

## Mensuração da cobertura vegetal de uma área minerada em recuperação no Arboreto da UnB-DF utilizando fotografias aéreas e imagens IKONOS

Renata Dias Françoso<sup>1</sup>  
Rodrigo Studart Corrêa<sup>2</sup>

Universidade de Brasília – UNB  
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte – Brasília – DF

<sup>1</sup>tatajuba@gmail.com  
<sup>2</sup>rodmanga@yahoo.com.br

**Abstract.** Approximately 1.5 ha had exploited by mining in the 1970's and the area remained without any green cover until 1997, when trees were established on the site. Grass and other herbs have spontaneously established on tree holes and started to spread through the surface. This work aims to evaluate the development of the vegetative cover from 1997 onwards. Thus, two aerial photographs and two IKONOS images from 1997, 2002, 2001 and 2003 years have been used to measure the regenerated vegetal covering increment. Two vegetal covering classification methods: a non-supervised and visual were used. Non-supervised classification of aerial photographs presented better results (because of their higher spatial resolution), with a vegetal covering increment of 22,7% in the hole explored within five years.

**Palavras chave:** degraded area, green cover, classification non-supervised, áreas degradadas, cobertura vegetal, classificação não-supervisionada.

### 1. Introdução

Nas últimas três décadas, mudanças no uso do solo foram registradas na região Centro-Oeste, substituindo grandes áreas de vegetação nativa por outras formas de uso (Balensiefer et al, 1994). Apenas no Distrito Federal, mais de três mil hectares encontram-se degradados pela mineração e os substratos expostos são geralmente compactados, apresentando baixa capacidade de armazenamento de água, baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes (Pinheiro e Corrêa, 2004).

É eminente a necessidade de se reduzirem os impactos das atividades de mineração e de se aplicarem medidas mitigadoras à exploração. Os principais prejuízos causados pela mineração ao ambiente são a perda da biodiversidade, a perda da fertilidade natural do solo e a interferência nos recursos hídricos (Moreira, 2004). A palavra recuperação pode remeter a busca por algo em seu estado original. Porém, sabe-se que isso não é possível, considerando que área degradada implica a perda das características originais do solo, inviabilizando qualquer recuperação natural a curto e médio prazo (Ribeiro e Schiavini, 1998).

Análises multitemporais de áreas em recuperação são importantes ferramentas para controlar e avaliar a evolução dos processos buscados. Trabalhos com essa abordagem são cada vez mais numerosos (Carvalho Júnior *et al*, 2005), pela importância de análises comparativas de determinados recursos em um intervalo de tempo.

O uso de fotografias aéreas e a disponibilização de imagens orbitais ampliaram as possibilidades de análise das condições da cobertura vegetal (Panzoni, 2001), que se constitui hoje num dos mais importantes papéis do sensoriamento remoto sobre os ecossistemas naturais (Accioly *et al*, 2002). As aplicações do Sensoriamento Remoto em áreas degradadas são amplas, podendo transmitir diversas informações acerca de sua configuração e recuperação.

