



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**UNIDADES PEDOAMBIENTAIS DA REGIÃO DE SANTA
TEREZA, ESTADO DO TOCANTINS**

HELENA MARIA DE PAULA SANTANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2008**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**UNIDADES PEDOAMBIENTAIS DA REGIÃO DE SANTA TEREZA, ESTADO DO
TOCANTINS**

HELENA MARIA DE PAULA SANTANA

ORIENTADORA: MARILUSA PINTO COELHO LACERDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PUBLICAÇÃO: 279/2008

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

UNIDADES PEDOAMBIENTAIS DA REGIÃO DE SANTA TEREZA, ESTADO DO TOCANTINS

HELENA MARIA DE PAULA SANTANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE GESTÃO SOLO E ÁGUA.

APROVADA POR:

MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Doutora, Professora Adjunta
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília)
(ORIENTADORA) CPF: 434.760.586 – 20; E-mail: marilusa@unb.br

WENCESLAU J. GOEDERT, PhD. Professor Adjunto
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 005.799.550 – 87; E-mail: goedert@unb.br

EDSON EYJI SANO, Doutor, Pesquisador Associado
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 033.617.098 - 06; E-mail: sano@cpac.embrapa.br

BRASÍLIA/DF, 27 de FEVEREIRO de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Santana, Helena Maria de Paula
Unidades Pedoambientais da Região de Santa Tereza, Estado do Tocantins. /
Helena Maria de Paula Santana; orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda.
Brasília, 2008.
132p :il.
Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.
1. Solos do Tocantins. 2. Aptidão agrícola. 3. Pedoambientes. 4.
Sustentabilidade ambiental. I. Lacerda, M.P.C. II. Doutora.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTANA, H. M. P. **Unidades Pedoambientais da Região de Santa Tereza, Estado do Tocantins**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 132p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Helena Maria de Paula Santana

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Unidades Pedoambientais da Região de Santa Tereza, Estado do Tocantins.

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Helena Maria de Paula Santana

CPF: 471.206.901-59

SGAN 914, Conjunto H, Ap. 31D

70790-140 Brasília/DF – Brasil

Tel: (61) 9301-9488 / (62) 3289-6319 E-mail: helenasantan@uol.com.br

Dedico esta dissertação aos meus pais

Nicacio Rosa Santana e Maria Amélia de Paula Santana

Ofereço aos meus irmãos e sobrinhos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

À professora Marilusa, pela orientação durante estes dois anos de trabalho, contribuindo com minha inclusão na área da pesquisa.

Aos meus irmãos, pelo amor, carinho e pela paciência que tiveram comigo durante a realização deste trabalho.

Ao Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), na pessoa do Exmo. Presidente João Josué Batista Neto e seu sucessor Marcelo Falcão Soares, pelo apoio.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pela cessão da imagem de satélite utilizada neste estudo.

Ao meu amigo Marco Aurélio, que me ajudou muito com a troca de conhecimentos e informações.

Aos colegas da Coordenadoria de Geoprocessamento do NATURATINS, Carlos Sérgio, André Paulo, Sônia, Elisabeth, Bruno.

Aos professores e aos técnicos de laboratório, Sebastião e Lídia, minha amiga “doutoranda”, (Laboratório de Química de Solos – UnB), Oliveira e Catarina (Laboratório de Física de Solos – UnB) por me ajudarem a fazer as análises necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos do mestrado, Inara, Manuel, Iara, Patrícia, Raíssa. Uma amizade conquistada pelo convívio dos estudos e espero que perdure para sempre.

À Marina, pela elaboração do abstract da dissertação.

E a todos que me ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

ÍNDICE

Capítulos/Sub-capítulo	Página
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
II.1. Desenvolvimento Sustentável.....	03
II.2. Legislação Ambiental em Áreas Rurais	06
II.2.1.Histórico da Implantação do Sistema de Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural (SLAPR) na Amazônia Legal	08
II.2.2. Sistema de Licenciamento Florestal em Propriedade Rural (SLFPR) no Estado do Tocantins	08
II.3. Solos	09
II.4. Relação Solo-Paisagem	12
II.5. Uso e Ocupação das Terras	15
II.6. Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras	18
II.7. Avaliação do Uso e Ocupação das Terras	22
II.8. Sensoriamento Remoto.....	24
II.8.1. Processamento Dital de Imagens.....	27
II.8.2. Etapas de Processamento de Imagens	27
II.8.3. Algoritmo de Classificação Não Supervisionada ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Anaysis Technique)	29
II.9. Avaliação da Confiabilidade da Exatidão da Classificação	30
II.10. Geoprocessamento.....	32
III. OBJETIVOS.....	33
III.1. Objetivo Geral.....	33
III.2. Objetivos Específicos.....	33
IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

