

## O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para o zoneamento de Florestas Nacionais.

André Luís Bier Longhi<sup>1</sup>  
Paulo Roberto Meneses<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/ Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - Programa de Pós-Graduação - Av. Bento Gonçalves, 9500 - 91501-970 - Porto Alegre - RS, Brasil  
allonghi@ig.com.br

<sup>2</sup>Universidade de Brasília - Unb/ Instituto de Geociências - Campus Universitário Darcy Ribeiro - 70910-900 - Brasília - DF, Brasil  
pmeneses@unb.br

**Abstract.** Using geoprocessing techniques, a methodology was developed to evaluate and diagnose the current environmental impacts caused by the use and occupation of the soil in areas of National Forests. The target area was the National Forest of Brasília. In the modeling for evaluation of the soil loss and soil tolerance as a function of its use, geoprocessing tools were used, as well as satellite images for the USLE equation. Creating situations that represented forest crops, it was possible to determine the areas of permanent preservation and those susceptible to reforestation, as well as the different possible managing forms, considering the soil losses by laminated erosion.

**Palavras-chave:** remote sensing, geoprocessing, zoning forest, sensoriamento remoto, geoprocessamento zoneamento florestal.

### 1. Introdução

As Florestas Nacionais (Flonas) criadas segundo a Lei Nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, são áreas de domínio público, providas de cobertura vegetal nativa ou plantada, estabelecidas com os objetivos, dentre outros, de promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais. Constitui uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, onde a exploração do ambiente é feita de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável (Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000).

Atualmente as Flonas contam com 66 Unidades, que somam mais de 17,4 milhões de hectares. Por estas dimensões faz-se necessária a busca de novas ferramentas para a gestão ambiental, voltadas ao manejo florestal sustentável e ao uso racional dos recursos naturais renováveis. Sistemas de Informações Geográficas - SIG, combinados com o sensoriamento remoto, são de fundamental importância para o estudo e manejo dos recursos naturais, pois tornam o planejamento muito mais dinâmico e eficiente, permitindo o monitoramento, a avaliação e, principalmente, a tomada de decisões para melhor gerenciar os recursos disponíveis.

Através da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo – USLE, e da utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver metodologia para diagnosticar os impactos ambientais ocasionados pela perda de solo, inerentes ao processo de manejo florestal, servindo como forma de zoneamento florestal. Foi desenvolvido para a Floresta Nacional de Brasília, podendo seu modelo ser aplicado às demais Unidades de Conservação Federais de Uso Direto.

## 2. Materiais e Métodos

A área de estudo foi a Floresta Nacional de Brasília, um conjunto de quatro áreas que totalizam 9.346,28 ha, e localizam-se no Distrito Federal, entre as coordenadas: 15° 37' 17" S, 15° 47' 35" S, 48° 14' 37" W e 48° 00' 12" W.

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho foram:

- Imagem digital do satélite LandSat 7 ETM+ órbita-ponto 221/71 de 05/05/2002, disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências, da Unb;
- Modelo Digital de Elevação - MDE (pontos cotados e curvas hipsométricas) e base digital de hidrografia na escala 1:10.000, disponibilizadas pelo Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD (CODEPLAN, 1991);
- Base digital de pedologia na escala 1:100.000, obtida a partir do Mapa de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal (EMBRAPA, 1978), e
- Série histórica validada de índices pluviométricos de 20 anos das Estações Meteorológicas da Companhia de Água e Esgotos do Distrito Federal (CAESB, 2002).

Os programas computacionais utilizados foram: ERDAS Imagine 8.3.1; ARCINFO 7.1.2 e ARCVIEW 3.2, com as extensões Spatial Analyst, Imagine Analyst, Grid Plus, Geoprocessing e Projection Utility.

A USLE foi determinada a partir da integração dos seguintes fatores: Erosividade, Erodibilidade, Fator LS e Uso e Práticas Conservacionistas do solo, os quais foram estimados e espacializados a partir de técnicas de geoprocessamento. Para o cálculo dos fatores USLE foram consideradas células de 30 x 30 metros, equivalentes à resolução espacial da imagem analisada.

A USLE é expressa pela equação:

$$A = R . K . L . S . C . P \quad (\text{Equação 01})$$

onde:

A = perda de solo em ton/(ha.ano);

R = fator de erosividade da chuva em MJ.mm/ha.h.ano;

K = fator de erodibilidade do solo em ton.h/MJ.mm;

L = fator de comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional);

S = fator de declividade, baseado nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional);

C = fator de uso e manejo do solo (adimensional);

P = fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R foi obtido pela equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1993), que é expressa por:

$$EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85} \quad (\text{Equação 02})$$

onde:

EI = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/ha.h;

r = precipitação média mensal em mm;

P = precipitação média anual em mm.