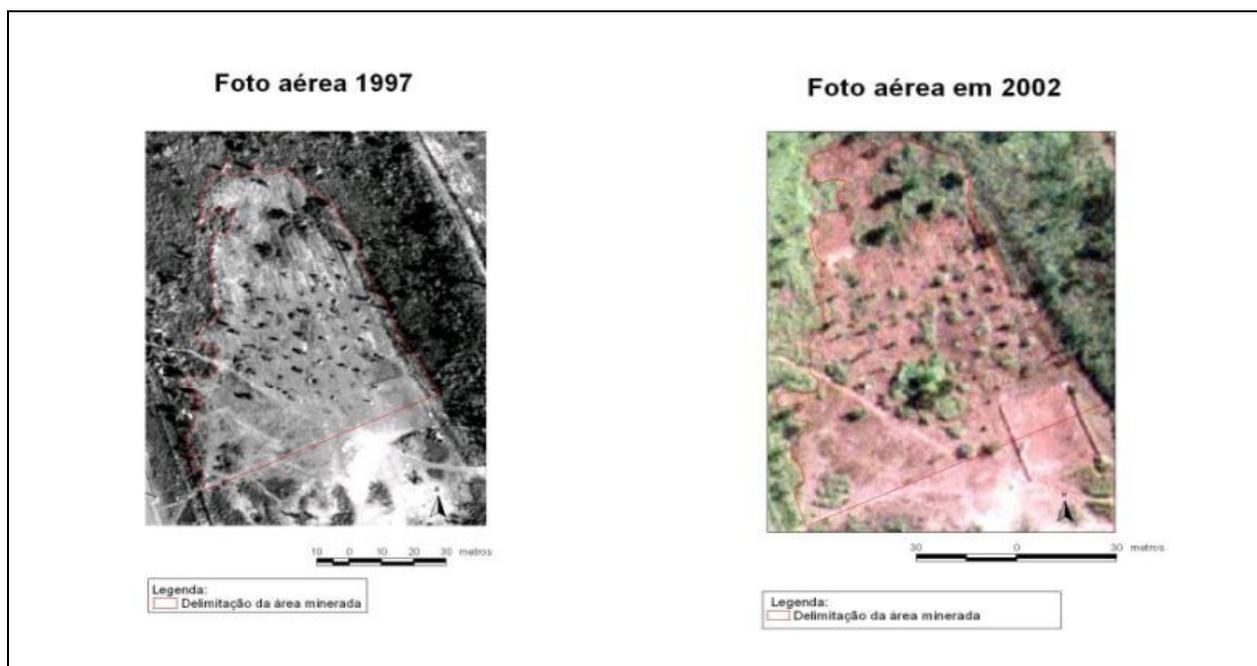
Estudos têm aprimorado o conhecimento sobre o comportamento espectral da vegetação, que representa as características de reflectância da radiação eletromagnética (Panzoni, 2001).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de recuperação de uma área minerada, no que tange a quantificação da área recolonizada por espécies vegetais, utilizando fotografias aéreas e imagens IKONOS.

