



## Mapeamento digital dos solos da Bacia do Rio Jardim, DF, utilizando técnicas de sensoriamento remoto<sup>(1)</sup>.

**Raúl Roberto Poppie<sup>(2)</sup>; Marilusa Pinto Coelho Lacerda<sup>(3)</sup>; Manuel Pereira de Oliveira Junior<sup>(2)</sup>; Luiz Felipe Moreira Cassol<sup>(4)</sup>; Bruna Cristina Gallo<sup>(5)</sup>; Caio Troula Fongaro<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES, CNPq, FAPDF

<sup>(2)</sup> Estudantes de mestrado e doutorado da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB; Brasília, DF; raulpoppiel@gmail.com, manuelprj@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Professora Associada III FAV/UnB; Brasília, DF; marilusa@unb.br <sup>(4)</sup> Graduação em Agronomia; FAV/UnB; Brasília, DF; <sup>(5)</sup> Estudantes de mestrado do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” da Universidade de São Paulo - ESALQ/USP; Piracicaba, SP; gallo.bruna@gmail.com, caio.fongaro@gmail.com.

**RESUMO:** A Bacia do Rio Jardim é considerada a mais importante região produtora de alimentos do Distrito Federal, necessitando de detalhamento das classes de solos para auxiliar atividades de planejamento do uso dos solos. O objetivo principal deste trabalho é o mapeamento digital dos atributos e classes de solos da Bacia do Rio Jardim, DF, por meio de técnicas de sensoriamento remoto. Foi utilizada uma série histórica, constituída por onze imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 referentes à órbita 221/ponto 71, no intervalo de 450-2.200nm (VIS-SWIR), adquiridas dentro do período de 1984 a 2014. As imagens recortadas pela área da bacia de estudo no ArcGIS 10 foram submetidas à correção atmosférica e foram geradas máscaras de solos expostos no ENVI 5.1 para a obtenção de uma imagem composta com a maior proporção de solos expostos da bacia ao longo da série histórica. Foram selecionadas duas toposequências e vários perfis de solos representativos da Bacia do Rio Jardim, para descrição morfológica e coleta de amostras para a análises laboratoriais para classificação no SiBCS. Também, foram obtidas as respostas espectrais destes solos por meio do espectrorradiômetro *FieldSpec® Pro*, para a elaboração de uma biblioteca espectral dos solos da bacia para a individualização das classes de solos por meio das técnicas SAM e MLME. A validação dos resultados será por meio do índice *Kappa*. O processamento das imagens mostrou uma ampliação das áreas com solos expostos de 1984 a 2014, como consequência do aumento das áreas cultivadas na bacia avaliada.

**Termos de indexação:** radiometria, mapas pedológicos, processamento de imagens.

### INTRODUÇÃO

A demanda por dados de levantamento de solos tem crescido mundialmente. Estes são necessários para a formulação de políticas, gestão e planejamento dos recursos naturais (Mulder et al., 2011). A situação do mapeamento de solos do Brasil é crítica, com escassez de dados de solos em

escalas de detalhamento adequado para o planejamento do uso deste recurso (Mendonça-Santos & Santos, 2006).

Os estados brasileiros, contam na sua maioria, com mapas em escalas de cerca de 1:1.000.000 e 1:500.000 (Mcbratney et al., 2003). O Distrito Federal (DF), conta com mapeamentos pedológicos em escalas de 1:100.000 (EMBRAPA, 1978), principal fonte de informações, e 1:50.000 (Reatto et al., 2000; Lacerda & Barbosa, 2012). Portanto, essa falta de informações pedológicas em escalas apropriadas dificulta o planejamento adequado de uso, manejo, conservação, prevenção e recuperação de áreas agrícolas.

Deste modo a espectroscopia e outras metodologias de sensoriamento remoto têm sido consideradas importantes ferramentas nos estudos de solos (Demattê, 1999), reduzindo o tempo necessário ao mapeamento e os custos envolvidos.

Assim, o objetivo principal deste trabalho será o mapeamento digital dos atributos e classes de solos da Bacia do Rio Jardim, no Distrito Federal, por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

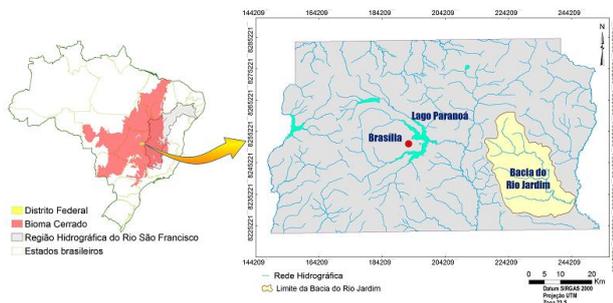
### MATERIAL E MÉTODOS

#### Caracterização do meio físico

A Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, importante região agrícola do Distrito Federal (DF), se localiza na porção sudeste do DF, entre as coordenadas UTM (fuso 23 S) 216.000 m a 245.000 m e 8.261.000 m a 8.228.000 m (*datum* SIRGAS 2000), pertencente ao Bioma Cerrado (**Figura 1**).

