Após essas etapas, foram realizadas algumas análises. Primeiramente os focos de calor foram correlacionados com as áreas queimadas no período analisado. Considera-se que a expressão focos de calor é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo pelo sensor do satélite. Sendo que, esse sensor capta e registra qualquer temperatura acima de 47° C e a interpreta como sendo um foco de calor, ressaltando-se que um foco de calor não é necessariamente um foco de fogo ou incêndio. (IBAMA, 2000).

Analisou-se também, a distribuição das áreas queimadas em relação ao uso da terra a fim de analisar qual tipo de uso foi mais suscetível ao fogo neste período no PNCV e zona de amortecimento.

Em seguida, analisaram-se os valores de NDVI do período anterior a incêndios a fim de verificar os valores de NDVI da vegetação suscetível ao fogo.

Foram elaborados com auxílio do Excel, tabelas e gráficos, para melhor compreensão e visualização dos dados.

Os métodos seguidos estão expressos no fluxograma abaixo, Figura 2.

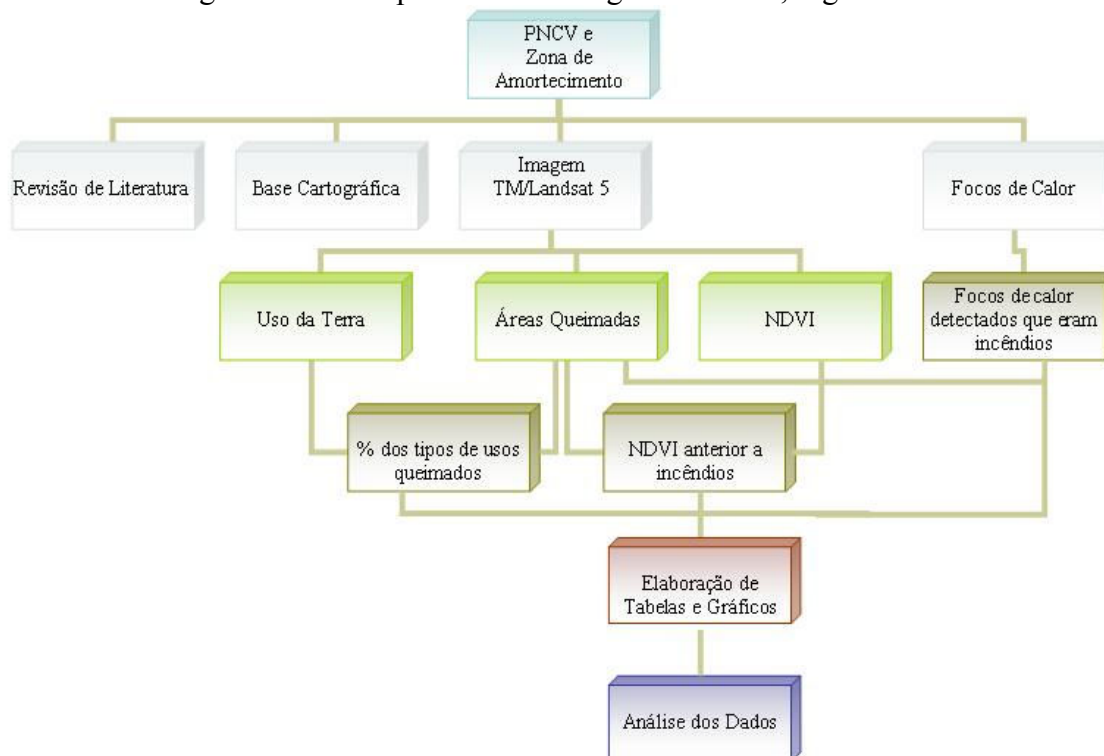


Figura 2. Fluxograma de atividades e produtos.

### 3. Resultados e Discussão

As áreas queimadas foram identificadas em imagens TM/Landsat obtidas em 26/05, 27/06, 29/07, 14/08, 15/09 e 01/10 do ano de 2007. A Tabela 1 apresenta a extensão das áreas queimadas mensais no PNCV e zona de amortecimento e o Gráfico 1 apresenta a distribuição percentual mensal das áreas queimadas.