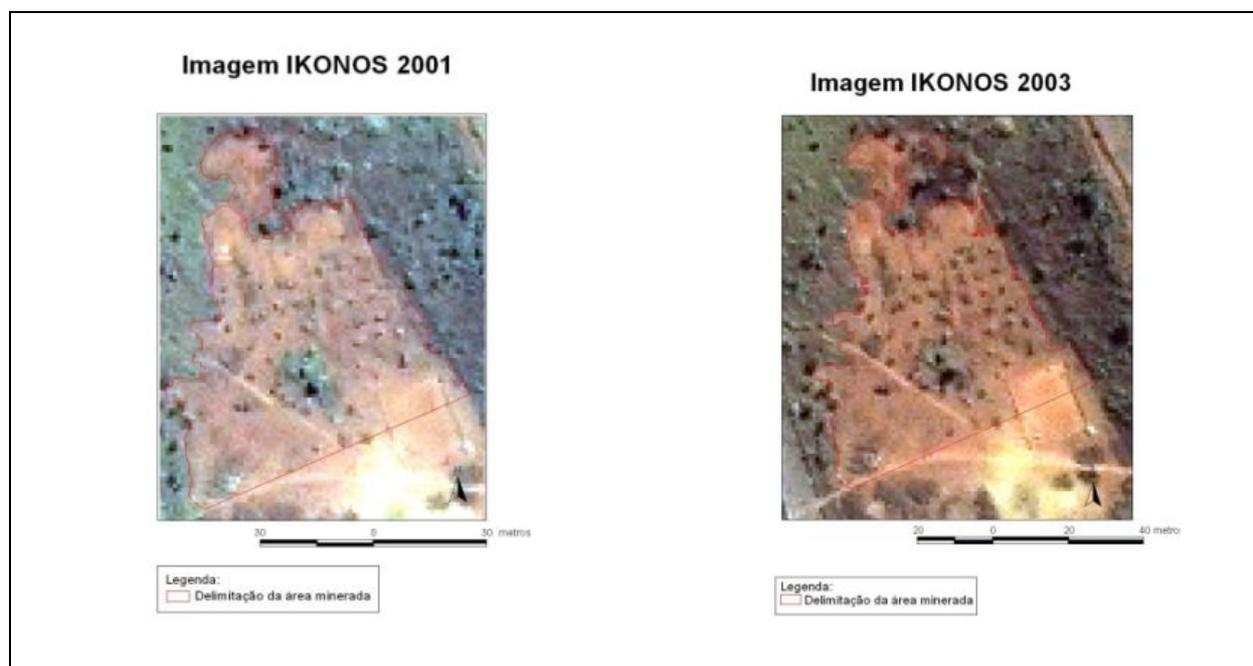
## 2. Material e métodos

A área de estudo, com aproximadamente 1,5 hectares, está inserida no Arboreto da Universidade de Brasília a 15°44'22'' de latitude sul e 47°53'00'' de longitude oeste. Na década de 1970, o local foi usado para exploração de cascalho, quando o perfil foi cortado e retirado até a profundidade de 1 m. O horizonte C de um Cambissolo foi então deixado exposto e em 1994, havia apenas a presença de três indivíduos arbóreos no local. Em decorrência do plantio de mudas arbóreas em 1995 e 1996, observou-se a recolonização espontânea da área a partir de 2002 (Corrêa et al, 2005).

Para este estudo, foram utilizadas duas fotografias aéreas com 40 centímetros de resolução, uma de 1997 e outra de 2002, e duas imagens do satélite IKONOS-II, de abril de 2001 e agosto de 2003 (**Figuras 1 e 2**). O satélite Ikonos II é operado pela SPACE IMAGING e é o primeiro satélite comercial de alta resolução com capacidade de imageamento de um metro, facilitando a interpretação visual e substituindo em muitos casos, o uso de fotografias aéreas (Embrapa, 2006).



**Figura 1: Fotos aéreas da cava em recuperação no Distrito Federal**



**Figura 2: Imagens IKONOS da cava em recuperação no Distrito Federal**

Determinou-se primeiramente o tamanho original da cava, delimitando-se os polígonos pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), ArcView 3.2. Utilizou-se como referência a fotografia aérea de 1997, período em que haviam apenas pequenas mudas plantadas no interior da área. Esse procedimento foi adotado também nas outras imagens, com a finalidade de obter o tamanho da cava em cada um dos períodos estudados.

Para a determinação da área de substrato exposto, foi necessário calcular a área total da cava e a área coberta por vegetação para cada período estudado, essa última chamada de classe de cobertura vegetal. Posteriormente subtraiu-se a categoria de cobertura vegetal da área total da cava, gerando a classe de substrato exposto. Esse método foi chamado de classificação visual da cobertura vegetal.

Paralelamente, foi realizado o método de classificação não-supervisionada Isodata, de cada material no aplicativo ENVI 4.1, gerando produtos cartográficos que diferenciam os tipos de cobertura vegetal. Este método de classificação é “*um meio de interpretação de imagens de sensoriamento remoto assistida por computador*” (Sulsoft, 2006). Esta classificação consiste na identificação dos níveis de cinza, onde os *pixels* analisados são submetidos a algoritmos de agrupamento, formando assim os agregados de dados (Sulsoft, 2006). A classificação não-supervisionada é aplicada quando se pretende analisar a imagem de maneira qualitativa e não há discernimento claro das classes desejadas.

Essa classificação forneceu sete classes, que foram agrupadas com o intuito de delimitar os objetos de interesse, no caso a cobertura vegetal e o substrato exposto. Foram formadas as categorias A, B e C, em que A representa a vegetação de grande porte, B é relativa à cobertura vegetal de pequeno porte e C representa o substrato exposto. O agrupamento das classes nessas três categorias foi feito visualmente em comparação com as imagens e fotos aéreas.

As classes geradas no ENVI foram vetorizadas e exportadas no formato *shapefile* para serem utilizadas no aplicativo ArcView 3.2, quando foi calculada a área exposta com o auxílio de uma máscara dos limites da cava.

Os mapas temáticos foram então confeccionados para cada ano, com três abordagens: a primeira, somente a imagem ou fotografia aérea, a segunda, a área da cava minerada e os polígonos produzidos pela classificação visual e, a terceira, o mapa obtido pela classificação não-supervisionada. Foi feita então a comparação entre os dois métodos utilizados para a mensuração da área de substrato exposto.