Capítulos/Sub-capítulos	Página
CAPÍTULO ÚNICO	
I. INTRODUÇÃO	50
II. MATERIAL E MÉTODOS	52
II.1. Caracterização da Área de Estudo	52
II.1.1. Seleção e Localização da Área de Estudo	52
II.1.2. Pedologia	54
II.1.3. Geologia.....	55
II.1.4. Geomorfologia.....	58
II.1.5. Clima Regional	59
II.1.6. Vegetação	59
II.2. Campanhas de Campo	59
II.2.1. Caracterização dos Solos	60
II.2.2. Análises Físicas	60
II.2.3. Análises Químicas	61
II.3. Caracterização do Relevo da Área Estudada	61
II.3.1. Altimetria	61
II.3.2. Declividade	62
II.4. Mapa de Uso e Ocupação da Terra.....	62
II.5. Avaliação da Confiabilidade da Exatidão da Classificação	66
II.6. Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras.....	67
II.7. Caracterização das Unidades Pedoambientais.....	69
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
III.1. Caracterização dos Solos da Área Estudada	69
III.1.1. Atributos Morfológicos dos Solos.....	69
III.1.2. Atributos Físicos dos Solos	70
III.1.3. Atributos Químicos dos Solos.....	80
III.1.4. Classificação dos Solos da Área Estudada	83
III.2. Caracterização do Relevo da Área Estudada.....	83
III.2.1. Altimetria	83
III.2.2. Declividade.....	86

III.3. Mapa de Uso e Ocupação das Terras	86
III.4. Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras	93
III.5. Relação entre Classe de Solos e Vegetação Nativa.....	98
III.6. Caracterização das Unidades Pedoambientais	99
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
V. CONCLUSÕES.....	108
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

INDÍCE DE TABELAS

Tabela	Página
CAPÍTULO GERAL	
Tabela 01. Simbologia Correspondente às Classes de Aptidão Agrícola das Terras, Segundo Ramalho Filho e Beek (1995)	21
Tabela 02. Principais Regiões ou Intervalos Espectrais Usados em Sensoriamento Remoto (Meneses, 2001).....	25
Tabela 03. Classificação dos Valores do Coeficiente Kappa, Segundo Landis e Koch (1977)	31
CAPÍTULO ÚNICO	
Tabela 01. Especificações Técnicas dos Mosaicos de Cenas GEOCOVER 2000.....	63
Tabela 02. Quadro-Guia de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (região de clima tropical-úmido).....	68
Tabela 03. Atributos Morfológicos dos Perfis dos Solos da Área de Estudo (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).....	71
Tabela 04. Resultados das Análises Físicas dos Perfis dos Solos Estudados (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).....	77
Tabela 05. Resultados das Análises Químicas dos Perfis dos Solos Estudados (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).....	81
Tabela 06. Quantificação das Áreas das Classes Altimétricas da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	85
Tabela 07. Quantificação das Áreas das Classes de Declividade da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	88
Tabela 08. Quantificação das Classes de Uso e Ocupação da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	92
Tabela 09. Quadro-Guia da Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (região de clima tropical-úmido), dos Solos da Área Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	94
Tabela 10. Caracterização das Unidades Pedoambientais da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
CAPÍTULO GERAL	
Figura 01. Alternativas de utilização das Terras de Acordo com os Grupos de Aptidão Agrícola, Segundo Ramalho Filho e Beek (1995)	20
Figura 02. Padrões de Resposta Espectral dos Principais Alvos da Superfície Terrestre. Fonte: Modificado de Lillesand e Kieffer (1994)	26
CAPÍTULO ÚNICO	
Figura 01. Localização da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Imagem TM/Landsat 5, 18/08/2008, Órbita/Ponto222/67)	53
Figura 02. Mapa de Solos da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Fonte: IBGE, 2006a).....	56
Figura 03. Mapa de Geologia da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Fonte:SEPLAN, 2005).....	57
Figura 04. Mapa de Classes de Altimétricas da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	84
Figura 05. Histograma de Frequência com a Porcentagem de Ocorrência dos Valores Altimétricos da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.....	85
Figura 06. Mapa de Classes de Declividade da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	87
Figura 07. Histograma de Frequência com a Porcentagem de Ocorrência dos Valores Declividade da Área de Estudo - Região de Santa Tereza, TO.....	88
Figura 08. Matriz de Erros da Classificação ISODATA da Imagem TM/Landsat 5 Ano 2006 da Área de Estudo.....	89
Figura 09. Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO	91
Figura 10. Mapa de Unidades Pedoambientais da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.....	107

