

Uso de Sensoriamento Remoto na Identificação de Fitofisionomias do Cerrado *Lato Sensu*

Conrado Martignoni Spínola¹, Fernando Campanhã Bechara¹ e Klaus Duarte Barretto²

Introdução

O termo Cerrado tem conotação regional no Brasil, enquanto o termo savana é mais geral e aplicado a vários tipos de vegetação no mundo. Em ambos os casos, a vegetação em linhas gerais, ocorre nos trópicos, com forte influência sazonal e de composição mista graminóide e lenhosa.

O Cerrado tem se mostrado muito mais rico do que se previa, sendo a savana de maior diversidade do mundo com altos níveis de endemismo [1], ressaltando a importância intrínseca de seu patrimônio genético [2]. Além disso, vem sendo consideravelmente degradado, principalmente devido à expansão das fronteiras agrícolas, sendo considerado um dos 25 ecossistemas mais ameaçados mundialmente [3].

Atualmente, o Cerrado, por estar localizado numa região próxima as grandes centros industriais, e por ocorrer em superfície relativamente plana como solo melhores que os da Amazônia [4], apresenta as maiores taxas e o mais rápido processo de expansão de fronteiras agrícolas do país, atraindo grande parte da agroindústria nacional.

Devido a todos os fatores de perturbação que ocorrem neste ambiente em estado de degradação acelerado, buscou-se a melhor definição para as fisionomias deste bioma.

A definição de savana de acordo com o IBGE [5] é uma “vegetação xeromorfa preferencialmente de clima estacional, com aproximadamente seis meses secos, não obstante, pode ser encontrada também em clima ombrófilo. Reveste solos lixiviados e aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte com ocorrência em toda a Zona Neotropical”.

A classificação fitofisionômica do Cerrado *lato sensu* (*l.s.*), considerando os perfis vertical e horizontal, tem contribuído para indicar os diferentes estados de sucessão, conservação, influência antrópica e a composição da paisagem nas áreas de ocorrência deste bioma savânico.

O IBGE caracteriza o Cerrado *l.s.* nas seguintes fitofisionomias: savana florestada, savana arborizada, savana parque e savana graminóide-lenhosa [5]. Respectivamente, os tipos de vegetação apresentam um gradiente de biomassa, o qual está intimamente relacionado com as características dos solos. Estes são predominantemente classificados como latossolos vermelhos submetidos a profundo intemperismo,

tipicamente profundos, uniformes, porosos, ácidos, pobres em bases trocáveis e ricos em óxidos de alumínio e de ferro [6]. A forma de menor biomassa é chamada campo limpo (fisionomia herbácea, com poucos arbustos e nenhuma árvore), e na seqüência crescente, campo sujo (fisionomia herbáceo-arbustiva com arbustos e subarbustos espaçados entre si), campo cerrado (vegetação arbustivo-arbóreo e árvores esparsadas), cerrado *stricto sensu* (fisionomia característica do bioma savânico, com árvores baixas e retorcidas, arbustos, subarbustos e ervas) e cerradão (formação florestal com elementos xeromórficos e composição mista de espécies comuns ao cerrado *stricto sensu*, matas de galeria e florestas decíduais) [7].

As formas de Cerrado *l.s.* possuem uma vasta gama de características fisionômicas e estruturais, gradativas entre as condições ecológicas de uma savana tropical úmida e uma floresta estacional semidecidual. Há, portanto, em certos casos, a necessidade de uma divisão arbitrária entre elas para fazer a classificação das tipologias [7].

Este trabalho objetiva identificar diferentes fitofisionomias de Cerrado *l.s.* por meio de fotografias aéreas digitais. Considera-se importante a categorização das fitofisionomias savânicas e seu estado de conservação, considerando não só aspectos bióticos e abióticos, como também os de origem antrópica.

Material e métodos

As áreas de estudo estão localizadas na região setentrional do Estado de São Paulo entre os limites geográficos situados nas coordenadas 46°00'S e 21°00'W, 47°00'S e 22°00'W, onde há manchas de Cerrado *l.s.* entremeadas com florestas estacionais. Foram analisadas áreas das fazendas Dois Córregos, Vale do Sol, Fradinhos e Cara Preta propriedades da Votorantim Celulose e Papel, nos municípios de Altinópolis, Guataparé e Santa Rita do Passa Quatro.

A partir de mosaicos ou sobreposição parcial de fotografias aéreas coloridas na escala de 1:30.000, estas foram interpretadas visualmente em tela no software ArcView 9.0 e através do uso de técnicas de geoprocessamento (sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas) foram mapeadas as tipologias de Cerrado *l.s.*. Utilizaram-se alguns parâmetros fotográficos das fotografias aéreas, para elaboração da chave de classificação e encontrar padrões de textura, cor, porte da vegetação e aspectos relacionados [8]. Posteriormente, foi verificada *in situ* a feição dos habitats

1. Pesquisador da Casa da Floresta Assessoria Ambiental. Av. Joaquina Morganti 289, Piracicaba, SP, 13415-030. E-mail: floresta@casadafloresta.com.br, conrado@casadafloresta.com.br

2. Coordenador da Casa da Floresta Assessoria Ambiental, Av. Joaquina Morganti 289, Piracicaba, SP, 13415-030. Apoio financeiro: Votorantim Celulose e Papel; Casa da Floresta Assessoria Ambiental.

detectados nos sensores remotos. A primeira etapa foi realizada através de métodos computacionais em escritório, sem qualquer conhecimento prévio da área, denominada de classificação não-supervisionada, determinando a posteriori pontos de amostragem das feições fotointerpretadas (N=459) e precisão de 95% e elaborada a matriz de confusão.