### 3. Resultados e discussão

As fotografias aéreas de 1997 e 2002 responderam igualmente à classificação não-supervisionada, sendo que, a Classe 1 gerou a Categoria A (vegetação de grande porte). As Classes 2, 3 e 4 resultaram na Categoria B (estrato herbáceo-arbustivo e árvores de pequeno porte) e as Classes 5, 6 e 7 geraram a Categoria C (substrato exposto).

As imagens IKONOS não tiveram a mesma resposta à classificação não-supervisionada (**Tabela 1**), onde se observa que na imagem de 2003, a Classe 1 (vegetação de grande porte) não foi encontrada na área minerada, e as Categorias B e C foram formadas cada uma apenas por uma classe.

As fotografias aéreas seguem o mesmo padrão de agrupamento das classes, possivelmente por terem a mesma resolução espacial, que é compatível ao tamanho da área e objetivo do estudo.

A área sem cobertura vegetal foi calculada para cada ano, com cada um dos métodos de classificação, e forneceram resultados diferentes. A classificação visual resultou sempre em valores menores da área descoberta do que a classificação automática, com diferenças variando entre os métodos de 205,2 a 630,2 m<sup>2</sup> (**Tabela 2**).

**Tabela 1 – Agrupamento das classes de vegetação provenientes da classificação não supervisionada nas categorias A, B e C da área em recuperação.**

1997 – Foto aérea		2001 – Imagem IKONOS		2002 – Foto aérea		2003 – Imagem IKONOS	
Classe 1	A	Classe 1	A	Classe 1	A	Classe 1	Fora da cava
Classe 2	B	Classe 2	B	Classe 2	B	Classe 2	A
Classe 3		Classe 3		Classe 3			
Classe 4		Classe 4		Classe 4			
Classe 5	C	Classe 5	C	Classe 5	C	Classe 5	B
Classe 6		Classe 6		Classe 6			
Classe 7		Classe 7		Classe 7		Classe 7	

**Tabela 2 – Substrato exposto na área em recuperação.**

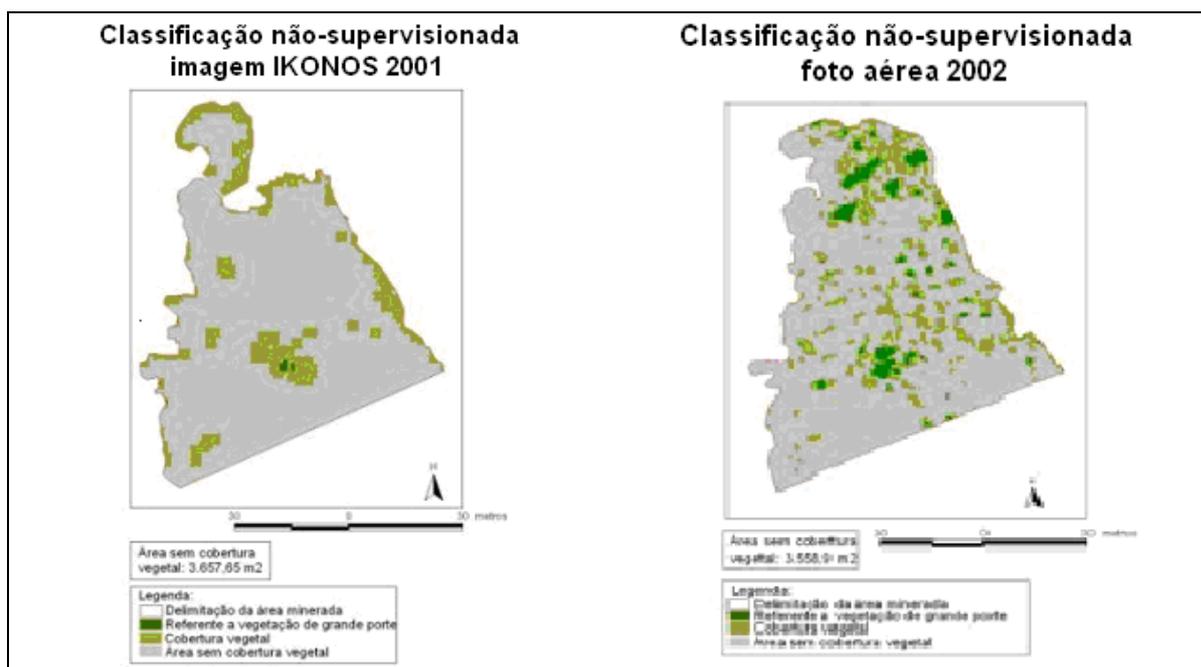
Ano	Área (m <sup>2</sup> ) classificação não-supervisionada	Área (m <sup>2</sup> ) classificação visual	Material
1997	4.601,9	5.072,8	Foto aérea resolução 40cm
2001	3.657,6	4.287,8	Imagem IKONOS resolução