ÍNDICE DE FOTOS

CAPÍTULO ÚNICO

Foto 01. Latossolo Vermelho Distrófico típico (Perfil 01) (Santana, H. M. P.; 07/03/2007).....	73
Foto 02. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (Perfil 03) (Santana, H. M. P.; 07/03/2007).....	73
Foto 03. Plintosso Pétrico Concrecionário Latossólico (Perfil 02) (Santana, H. M. P.; 07/03/2007).....	74
Foto 04. Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (Perfil 04) (Santana, H. M. P.; 08/03/2007).....	74
Foto 05. Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 05) (Santana, H. M. P.; 08/03/2007).....	75
Foto 06. Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 07) (Santana, H. M. P.; 07/03/2007).....	75
Foto 07. Neossolo Regolítico Distrófico típico (Perfil 06) (Santana, H. M. P.; 07/03/2007).....	76

ANEXO

Anexo 01. Descrições Morfológicas	118
---	-----

UNIDADES PEDOAMBIENTAIS DA REGIÃO DE SANTA TEREZA, ESTADO DO TOCANTINS

RESUMO GERAL

O estudo dos solos representativos de uma região, juntamente com a caracterização das suas relações com o relevo, geologia, uso, ocupação e aptidão agrícola das terras, permitem a estratificação da paisagem regional em unidades ambientais. O objetivo deste trabalho foi individualizar e caracterizar unidades pedoambientais, representativas do estado do Tocantins, com a finalidade de fornecer dados que possam ser usados na elaboração de planejamentos de uso sustentável das terras para auxiliar o atual Sistema de Licenciamento Florestal da Propriedade Rural (SLFPR) do Estado. A área de estudo foi selecionada em função da sua representatividade no Estado, em relação à ocorrência de classes de solos e relevo associadas ao uso e ocupação das terras, totalizando 622,24 Km². Foram selecionados sete perfis ao longo de um transecto pedológico, representativos das principais classes de solos, para a avaliação morfológica, física e química e posterior interpretação da aptidão agrícola das terras. Utilizou-se a geotecnologia, por meio dos Sistema de Informação Geográfica – SIG para obtenção dos mapas de classes de declividade e delimitação das unidades pedoambientais, além de técnicas de Sensoriamento Remoto para a elaboração do mapa de uso e ocupação das terras. Os sete perfis de solos foram classificados até o quarto nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, e sua respectiva aptidão agrícola foi avaliada. Quatro unidades pedoambientais foram caracterizadas, sendo a primeira delas destinada ao uso agrícola mais intensivo (lavouras), a segunda com ocupação destinada para pastagem plantada, a terceira destinada à conservação ambiental e a quarta recomendada para utilização com pastagem natural.

Palavras-Chave: Solos do Tocantins, aptidão agrícola, pedoambientes, licenciamento florestal, sustentabilidade.

PEDOENVIRONMENTAL UNITS OF THE SANTA TEREZA REGION, STATE IN TOCANTINS, BRAZIL.