Tabela 1. Áreas queimadas no PNCV e zona de amortecimento

| Dia/Mês/2007 | PNCV            |        | Zona de Amortecimento |        |
|--------------|-----------------|--------|-----------------------|--------|
|              | km <sup>2</sup> | %      | Km <sup>2</sup>       | %      |
| 26/05        | 0,00            | 0,00   | 25,19                 | 6,17   |
| 27/06        | 6,8             | 3,85   | 61,34                 | 15,02  |
| 29/07        | 9,92            | 5,62   | 43,81                 | 10,73  |
| 14/08        | 0,16            | 0,09   | 50,55                 | 12,38  |
| 15/09        | 150,94          | 85,57  | 146,33                | 35,83  |
| 01/10        | 8,58            | 4,86   | 81,15                 | 19,87  |
| Total        | 176,4           | 100,00 | 408,37                | 100,00 |

Org.: PRUDENTE, T.D., 2008

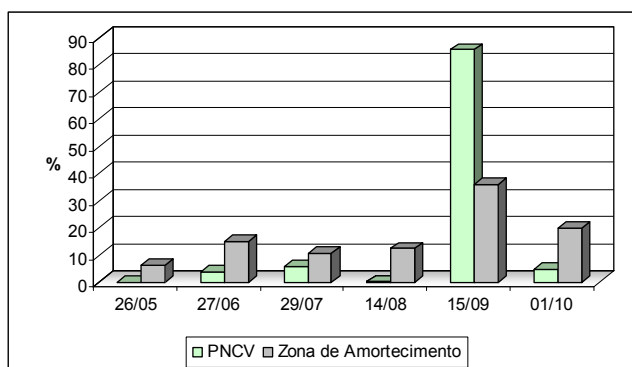


Gráfico 1. Distribuição percentual das áreas queimadas mensalmente no PNCV e zona de amortecimento.

No período analisado ocorreram incêndios em 26,93% do PNCV e em 24,06% de sua zona de amortecimento, sendo que no PNCV os incêndios ocorreram predominantemente no período de 15/08 a 15/09 com uma extensão 150,94 km<sup>2</sup> representando 85,57% da área queimada. Já na zona de amortecimento, apesar de os incêndios ocorrerem de forma distribuída, o período de 15/08 a 15/09 ainda obteve a maior ocorrência de incêndios abrangendo 35,83% da área queimada.

Os focos de calor foram correlacionados com as áreas queimadas registradas em imagens TM/Landsat, obtidas em data posterior ao registro dos focos, com a finalidade de verificar quais focos de calor detectados eram incêndios. Os resultados estão apresentados a seguir, na Tabela 2.

Tabela 2. Correlação dos focos de calor e áreas queimadas

| Período       | Focos | PNCV            |       | Zona de Amortecimento |                 |       |
|---------------|-------|-----------------|-------|-----------------------|-----------------|-------|
|               |       | Áreas Queimadas | %     | Focos                 | Áreas Queimadas | %     |
| 01/05 a 26/05 | 0     | 0               | 0     | 2                     | 1               | 50,00 |
| 27/05 a 27/06 | 0     | 0               | 0     | 13                    | 12              | 92,31 |
| 28/06 a 29/07 | 0     | 0               | 0     | 14                    | 4               | 28,57 |
| 30/07 a 14/08 | 0     | 0               | 0     | 10                    | 7               | 70,00 |
| 15/08 a 15/09 | 363   | 259             | 71,35 | 230                   | 98              | 42,61 |
| 16/09 a 01/10 | 15    | 7               | 46,67 | 73                    | 53              | 72,60 |

Org.: PRUDENTE, T.D., 2008

A partir da análise desses dados foi possível observar que no parque foram detectados focos de calor apenas no período de 15/08 a 01/10, já em sua zona de amortecimento os focos de calor ocorreram em todos os meses analisados sendo que a maioria ocorreu no período de

15/08 a 15/09. Foi verificado que a área de estudo apresenta uma maior incidência de focos de calor em relação à ocorrência de incêndios.