De acordo com Reatto et al. (2000) o clima da bacia de estudo, com altimetria abaixo de 1.000, é do tipo Aw (Köppen), com inverno seco e verão chuvoso.

Segundo Freitas-Silva & Campos (1998) a área de estudo desenvolveu-se sobre rochas dos Grupos Paranoá, Canastra e Bambuí, contribuindo respectivamente com cerca de 5, 25 e 70% da sua área total.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo: Bacia do Rio Jardim, Distrito Federal (IBGE, 2011).

Pela compartimentação geomorfológica do DF pela integração de diversos autores e adaptação pela SEMARH (2012), a Bacia do Rio Jardim localiza-se na Segunda Superfície Geomorfológica.

A declividade da bacia foi extraída do MDT elaborado a partir de dados planialtimétricos em escala 1:10.000 (CODEPLAN, 1991), distribuída em cinco classes: 0-3% (34%), 3-8% (45%), 8-20% (15%), 20-45% (4%), 45-75% (1%) e >75% (1%).

Analisando o mapeamento semidetalhado de solos executado por Reatto et al. (2000), na escala 1:50.000, a Bacia do Rio Jardim apresenta as seguintes ordens de solos: Latossolos, Cambissolos, Plintossolos, Gleissolos, Argissolos e Neossolos.

### Metodologia

Primeiramente foi realizado o levantamento de dados bibliográficos e secundários tais como mapa pedológico, em escala 1:100.000 (EMBRAPA, 1978), mapa geológico, em escala 1:100.000 (Freitas-Silva & Campos, 1998), e dados planialtimétricos tais como curvas de nível, redes de drenagem e pontos cotados em escala 1:10.000 (CODEPLAN, 1991). Os dados foram implementados e manipulados por meio do *software* ArcGIS10.

Por meio dos dados planialtimétricos adquiridos, foi delimitada a área da bacia, no ArcGIS10, e criado um buffer de 2 km para evitar a perda dos pixels que contornam a bacia, evitando prejuízos nos processamentos das imagens.

Foi utilizada uma série histórica de imagens dos satélites Landsat 5-TM, Landsat 7-ETM+ e Landsat 8-OLI referentes à órbita 221/ponto 71, no intervalo de 450-2.200nm (VIS-SWIR), adquiridas no período de 1984 a 2014, dentro da estação seca (Mai-Set). No ENVI 5.1, as imagens foram transformadas em reflectância, mediante o módulo FLAASH, para normalização dos dados e georreferenciadas. As imagens foram recortadas usando o arquivo da área buffer da bacia. Para identificar áreas com solo exposto nas imagens foram aplicadas a composição

RGB 345 e 745, o NDVI (valores próximos a zero) e a linha do solo, a qual é obtida por meio de um escartograma contrapondo valores do VIS (Banda 3 no eixo X) e do NIR (Banda 4 no eixo Y) (Yoshioka et al., 2010). Mediante classificação supervisionada da vegetação e da água, foram isoladas as áreas com solos expostos nas imagens Landsat, e geradas as máscaras correspondentes, resultando em imagens contendo apenas solos expostos (Shimabukuro et al., 2005). Estas máscaras de solos expostos da série histórica serão associadas, gerando uma imagem composta de solos expostos da bacia.

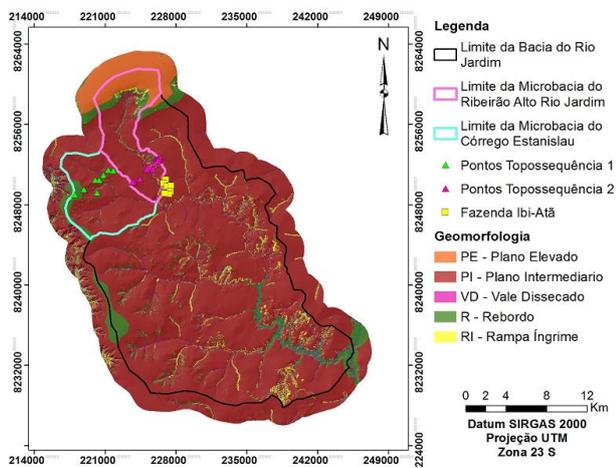
Para realizar a caracterização dos solos, foram selecionadas duas toposequências, em função das relações pedomorfogeológicas, onde foram descritos perfis de solos segundo Santos et al. (2013). Foram coletadas amostras nos horizontes principais dos perfis de solo para análises físicas e químicas (EMBRAPA, 1997), e classificadas até o quarto nível do SiBCS (EMBRAPA, 2013).

