

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos

Marcelo Rodrigo Alves

**Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Solos e Nutrição de Plantas**

**Piracicaba
2008**

Marcelo Rodrigo Alves
Engenheiro Florestal

Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ALEXANDRE DE
MELO DEMATTÊ**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Solos e Nutrição de Plantas

**Piracicaba
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Alves, Marcelo Rodrigo
Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos / Marcelo Rodrigo Alves. - -
Piracicaba, 2008.
159 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Classificação do Solo 2. Mapeamento do solo 3. Sensoriamento remoto 4 .
Sistema de Informação Geográfica 5. Solos I. Título

CDD 631.47
A474m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A DEUS, pela vida e por me dar forças para concretizar mais esta etapa. Por ser o meu pastor e me guiar pelos pastos verdejantes.

Ofereço

Aos meus pais, Leônidas e Maria Aparecida, pela minha formação nos princípios da verdade e pela compreensão da minha ausência nos momentos de alegrias e de tristezas.

A D^a Luzimar e Sr. Valdecir (sogra e sogro) pelo carinho com que me aceitaram na família e os momentos que intercederam por mim junto a Deus.

Aos meus irmãos e cunhados, Marcos (*in memoriam*), Márcia & Marcelo, Mariane, Rafael, Valcimar & Alexandra, Márcio & Renata, Márcia, pelo apoio e incentivo a mim dispensado durante os longos anos de estudos.

Aos meus sobrinhos, Álvaro, Thaís, Gabrielle, Davi, Enzo pelos momentos de alegrias, os quais, embora não tenham sido tão freqüentes, foram muito valiosos para que eu continuasse na busca dos meus ideais, procurando sempre poder ser algum dia referencial de alguém que lutou pelos seus anseios.

Especialmente a minha esposa Luziane que nestes anos ao meu lado foi bem mais que uma esposa, foi a pessoa mais graduada que conheci. Foi economista doméstica, foi nutricionista, foi urologista perante minhas crises renais intermináveis, foi endocrinologista, foi psicóloga, mas hora foi psiquiatra, foi engenheira, foi pedóloga, foi intercessora, foi companheira, foi amiga, enfim foi o pilar para minha sustentação.

Dedico

A Deus, pois sempre esteve à frente de todas as coisas.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo (USP), por intermédio do Departamento de Ciência do Solo, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realização do Curso.

Ao professor José Alexandre M. Demattê, pela orientação valiosa, pelo incentivo, pela amizade sincera e pela confiança e dedicação demonstrados ao longo da condução deste trabalho.

Aos demais professores do departamento, pela confiança e ensinamentos acadêmicos que foram valiosos para minha formação.

Ao Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilização das imagens de satélite.

Ao professor João Luiz Lani por ter sido um grande mestre na minha jornada acadêmica.

Aos colegas de pós, José Geraldo, Aline, Henrique, Suzana, Leonardo, Fabrício, Marcos, pela amizade, pela companhia na “batsalinha”, pelas brincadeiras, pelas valiosas contribuições e ajudas.

Ao estudante de doutorado Fabrício pela ajuda no processamento das imagens.

Ao estudante de mestrado Leonardo pela ajuda com as estatísticas dos dados.

Aos estudantes de mestrado Henrique, Suzana e Marcos e estagiários Osmar, Julio, Leonardo, Rudnei, Gustavo, Fernando, Luciana, Edvania, pelas contribuições ao longo deste trabalho e principalmente pelo apoio nas intermináveis leituras espectrais.

Ao grupo Cosan (Filiais Serra e Tamoio) pela possibilidade de execução deste trabalho.

A CAPES pela bolsa concedida durante parte do desenvolvimento da pesquisa.

A Fapesp pelo apoio financeiro pn. 7/55241-1

Aos amigos da Igreja Cristã Maranata que sempre foram uma família para mim.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço

“De tudo que se tem ouvido, o fim é: Teme a Deus, e guarda os seus mandamentos; porque este é o dever de todo o homem.”

Eclesiastes 12:13

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 ÍNDICES DE RELEVO E INFORMAÇÕES ESPECTRAIS NA DETECÇÃO DE LIMITES DE CLASSES DE SOLOS.....	18
Resumo.....	18
Abstract	19
2.1 Introdução.....	20
2.2 Materiais e Métodos.....	23
2.2.1 Descrição da área de estudo	23
2.2.2 Seqüência de Trabalho.....	23
2.2.2.1 Fase 1 - Base de Dados Pré-existente	23
2.2.2.2 Fase 2 - Modelagem de dados topográficos e correlação com solos	25
2.2.2.3 Fase 3 - Análise de dados espectrais na determinação dos limites das unidades de mapeamento.....	27
2.2.2.4 Fase 4 - Validação dos métodos na detecção dos limites de solos	27
2.3 Resultados e Discussões.....	28
2.3.1 Relação entre a distribuição espacial dos solos e os índices de relevo.....	28
2.3.2 Relação pontual entre índices de relevo e atributos físicos do solo	33
2.3.3 Distinção de classes de solos por análise de agrupamento hierárquico de Cluster	39
2.4 Conclusões	45
Referências	46
3 DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE ELEMENTOS DO SOLO POR TÉCNICA SECA E NÃO DESTRUTIVA.....	52
Resumo.....	52
Abstract	53
3.1 Introdução.....	54
3.2 Materiais e Métodos.....	57
3.2.1 Descrição da área de estudo	57
3.2.2 Processo Metodológico.....	58
3.2.2.1 Fase 1 - Obtenção do banco de dados para o desenvolvimento da fase 1.....	60
3.2.2.2 Fase 2 - Obtenção do banco de dados para o desenvolvimento da fase 2.....	63
3.3 Resultados e Discussões.....	64
3.3.1 Análise descritiva das variáveis dependentes utilizadas na geração das equações de regressão múltiplas.....	64
3.3.2 Determinação de atributos por espectrorradiometria	67
3.3.3 Validação das equações de regressão múltipla para estimativa de atributos dos solos.....	71
3.4 Conclusões	77
Referências	78
4 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DA SUPERFÍCIE DO SOLO POR IMAGENS DE SATÉLITE EM ÁREAS CULTIVAS COM CANA-DE-AÇÚCAR.....	83
Resumo.....	83
Abstract	84
4.1 Introdução.....	85