A média de soma dos valores mensais de EI é o fator R da USLE, ou seja:

$$R = \sum EI/12 \quad (\text{Equação 03})$$

onde:

R = erosividade da chuva em MJ.mm/ha.h;

EI= média mensal do índice de erosão em MJ.mm/ha.h.

Foram utilizados os índices pluviométrico de vinte Estações Pluviométricas da CAESB - Companhia de Água e Esgotos de Brasília, obtidos através da média aritmética simples de séries históricas de totais pluviométricos mensais dos anos de 1982 a 2001.

Para o cálculo da erodibilidade (K), utilizou-se a base de solos da Flona - EMBRAPA(1978) na escala 1:100.000 combinado com os valores de K propostos por Wischmeier *et al* (1971), expressos na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Fator K dos solos presentes na Flona, propostos por Wischmeier *et al.* (1971).

Grupos de Solo	Erodibilidade em ton.ha/(MJ.mm)
Latossolo vermelho escuro	0,013
Latossolo vermelho amarelo	0,020
Cambissolo	0,024
Hidromórficos indiscriminados	0,031

Fonte: Adaptado de Baptista (1997).

Para o cálculo dos fatores LS foi gerada a matriz de declividade para a Flona, obtida pelo MDE, sendo em seguida atribuído os valores propostos por Kok *et al.* (1995), representados na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Valores médios para LS por classe de declividade .

Classe de Declividade (%)	Fator LS
0 – 5	0,5
5 – 15	3,5
15 – 30	9
> 30	16

Fonte: Kok *et al.* (1995).

Para o cálculo dos fatores CP foi utilizada a imagem Landsat 7 ETM +, composição colorida RGB, bandas 453, de 05/05/2002, e posterior trabalho de campo. A classificação das imagens foi feita utilizando-se o Classificador da Distância de Mahalanobis, representado pela equação:

$$D^2 = (X - M_C)^T (Cov_c^{-1})(X - M_C) \quad (\text{Equação 04})$$

onde:

D = distância de Mahalanobis;

c = uma particular classe;

X = uma amostra de pixels da classe;

M<sub>C</sub> = o valor médio dos pixels da classe;

Cov<sub>c</sub><sup>-1</sup> = inverso de Cov<sub>c</sub>;

T = função transposição.

Foram consideradas as seguintes categorias de uso do solo: campo, lagos, mata de galeria, queimada, reflorestamento pinus e reflorestamento eucalipto. Para cada categoria foram adotados os valores propostos por Stein *et al.* (1987), representados na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Classes de Uso do Solo utilizado para o cálculo do CP.

Classes de Uso do Solo	CP
Lagos	0,00
Queimada	0,10
Reflorestamento Pinus	0,0001
Reflorestamento Eucalipto	0,0001
Mata de Galeria	0,00004
Campo	0,01

Fonte: Adaptado de Stein *et al.* (1987).

Os valores adotados para o cálculo da tolerância de perda de solo por erosão laminar para cada grande grupo de solo foram os determinados por Baptista (1997), representados na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Valores de tolerância de perda de solo por erosão laminar para cada grande grupo de solo da Flona de Brasília.

Grande Grupo	Tolerância de perdas de solo (ton/ha.ano)
Latossolo vermelho-escuro	22,90
Latossolo vermelho-amarelo	13,38
Cambissolo	10,85
Hidromórficos indiscriminados	16,96

Fonte: Adaptado de Baptista (1997).

Os valores da perda de solo obtidos pela equação USLE foram comparados com os valores de tolerância de perdas, permitindo identificar os locais onde há comprometimento da sustentabilidade do solo.

Foram consideradas as Áreas de Preservação Permanente – APP, determinadas a partir da criação de buffers de trinta metros ao longo dos cursos d’água obtidos da base de hidrografia; e de declividades superiores a 45°, obtidas através do MDE. Posteriormente foram comparadas com as “matas de galeria” identificadas através da classificação das imagens. Descontadas estas áreas e os lagos, obteve-se a área disponível para reflorestamento.

A partir da criação de cenários florestais, onde foram consideradas as formas de manejo: corte raso (retirada total da floresta) e corte seletivo (retirada de alguns indivíduos da floresta), foi possível estimar os valores de perda de solo, e compará-los com seu respectivo valor de tolerância, determinando os locais que permitem manejo a corte raso e os locais onde somente o corte seletivo é viável, para que não haja comprometimento da sustentabilidade do solo.

Para manejo a corte seletivo considerou-se o valor CP estabelecido para reflorestamento (0,0001), enquanto que para manejo a corte raso adotou-se o valor CP de estabelecido para cobertura residual (0,10), conforme propostos por Stein *et al.* (1987).

### 3. Resultados

Através da classificação da imagem de satélite foi possível a obtenção das áreas de uso do solo, expostas na **Tabela 5**.