Foram obtidas as respostas espectrais das mesmas amostras dos solos por meio do espectroradiômetro *FieldSpec® Pro*, com leituras no intervalo de 1 nm, de 350 a 2.500 nm. Com estas leituras serão elaboradas as curvas espectrais de cada amostra de solo (Demattê et al., 2009). As curvas espectrais estão sendo caracterizadas por meio de avaliações qualitativas e os dados espectrais serão analisados por estatística multivariada para análise e geração de modelos de predição de atributos e classes de solos (Ten Caten et al., 2011). Posteriormente será elaborada a biblioteca espectral dos solos, no ENVI 5.1. As classes de solos serão individualizadas sobre a imagem Landsat composta de solos expostos, mediante a aplicação das metodologias *Spectral Angle Mapper - SAM* e Modelo Linear de Mistura Espectral - MLME.

Após a geração do mapa digital de solos da bacia estudada, o mesmo será avaliado em atividades de campo por meio do índice *Kappa*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de descrição morfológica e resultados de análises físicas e químicas dos perfis de solos (**Figura 2**), foi realizada a classificação dos solos, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013) em: Latossolos Vermelhos (LV); Cambissolos Háplicos (CX); Plintossolos Pétricos Concrecionários (FFc); Latossolos Vermelho-Amarelos Concrecionários (LVAc); Neossolos Regolíticos (RR); Gleissolos Háplicos (GX).



**Figura 3.** Mapa de localização das topossequências e perfis de solos representativos avaliados da Bacia do Rio Jardim, DF.

Para formar a série histórica, foram selecionadas onze imagens dos satélites Landsat, transformadas para valores de refletância (**Tabela 1**).

**Tabela 1** – Imagens Landsat da área da Bacia do Rio Jardim, DF, selecionadas para o estudo.

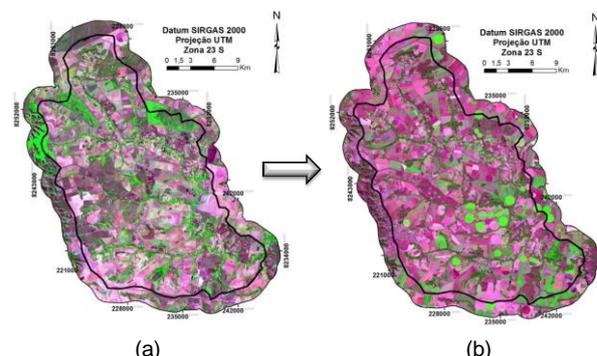
Satélite/Sensor	Bandas	Cena	Orbita/ponto	Data Aquisição
L5 – TM	VIS=B1, G2, R3 NIR=4 SWIR1=5 SWIR=7	LT52210711984147CUB00	221/071	26/05/1984
		LT52210711988222CUB00	221/071	09/08/1988
		LT52210711993203CUB00	221/071	22/07/1993
		LT52210711998153COA00	221/071	02/06/1998
		LT52210712003199COA00	221/071	18/07/2003
		LT52210712004266CUB01	221/071	22/09/2004
L7 – ETM+	VIS=B1, G2, R3 NIR=4 SWIR1=5 SWIR2=7	LE72210712003143EDC00	221/071	23/05/2003
		LT52210712008245COA00	221/071	01/09/2008
L8 – OLI	VIS=B2, G3, R4 NIR=5 SWIR1=6 SWIR2=7	LC82210712013258LGN00	221/071	15/09/2013
		LC82210712014181LGN00	221/071	30/06/2014

VIS= Visible; NIR= Near Infrared; SWIR= Short Wave Infrared; B= Blue; G= Green; R= Red.

Foi feita composição colorida em RGB 745 ou 756 (Landsat 8) das imagens Landsat, identificando áreas de solo exposto. Nesta composição colorida, o solo exposto aparece em tons de roxo e rosa claro e a vegetação sadia em tons de verde. A água aparece em tons de azul escuro (**Figura 3**).

Também, foi aplicado o NDVI que melhora a distinção entre solos e demais alvos presentes na cena (vegetação e água) (**Tabela 2**).

Foi obtida a Linha do Solo, a qual indicou em cor vermelha, dentro da imagem, os respectivos pixels com alta probabilidade de representarem solos expostos. Esses pixels, com valores médios de refletância, ilustram uma área de solo exposto de aproximadamente 13.000 ha e 35.000 ha dentro da Bacia do Rio Jardim, para as imagens L5 de 1984 e L8 de 2014, respectivamente (**Tabela 3**).