			100cm
2002	3.558,8	3.764,0	Foto aérea resolução 40cm
2003	3.464,0	3.676,2	Imagem IKONOS resolução 100cm

Nas duas classificações houve diminuição da área sem cobertura vegetal, que variou inicialmente entre 4.601,9 e 5.072,8 m<sup>2</sup> e passou para 3.464,0 a 3.676,2 m<sup>2</sup> pela classificação automática e manual, respectivamente. Isso resulta em uma diminuição mínima pela classificação não-supervisionada de 1.137,9 m<sup>2</sup> e máxima pela classificação visual de 1.396,6 m<sup>2</sup> em 7 anos após o plantio das árvores.

Durante os trabalhos, notou-se que a classificação manual é um método é subjetivo e tendencioso, já que muitas vezes, em pequenos fragmentos de vegetação, os critérios de classificação visual dependem da experiência do observador. Essa dificuldade se agrava com a diminuição da resolução do material utilizado.

Considerando essas limitações, a opção foi analisar apenas o método de classificação não-supervisionada, aplicado às fotografias aéreas, que no presente estudo, é o material de maior resolução espacial (**Figura 3**).

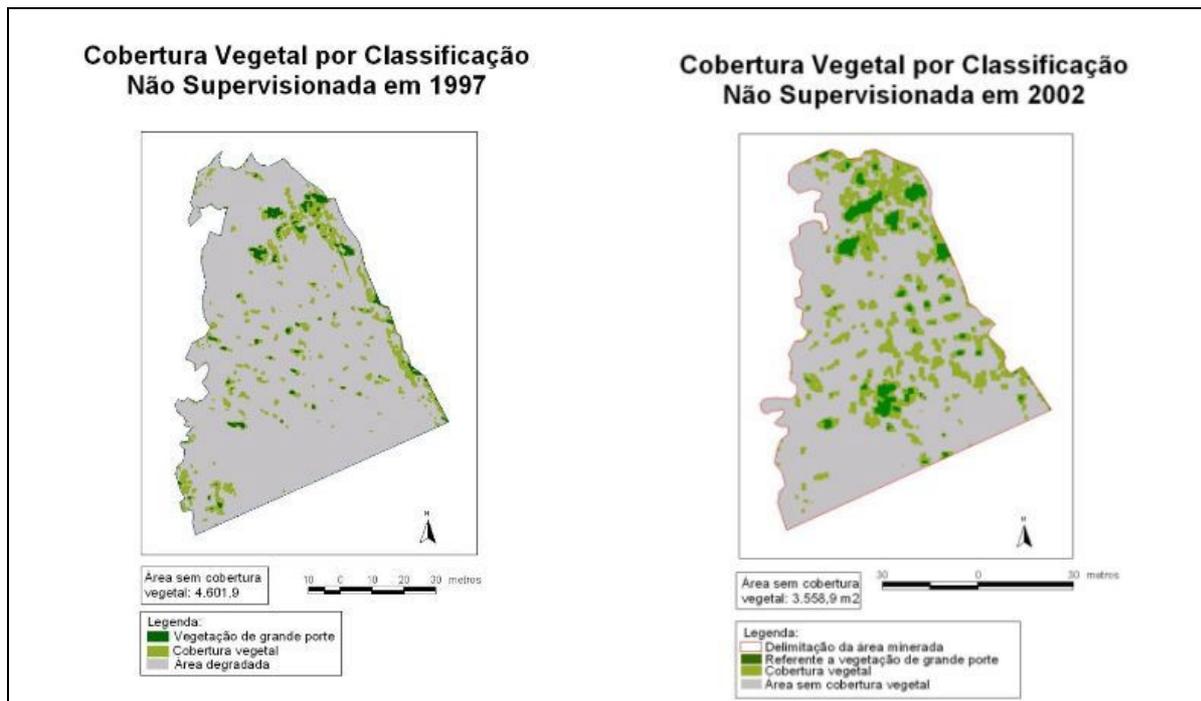


**Figura 3: comparação da classificação não-supervisionada entre a imagem IKONOS 2001 e a Fotografia aérea de 2002.**

A classificação não-supervisionada foi apenas utilizada nas fotografias aéreas de 1997 e 2002 (**Figura 4**), onde foi observada a diminuição do substrato exposto de 4.601,9 m<sup>2</sup> para 3.558,8 m<sup>2</sup>, como descrito na **Tabela 2**. O incremento da cobertura vegetal foi de 1.043,1 m<sup>2</sup>, que corresponde a 22,7% da área total da cava.

Esse recobrimento do solo, isoladamente, não descreve a situação ecológica decorrente da recuperação, mas é uma ferramenta importante para a mensuração do substrato exposto e

esforços de recuperação. No Cerrado ocorre muita variação da arquitetura de troncos e copas entre espécies de mesmo hábito e até dentro da mesma espécie, havendo dificuldade no cálculo de recobrimento por mensuração dos diâmetros. Percebe-se que há um padrão de recobrimento da área com características naturais, a partir das bordas para o centro, e das ilhas de vegetação para o exterior dessas, o que caracteriza melhoria da situação de cobertura vegetal.



**Figura 4: Fotografias aéreas da cava minerada submetidas à classificação não-supervisionada.**

#### 4. Conclusões

A cava apresentou recobrimento vegetal de 22,7% com padrão da borda para o centro, e a partir das ilhas de vegetação existentes dentro da área, nos cinco anos observados.

Para trabalhos de acompanhamento da regeneração em áreas pequenas, a classificação não-supervisionada procedente do aplicativo ENVI mostrou-se mais indicada do que a classificação visual.