4.2	Materiais e Métodos.....	88
4.2.1	Descrição da área de estudo	88
4.2.2	Processo Metodológico.....	89
4.2.2.1	Fase 1 - Base de Dados Pontual.....	89
	Fase 2 -	93
4.2.2.2	Validação.....	93
4.3	Resultados e Discussões.....	95
4.3.1	Imagens da Classificação Supervisionada	95
4.3.2	Mosaicos das Imagens de Classificação Supervisionada	96
4.3.3	Utilização da classificação supervisionada para mapeamento da classe textural do solo em superfície	101
4.4	Conclusões	103
	Referências	104
5	USO MÚLTIPLO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO MAPEAMENTO DE SOLOS	108
	Resumo.....	108
	Abstract	109
5.1	Introdução.....	110
5.2	Materiais e Métodos.....	112
5.2.1	Descrição da área de estudo	113
5.2.2	Processo Metodológico.....	114
5.2.2.1	Fase 1 - Determinação de padrões a partir da área 1	115
5.2.2.2	Fase 2 - Aplicação dos padrões para a área 2.....	119
5.2.2.3	Fase 3 - Validação do mapa digital de solos	126
5.3	Resultados e Discussões.....	129
5.3.1	Quantificação dos atributos do Solo.....	129
5.3.2	Uso das curvas espectrais como indicadores para classificação de solos.....	133
5.3.3	Características gerais do Mapa Digital de solos (MDS) de solos e sua comparação com o Mapa Convencional (MC).....	137
5.4	Conclusões	143
5.5	Referências	145
	ANEXOS.....	154

RESUMO

Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos

A busca por elevados índices de produtividade agrícola, bem como a demanda constante pelo uso da terra tem cada vez mais realçado a importância do conhecimento do solo e de suas propriedades, o que se dá, principalmente, através dos levantamentos de solo. No entanto, a obtenção destas informações não é direta, sendo dispendiosa, morosa e pouco atrativa, refletindo-se na carência de profissionais especializados e, conseqüentemente, na ausência de levantamentos de solos em níveis detalhados. A continuidade na execução de levantamentos, em quaisquer níveis, depende principalmente do emprego de novas técnicas, sobretudo das técnicas de mapeamento digital. Essencialmente por este recurso oferecer agilidade e acuracidade, despertando também o interesse de novos pesquisadores. Inúmeros estudos em levantamentos de solos têm abordado e indicado o uso de dados geoespaciais (modelo digital de elevação, geomorfologia, entre outros) e produtos de sensoriamento remoto espectral (espectrorradiometria aos níveis de laboratório, campo e/ou orbital), porém não há trabalhos unindo estas técnicas de forma concisa, apurada e científica. Neste contexto, este trabalho visa, fundamentalmente, determinar um método que identifique e espacialize classes de solos utilizando múltiplas ferramentas, como o sensoriamento remoto (dados espectrais ao nível laboratorial e orbital), aspectos da paisagem (modelo digital de elevação, declividade, curvatura, rede de drenagem, e outros) e sistemas de informações geográficas (manipulação e cruzamento de informações), obtendo, como produto final, um mapa digital de solos.

Palavras-chave: Classificação do solo; Mapeamento do solo; Sensoriamento remoto; Sistema de informação geográfica; Solos

ABSTRACT

Multiple techniques in the digital soil mapping

The search for high levels of agricultural productivity and the constant demand for the use of land has emphasized the importance of knowledge of soil and its properties, mainly through of the soil mapping. However obtaining this information is not direct, beyond costly, slowly and not very attractive, reflecting on the lack of skilled professionals and in the absence of mappings at levels detailed. The continuity in the implementation of surveys on any level depends mainly on the use of new techniques, especially the digital techniques. Essentially this feature by offering speed and accuracy, also arousing the interest of new researchers. Studies on surveys of land have addressed and indicated the use of geospatial data (digital elevation model, geomorphology, among others) and products of spectral remote sensing (spectroradiometry at the laboratory, field and/or orbital levels), but there is no works uniting these techniques in a concise, accurate and scientific away. In this context, this work is aimed, primarily, determine a method that identifies and spatializing classes of soil using multiple tools, such as remote sensing (spectral data at laboratory and orbital), aspects of the landscape (digital model of elevation, slope, curvature, network of drainage, and others) and geographic information systems (crossing and manipulation of information), obtaining, as the final product, a digital soil map.

Keywords: Soil classification; Soil mapping; Remote sensing; Geographic information system; Soils

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