**Figura 3.** Composições RGB comparando duas imagens da área de estudo: a, imagem L5-TM, RGB 745, de 1984; b, imagem L8-OLI, RGB 756, de 2014.

**Tabela 2** – Correspondência entre os valores obtidos da imagem NDVI e a composição RGB (745 e 756) das imagens Landsat.

NDVI	0,03	0,07	0,15	0,26
<b>Rosa claro e médio (solo exposto)</b>				
NDVI	0,3	0,33	0,36	0,39
<b>Roxo (solo exposto)</b>				
NDVI	0,93	-1		
<b>Verde (vegetação)</b>		<b>Azul escuro (água)</b>		

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*. As setas amarelas indicam o alvo (solo exposto, vegetação ou água).

**Tabela 3** – Comparação das áreas com solo exposto entre os anos 1984 e 2014 mediante o comportamento da linha do solo.

Imagem L5-TM de 1984	Imagem L8-OLI de 2014
Representação da Linha do Solo	
Área aproximada de solo exposto	
144.444 pixels 13.000 ha	388.889 pixels 35.000 ha



## CONCLUSÕES

A geração de máscaras de solos expostos pela metodologia adotada permitiu individualizar áreas com solos expostos na Bacia do Rio Jardim, DF ao longo da série histórica estudada.

O incremento de solos expostos de 1984 a 2014 é consequência do aumento das práticas agrícolas na bacia, necessitando de mapeamento de solos com escalas mais detalhadas para o planejamento de uso sustentável.

Com a imagem composta de solos expostos será possível realizar o mapeamento digital de solos da Bacia do Rio Jardim, DF.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPDF pelo apoio financeiro a execução do projeto. Também agradecem, pela parceria e troca de experiências, ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado a Solos (LSO-ESALQ-USP), coordenado pelo Prof. Dr. José Alexandre Melo Demattê.

## REFERÊNCIAS

- CODEPLAN - COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Cartas Planialtimétricas na escala 10.000, Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD**. Brasília, DF: CODEPLAN, 1991.
- DEMATTE, J. A. M.; GARCIA, G. J. Avaliação de atributos de Latossolo Bruno e de Terra Bruna estruturada da região de Guarapuava, Paraná, por meio de sua energia refletida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 343–355, 1999.
- DEMATTE, J. A. M.; HUETE, A. R.; GUIMARÃES, L. J. F.; NANNI, M. R.; ALVES, M. C.; FIORIO, P. R. Methodology for Bare Soil Detection and Discrimination by Landsat TM Image. **The Open Remote Sensing Journal**, v. 2, n. 1, p. 24–35, 2009.
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SNLCS, 1978.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CNPS, 2013.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. IEMA/SEMATEC/UNB (Org.). **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1998. v. 2. p. 66.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa Índice Digital – MID: mapeamento geral do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE / DSG, 2011.
- LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O. Relações pedomorfogeológicas e distribuição de pedofomas na estação ecológica de águas emendadas, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 709–722, 2012.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1–2, p. 3–52, nov. 2003.
- MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. DOS. The State of the Art of Brazilian Soil Mapping and Prospects for Digital Soil Mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, B. T. (Org.). **Digital Soil Mapping An Introductory Perspective**. [S.l.]: Elsevier, 2006. v. 31. p. 39–601.
- MULDER, V. L.; DE BRUIN, S.; SCHAEPMAN, M. E.; MAYR, T. R. The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. **Geoderma**, v. 162, n. 1–2, p. 1–19, 15 abr. 2011.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. S.; MARTINS, E. S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY, M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. **Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia do rio Jardim-DF, escala 1:50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C. DE; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa, MG: SBCS / EMBRAPA-CNPS, 2013.
- SEMARH. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF) - Subproduto 3.1**. Brasília, DF: SEMARH, 2012.
- SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; MOREIRA, M. A.; ARAI, E.; RUDORFF, B. F. T.; ANDERSON, L. O.; SANTO, F.; FREITAS, R.; AULICINO, L.; MAURANO, L. **Deteção de áreas desflorestadas em tempo real: conceitos básicos, desenvolvimento e aplicação do Projeto DETER**. São José dos Campos, SP: INPE, 2005.
- TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; MENDONÇA-SANTOS, M. DE L. Estatística multivariada aplicada à diminuição do número de preditores no mapeamento digital do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 553–561, 2011.
- YOSHIOKA, H.; MIURA, T.; DEMATTÊ, J. A. M.; BATCHILY, K.; HUETE, A. R. Soil Line Influences on Two-Band Vegetation Indices and Vegetation Isolines: A Numerical Study. **Remote Sensing**, v. 2, p. 545–561, 2010.