A partir da imagem TM/Landsat 5 foram elaborados os mapas de uso da terra e cobertura vegetal do PNCV e zona de amortecimento do ano de 2007 e das áreas queimadas no período de 26/05 a 01/10 de 2007. A Tabela 3 mostra a área ocupada pelas categorias de uso da terra e pelas áreas queimadas em km<sup>2</sup> no PNCV e zona de amortecimento e os Gráficos 2 e 3 mostram a distribuição percentual das categorias.

Tabela 3. Área ocupada pelas categorias de uso da terra e cobertura vegetal e pelas áreas queimadas no PNCV e zona de amortecimento.

| Uso da Terra e Cobertura Vegetal |                 |                       | Áreas Queimadas |                 |                       |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
|                                  | PNCV            | Zona de Amortecimento |                 | PNCV            | Zona de Amortecimento |
| Categorias                       | km <sup>2</sup> | km <sup>2</sup>       | Categorias      | km <sup>2</sup> | km <sup>2</sup>       |
| Fa                               | 20,27           | 131,4                 | Fa              | 8,37            | 20,70                 |
| Sa                               | 50,48           | 58,69                 | Sa              | 4,64            | 8,46                  |
| Sp                               | 424,53          | 1126,38               | Sp              | 73,06           | 345,80                |
| Sg                               | 159,86          | 185,98                | Sg              | 90,33           | 18,90                 |
| Ap                               | 0,00            | 190,72                | Ap              | 0,00            | 14,51                 |
| Iu                               | 0,00            | 4,47                  | Iu              | 0,00            | 0,00                  |
| Total                            | 655,14          | 1697,64               | Total           | 176,40          | 408,37                |

Org.: PRUDENTE, T.D., 2008

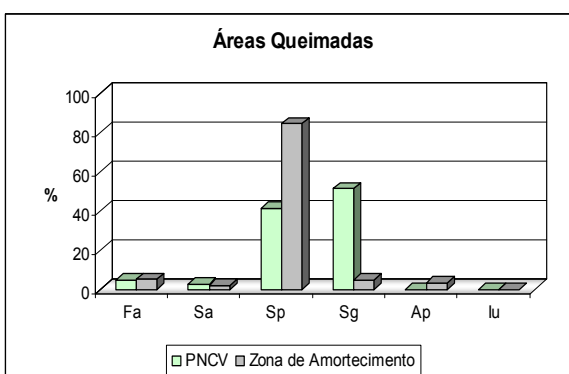
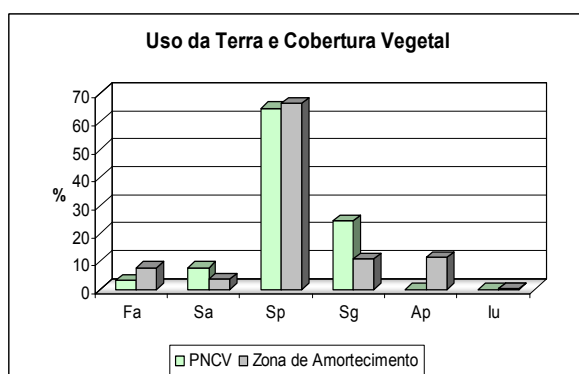


Gráfico 2 e 3. Distribuição percentual das categorias de uso da terra e cobertura vegetal e das áreas queimadas no PNCV e zona de amortecimento, respectivamente.

Verificou-se que o PNCV é predominantemente ocupado pela categoria Sp (cerrado ralo, cerrado rupestre, campo sujo, campo rupestre e vereda) representando 64,80% da área, seguido por Sg (campo limpo, campo rupestre e vereda) que ocupam 24,40%. Sua zona de amortecimento também encontra-se predominantemente ocupada pela categoria Sp com 66,35% seguido por Ap (pastagem) com 11,23%.