GENERAL ABSTRACT

The study of representative soils of a region, together with the characterization of its relations with the relief, geology, use, occupation and agricultural suitability of the lands, allow the stratification of the landscape in regional environmental units. The objective of this work was to identify and characterize pedoenvironmental units, witch represents the State of Tocantins, Brazil, with the purpose of providing data that can be used in the preparation of sustainable landuse plans to help the current system of Forestry Rural Property Licensing (SLFPR) of the state. The study area was selected based on their representation in the State, in relation to the occurrence of soil classes and relief associated with the land use and occupation, totaling 622,24 km². It was selected seven profiles along a pedological transect, representative of the major soils classes, for morphological, physical and chemical evaluation, to subsequent interpretation of the agricultural land suitability. It was used geotechnology, through the Geographic Information System – GIS to obtain the slope classes and demarcation of pedoenvironmental units maps, and techniques of Remote Sensing, for the preparation of land use and occupation maps. The seven soils profiles were classified in the fourth level of categorical level of the SiBCS and the agricultural land suitability was evaluated. Four pedoenvironmental units were characterized, and the first was indicated for intensive agricultural use (crops), the second with occupation to planted pasture, the third for environmental conservation and fourth recommended for use with natural pasture.

Keywords: Soils of Tocantins, agricultural suitability, pedoenvironment, forestry licensing, sustainability.

I – INTRODUÇÃO GERAL

O Estado do Tocantins localiza-se na região norte do país e pertence à região denominada de Amazônia Legal, sendo a mais nova Unidade Federativa do Brasil, criado em 1988.

Apesar do grande desempenho dos governantes no sentido de implementar uma legislação ambiental eficiente no Estado, por ser ainda jovem, enfrenta muitas dificuldades pela falta de estudos mais aprofundados e sistematizados dos recursos naturais de sua territorialidade.

A gestão territorial e ambiental necessita de conhecimentos prévios a respeito de determinada região, sobretudo dos seus recursos naturais, uma vez que as tomadas de decisões podem ter efeitos de sustentabilidade ou de insustentabilidade e até mesmo de degradação ambiental.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2000) e Lobo (2002), para o estabelecimento de uma gestão sustentável dos recursos naturais, são necessários conhecimentos dos solos, da água, do ar, da vegetação e da fauna, considerando suas inter-relações, sinergismos e interdependências. O planejamento, como ferramenta de gerenciamento racional das atividades ambientais, econômicas e sociais, utiliza técnicas, instrumentos e metodologias que permitem prever situações futuras e ordenar espacial e temporariamente essas atividades. No caso do planejamento rural, que visa o desenvolvimento de uma produção agropecuária sustentável, é necessária a manutenção dos recursos naturais juntamente com a obtenção da produtividade almejada.

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras é um instrumento de planejamento de uso agrícola racional que indica o uso conservacionista das terras, otimizando-as pelo máximo de tempo possível, estabelecendo previsões do comportamento das mesmas quando usadas para propósitos específicos (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Em relação aos solos, existe uma série considerável de fatores que agem na formação e conservação dos mesmos como: a rocha matriz, o clima (particularmente a precipitação pluvial e temperatura), o relevo, o tempo e os seres vivos. Dentre estes últimos, destaca-se o homem, com a decisiva ação antrópica sobre os solos. A ação do homem pode ser positiva, com a utilização de práticas conservacionistas de manejo, ou negativa, provocando a degradação, com adoção de práticas de agricultura extrativista ou provocando perda de solos e dos seus nutrientes (Jorge, 1986).

Para que o homem possa praticar um bom manejo no solo agrícola, usufruindo-o sem desgastá-lo excessivamente, é preciso conhecer as características e propriedades físicas e químicas dos solos que proporcionam suporte, fonte de alimento, ar, calor e água às plantas que nele se desenvolvem (Jorge, 1986).

Outros instrumentos para a gestão ambiental são constituídos pelas políticas públicas, sendo elas de nível federal, estadual e municipal. Nesse sentido, as geotecnologias, especialmente o sensoriamento remoto, no amplo contexto das atuais e crescentes preocupações de sustentabilidade ambiental, vêm se constituindo como ferramenta imprescindível para o planejamento, uso e o monitoramento dos recursos naturais terrestres (Alvarenga et al., 2003), tornando-se possível graças ao desenvolvimento contínuo dos sistemas de observação da Terra.

Um dos principais produtos gerados pelo sensoriamento remoto são os Mapas de Uso e Ocupação das Terras, fornecendo informações da apropriação do espaço físico, indicando aos gestores ou pesquisadores, as regiões potenciais de equilíbrio ou desequilíbrio ambiental e suas inter-relações, direcionando ações de controle, fiscalização, monitoramento e pesquisa.