Resultados e Discussão

A partir da verificação da exatidão da classificação da imagem a partir dos pontos de amostragem foram detectadas seis fitofisionomias na interpretação das imagens, sendo que as distinções entre elas só poderiam ser confirmadas com as checagens de campo. Devido as fitofisionomias apresentarem perturbações distintas, como por exemplo, a presença de gramíneas exóticas invasoras e espécies exóticas florestais, além dos processos de degradação houve a necessidade apresentar a exatidão de cada feição para as imagens utilizadas. Mesmo que estas interferências tenham sido presenciadas nas imagens, estas não foram levadas em consideração na finalização deste trabalho.

As diferenças tipológicas foram encontradas quando realizadas as checagens de campo. Observou-se a dificuldade na interpretação digital das fotografias aéreas em determinar um tipo fitofisionômico quando não se conhece o ambiente original, antes da modificação pela agricultura ou qualquer outro tipo de uso do solo, conseqüentemente na estrutura da vegetação.

Os pontos utilizados para amostragem na verificação da exatidão das fitofisionomias apresentaram variações nas porcentagens, corroborando a dificuldade nas interpretações das feições de campo cerrado (Tab. 1). No Estado de São Paulo, as formações de cerrado são descontínuas, ocorrendo como encraves em meio à floresta estacional predominante. Estima-se que ainda exista neste Estado, 140.493 ha de cerrado s.s., 68.571 ha de cerradão, 1.010 ha de campo Cerrado e apenas 1.851 ha de campo, totalizando 211.925 ha remanescentes [10].

O Cerrado por apresentar diferentes formações, nichos vagos e ambientes abertos sem dossel contínuo, muitas vezes favorece e propicia a invasão biológica de diferentes espécies exóticas, sejam elas gramíneas, arbustivas ou arbóreas [11,12].

O uso de sensores remotos é essencial para a quantificação de ambientes, que neste caso no Estado de São Paulo, estão extremamente ameaçados.

As fotografias aéreas em especial facilitam este tipo de trabalho, pois são imagens de alta resolução espacial e de fácil aplicação.

Alguns pontos importantes devem ser citados como fundamentais na utilização deste tipo de instrumento de trabalho, tais como: a época em que a fotografia foi tirada, área de abrangência da imagem, geocodificação, ortoretificação, estereoscopia, fotomosaicos, etc. Estas características determinarão a boa qualidade na interpretação da imagem em trabalhos com este propósito.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Votorantim Celulose e Papel, especialmente a Fausto Camargo, Maria José Zakia, Valcir Uzuele, Márcio Irias, Marcos Yamamoto, Sérgio Adriano da Silva pelo apoio logístico e financeiro deste estudo. Agradecemos também ao apoio técnico de Cléber de Souza Francisco da Casa da Floresta Assessoria Ambiental.

Referências

- [1] PAIVA, P.H.V. 2000. A Reserva da Biosfera do Cerrado: Fase II. In: CAVALCANTI, T.B.; & WALTER, B.M.T. (Eds.). *Tópicos atuais em Botânica*. Brasília: EMBRAPA/Sociedade Botânica do Brasil, p.332-334.
- [2] MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA Jr., M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. R. [Online]. *Flora vascular do bioma Cerrado*. Homepage: <http://www.ibge.com.br/home/geociencias/recursosnaturais/levantamento/floravascular.pdf>.
- [3] MYERS, N.; MITTERMEIR, R.A.; MITTERMEIR, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- [4] MITTERMEIER, R.A.; WERNER, T.; AYRES, J.M.; FONSECA, G.A.B. O país da megadiversidade. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.14, n.81, p.20-27, 1992.
- [5] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro. – 2. ed. 332p. 2004.
- [6] GOODLAND, R. & FERRI, M.G. 1979. *Ecologia de Cerrado*. São Paulo, EDUSP. 193 p.
- [7] COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: J. G. Goldammer. *Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges*. Berlin, Springer-Verlag, 1990. Cap. 6, p. 82-103.
- [8] SANTOS, A.P.; NIERO, M.; LOMBARDO, M.A. Interpretação de dados de sensoriamento remoto no uso da terra. In: *Introdução às técnicas de sensoriamento remoto e aplicação: curso de treinamento*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1980. 318p.
- [9] ESPINDOLA, M. B.; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. *Biotemas*, Florianópolis, v. 18, n.1, p.27-38, 2005.
- [10] KRONKA, F.J.N. 2005. *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Florestal. 200 p.
- [11] ZILLER, S. R. 2000. *A estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 268p.
- [12] KLINK, C. A. 1994. Clipping effects on size and tillering of native and african grasses of the brazilian savannas. *Oikos*, 70: 365-376

Tabela 1: Classes fitofisionômicas apresentadas em chave de classificação com parâmetros fotográficos e valores de exatidão dos mapas temáticos para as formações de cerrado *lato sensu*: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão. * dados obtidos da matriz de confusão.

Fitofisionomias	Textura	Tonalidade	Porte da Vegetação	Aspectos Relacionados	Porcentagem da exatidão*
Campo limpo	fina e uniforme	verde claro - amarelado	rasteiro	relevo plano	100%
Campo sujo	rugosa	verde claro - amarelado	baixo a médio	presença de arbustos esparsos	66%
Campo cerrado	rugosa e uniforme	verde clara	baixo a médio	presença de arbustos e arvoretas	0%
Cerrado <i>strictu sensu</i>	granular e uniforme	verde clara	médio	copas esparsas	66%
Cerradão	rugosa e uniforme	verde escuro	alto	adensamento de copas	57,14%