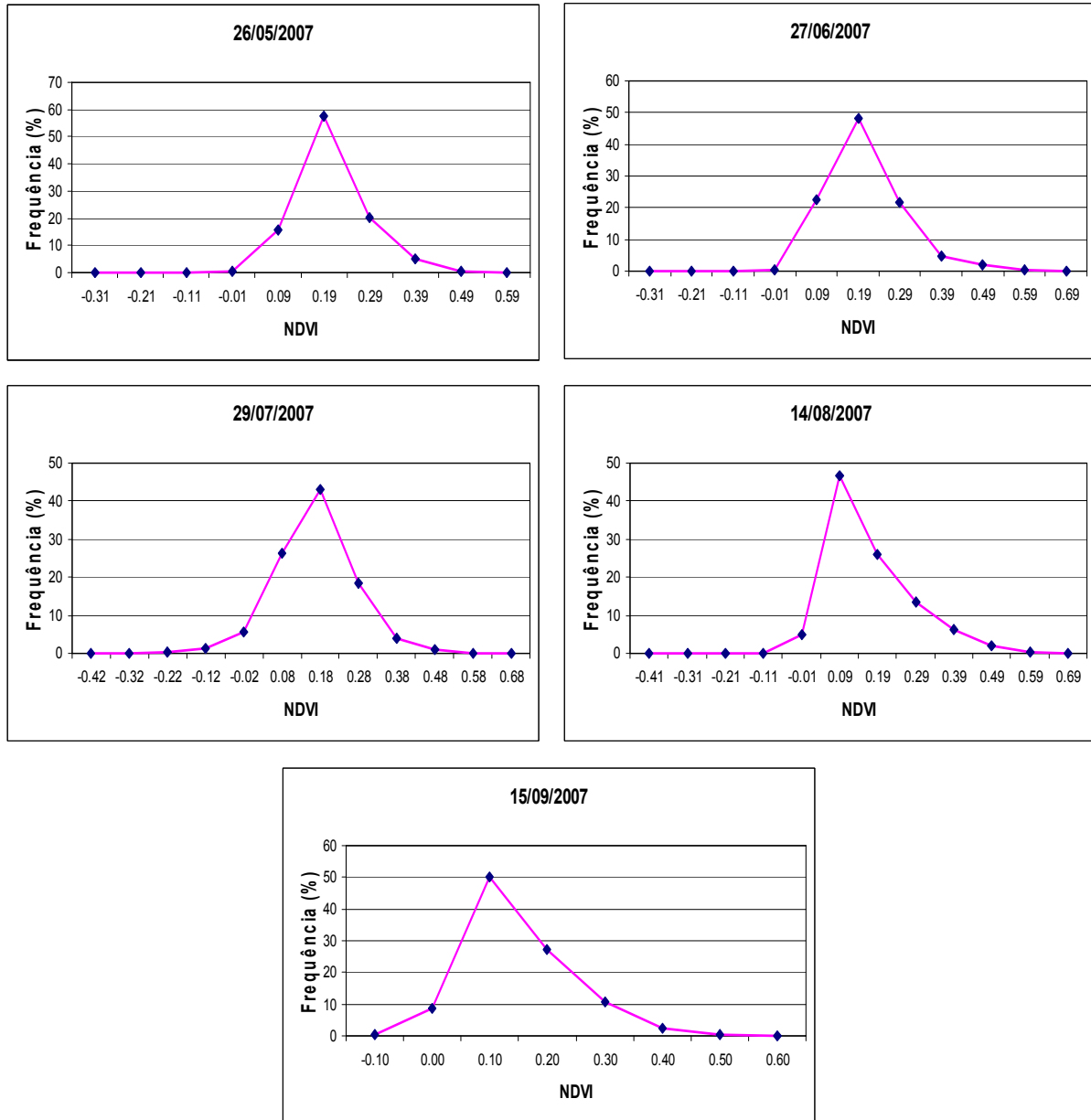
A partir do cruzamento dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal e das áreas queimadas constatou-se que 51,21% das áreas queimadas no PNCV ocorreram em áreas ocupadas pela categoria Sg e 41,42% ocorrem em áreas ocupadas pela categoria Sp. Já na zona de amortecimento 84,68% das áreas queimadas pertencem a categoria Sp. Este resultado se deve ao fato que estes tipos de vegetação apresentam grande quantidade de estrato herbáceo e de gramíneas que quando secam são a fonte principal de combustível.