Alta resolução é fundamental para estudos de regeneração, principalmente se tratando de pequenos fragmentos.

A metodologia utilizada se mostrou eficiente para o cálculo do recobrimento da área e pode ser utilizada como complemento às análises qualitativas da recuperação de áreas degradadas.

## 5. Referências

Accioly, L.J.O.; Pachêco, A.; Costa, T.C.C.; Lopes, O.F.; Oliveira, M.A.J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 492-498, 2002.

Balensiefer, M.; Araujo, A.J.; Rosot, N.C. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília. In: Simpósio Sul-Americano, 1., Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994. p. 527-534.

Carvalho-Júnior, O.A.; Guimarães, R.F.; Carvalho, A.P.F.; Gomes, R.A.T.; Melo, A.F.; Silva, P.A. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gortuba (MG). In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 473-480.

Corrêa, R.S., Silva, L.C.R., Melo Filho, B. 2005. Evolução da diversidade de espécies e da cobertura vegetal em uma área minerada em processo de recuperação no cerrado do Distrito Federal: contribuição da fauna. In: Simpósio Nacional E Congresso Latino-Americano De Recuperação De Áreas Degradadas, 6., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBRADE, 2005. (Trabalhos voluntários orais)

Embrapa: Satélites de monitoramento. Disponível em:  
<<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/ikonos.html>>. Acesso em 04 nov. 2006.

Moreira, P.R. Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas à recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, poços de caldas, MG. Dissertação (Doutorado em Biologia Vegetal) Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro/SP, 2004.

Panzoni, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: Menezes, P.R. & Neto, J.S.M. (organizadores). **Sensoriamento remoto: reflectância nos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.157-199.

Pinheiro, C.Q.; Corrêa, R.S. Determinação da dose ideal de composto de lixo, lodo de esgoto e esterco bovino para produção de *Inga marginata* em substrato minerado. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 3., **Anais...** Taguatinga, Universidade Católica de Brasília, DF, 2004.

Ribeiro, J.F; Schiavini, I. Recuperação de matas de galeria: integração entre a oferta ambiental e biologia das espécies. In: Ribeiro, J.F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 137-153.

Sulsoft. Envi: guia do Envi. Disponível em:  
<[http://200.175.93.14/site/guia\\_envi/index.htm](http://200.175.93.14/site/guia_envi/index.htm)>. Acesso em 05 nov. 2006.