Tabela 5 –Área de ocupação e uso do solo na Flona de Brasília.

Classes de Uso do Solo	Área (ha)	%
Lagos	46,82	0,50
Queimada	204,90	2,19
Reflorestamento Pinus	1108,44	11,86
Reflorestamento Eucalipto	2102,19	22,49
Mata de Galeria	593,20	6,35
Campo	5290,73	56,61
<b>Total</b>	<b>9346,28</b>	<b>100</b>

Com a integração dos fatores USLE foi possível determinar os valores de perda de solo por erosão laminar, e compará-los com os limites de tolerância, obtendo as estimativas de perda de solo menores e maiores que sua respectiva tolerância, expostas na **Tabela 6**.

Tabela 6 – Perdas de solo em função de sua tolerância – Flona de Brasília.

	Área (ha)	%
Perda de Solo < Tolerância	9168,84	98,10
Perda de Solo > Tolerância	177,44	1,90
<b>Total</b>	<b>9346,28</b>	<b>100</b>

Os locais que apresentaram perdas de solo acima de sua capacidade de tolerância possuem uma cobertura vegetal do tipo “campo” e “queimada”, devendo ser imediatamente convertidos em áreas florestais.

Com o zoneamento da Flona foram obtidas as áreas de preservação (Lagos, Matas de Galeria e APP) e as áreas disponíveis para reflorestamento, expostas na **Tabela 7**.

Tabela 7- Zoneamento Florestal para a Flona de Brasília

Uso Ideal do Solo	Área (ha)	%
Preservação (Lagos, Mata de Galeria e APP)	633,46	6,78
Manejo florestal a corte seletivo	3070,34	32,85
Manejo florestal a corte raso	5642,48	60,37
<b>Total</b>	<b>9.346,28</b>	<b>100</b>

As áreas consideradas de Preservação Permanente sob o aspecto da legislação vigente e do uso atual representam 6,78% (633,46 ha) de sua área total. Comparando-se com o uso atual obtido através da imagem classificada, verificou-se que 140,18 ha (22,13%) apresentam uma cobertura vegetal do tipo campo, devendo ser imediatamente convertidos em áreas de floresta, a fim de adequar-se à legislação vigente como também minimizar os processos erosivos que possam comprometer os cursos d’água. A área passível de implantação de floresta corresponde a 8.712,82 ha (93,22%), onde 5.642,48 ha (64,76%) podem ser manejados a corte raso e 3.070,34 hectares (32,24%) devem ser manejados a corte seletivo.

#### 4. Conclusões

Através do presente estudo pôde-se comprovar a viabilidade da utilização de técnicas de geoprocessamento associadas a imagens de satélites como instrumentos de metodologias para zonar e diagnosticar os impactos ambientais ocasionados em Florestas Nacionais.

A utilização de imagem de satélite Landsat ETM+ permitiu identificar e mapear as classes de uso de solo, inclusive quantificar as áreas de ocupação e uso para cada classe.

A aplicação da USLE por meio de Sistema de Informação Geográfica permitiu quantificar as perdas de solo e compará-las com seu respectivo limite de tolerância, como também prever e criar cenários futuros, adequando a forma de exploração florestal com a sustentabilidade do solo.

## Referências

Baptista, G.M.M. **Diagnóstico Ambiental da Perda Laminar de Solo, no Distrito Federal, por meio de Geoprocessamento**. 1997. 112 p. (Unb-MTARH.DM-001A/97). Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília – Brasília, 2003.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 355p., 3º Edição.

CAESB – **Índices Pluviométricos verificados para o Distrito Federal**. Companhia de Água e Esgotos de Brasília. Brasília, 2002.

CODEPLAN. **Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Cartas planialtimétricas em formato vetorial, na escala 1:10.000. Brasília, 1991.

EMBRAPA - **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Boletim Técnico, nº 53, SNLCS. Rio de Janeiro, 1978. 455 p.

Kok, K.; Clavaux, M.B.W.; Heerebout, W.M.; Bronsveld, K. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain. **ITC Journal**. p. 217-228, 1995 (3).

Lei 4.771 de 15/09/1965. **Institui o Código Florestal**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislação/codigo.asp>>. Acessado em: 20 ago. 2003.

Lei 9.985 de 18/07/2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/dap/doc/snuc.pdf>>. Acessado em: 20 ago. 2003.

Stein, D.P.; Donzelli, P.L.; Gimenez, A.F.; Ponçano., W.L.; Lombardi Neto, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópica, na Bacia do Peixe-Parapanema. 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. **Anais...** Marília, 1987. Vol.1, p. 105-135.

Wischmeier, W.H.; Johnson, C.B.; Cross, B.V. A soil erodibility nomograph farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**. v.26, p.189-193, 1971.