Em seguida, analisaram-se os valores de NDVI do período anterior a incêndios a fim de verificar os valores de NDVI da vegetação suscetível ao fogo (Tabela 4 e Gráficos 4 a 8).

Tabela 4. NDVI mensais do período anterior a incêndios.

| Dia/Mês/2007 | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão |
|--------------|--------|--------|-------|---------------|
| 26/5         | -0,36  | 0,61   | 0,21  | 0,22          |
| 27/6         | -0,36  | 0,64   | 0,20  | 0,22          |
| 29/7         | -0,47  | 0,63   | 0,16  | 0,19          |
| 14/8         | -0,46  | 0,67   | 0,16  | 0,20          |
| 15/9         | -0,15  | 0,60   | 0,15  | 0,17          |

Org. PRUDENTE, T.D., 2008



Gráficos 4 a 8. Distribuição percentual de NDVI mensais do período anterior a incêndios.

Verificou-se que a vegetação prestes a queimar apresentou em média NDVI em torno de 0,15 a 0,21, confirmando as teorias publicadas por Holben (1986 apud PEREIRA JÚNIOR, 2002) em que valores de NDVI baixos, entorno de 0,1, indicariam vegetação cobrindo esparsamente o solo, ou vegetação senescente ou seca e, portanto com maior risco de fogo.

Os valores médios mais baixos de NDVI ocorreram em 15/09 (0,15), 14/08 (0,16) e 29/07 (0,16), constatando que esta é a época em que a vegetação da área de estudo está mais suscetível a incêndios. Sendo que a maior ocorrência de incêndios, no ano de 2007, foi detectada no período de 15/08 a 01/10, coincidindo com o período que apresenta os valores médios mais baixos de NDVI.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que no período analisado ocorreram incêndios em 26,93% do PNCV e em 24,06% de sua zona de amortecimento.

A área de estudo é predominantemente ocupada pela categoria Sp (cerrado ralo, cerrado rupestre, campo sujo, campo rupestre e vereda). Sendo que no PNCV 51,21% das áreas queimadas ocorreram em áreas ocupadas pela categoria Sg e 41,42% ocorrem em áreas ocupadas pela categoria Sp. Já na zona de amortecimento 84,68% das áreas queimadas pertencem a categoria Sp.

A vegetação prestes a queimar apresentou em média NDVI em torno de 0,15 a 0,21, sendo que os valores mais baixos ocorreram de julho a setembro.

Neste sentido, constatou-se que no PNCV e na sua zona de amortecimento a vegetação mais suscetível a incêndios foram as pertencentes às categorias Sp e Sg, sendo que os meses de maior ocorrência foram setembro e agosto.

Enfim, é necessário ressaltar que as geotecnologias são ferramentas imprescindíveis para qualquer pesquisador e planejador que age no espaço, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos, facilitando a tomada de decisões. Assim, as informações obtidas por esta pesquisa poderão auxiliar na prevenção e planejamento de ações de combate ao incêndio do PNCV e em sua zona de amortecimento.

#### Referências

IBAMA. **Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. 2000. Disponível em: <<http://br.geocities.com/ibamapr/prevfogo.htm>> Acesso em: 20 jun. 2008.

IBAMA. **Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2005**. Brasília. 2006. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo>> Acesso em: 28 jul. 2008.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1), 1992. 92p. (ISBN 85-240-0427-4)

Oliveira, I. J. **Cartografia turística para a fruição do patrimônio natural da Chapada dos Veadeiros (GO)**. 2007. 200p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

Oliveira, P.E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPAC/PAC, 1998. cap. 4, p. 87-166.

Pereira Júnior, A.C. **Métodos de geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo**. 2002. 98p. Tese (Doutorado em Ciências da Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2002.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPAC/PAC, 1998. cap. 3, p. 87-166.

Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDUFU, 6a ed. 2007. 248 p.