Com relação ao uso e ocupação das terras e desmatamento descontrolado, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) oficializou as condições de desmatamento da região da Amazônia Legal, mediante política pública, por meio da Portaria n. 303 de 30 de julho de 2003, sendo o que consta em seu Artigo primeiro: “As autorizações para desmatamento na Amazônia Legal serão concedidas mediante o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural (LAPR) a partir de 01/07/2004”, utilizando geotecnologias (Brasil, 2003).

Com a Portaria do MMA, o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural foi instituído no estado do Tocantins pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente n. 07 de 09 de agosto de 2005 e se constitui em: “definir as áreas de reserva legal e avaliar o estado de conservação das áreas de preservação permanentes (APP’s), das áreas de vegetação remanescentes, bem como a situação das áreas convertidas para uso alternativo do solo”. Esse procedimento foi denominado no estado do Tocantins de Licenciamento Florestal da Propriedade Rural - LFPR (Tocantins, 2005).

A metodologia atual do LFPR no Tocantins apresenta limitações, pois se preocupa principalmente com a cobertura vegetal, objetivando a diminuição dos desmatamentos. O sistema de licenciamento pode ser interpretado como um instrumento de gestão ambiental, podendo tornar-se mais eficiente se for implementada na sua metodologia a capacidade de uso dos

recursos naturais, particularmente os solos, por intermédio de planejamentos de uso e ocupação das terras, utilizando como base a avaliação da aptidão agrícola das terras.

Segundo Resende e Rezende (1983) o solo, em relação ao clima, à geologia e a outros fatores ambientais, é considerado como o melhor estratificador de ambientes. Por essa razão, considera-se que o conhecimento detalhado das características dos domínios pedológicos associados às unidades geológicas e geomorfológicas de uma determinada área pode fornecer dados importantes para o planejamento e a conservação dos recursos naturais (Resende et al., 2007). Os pedoambientes constituem unidades importantes de avaliação de uma região, por representarem a caracterização conjunta dos recursos naturais associada ao uso e ocupação antrópica.

Guerra e Cunha (1996) argumentaram que o estudo dos pedoambientes integra uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em quaisquer dessas unidades podem gerar alterações no meio ambiente.

Dessa forma, considera-se que a definição, caracterização e delimitação de unidades pedoambientais representativas do estado do Tocantins e sua implementação no LFPR pode se tornar um instrumento de gestão e monitoramento ambiental mais eficiente, adotando metodologias que auxiliem no planejamento e gestão racional dos recursos naturais, visando o desenvolvimento sustentável das terras no Estado.

Diante destas abordagens, este trabalho objetivou a definição, caracterização e a delimitação de unidades pedoambientais em uma área piloto representativa da distribuição de solos na paisagem do estado do Tocantins, a fim de subsidiar dados para planejamentos de uso sustentável das terras, que possam ser implementadas no atual sistema de LFPR no estado do Tocantins, visando melhorar sua eficiência como instrumento de gestão ambiental e como política pública.

II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 – Desenvolvimento Sustentável

Desenvolvimento sustentável, termo utilizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas em 1988 no relatório *Nosso Futuro Comum*, pode ser definido como: “...aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem

comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem às suas próprias”, considerado mais que um conceito, pois transmite o desejo de mudança de paradigma da exclusão social e do uso insustentável dos recursos naturais (MMA, 2000).

O desenvolvimento sustentável deve significar desenvolvimento social e econômico estável e equilibrado, com mecanismos de distribuição das riquezas geradas e com capacidade de considerar a fragilidade, a interdependência e as escalas de tempo próprias e específicas dos elementos naturais, gerando riquezas, utilizando os recursos naturais de modo sustentável e respeitando a capacidade de recuperação e recomposição desses recursos, criando mecanismos que permitam o acesso a esses recursos por toda a sociedade. Na prática, implica mudança de comportamento pessoal e social, além de transformações nos processos de produção e de consumo (MMA, 2000).

Sob essa perspectiva, a Agenda 21 Brasileira é um processo e instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável e que tem como eixo central a sustentabilidade, compatibilizando a conservação ambiental com a justiça social e o crescimento econômico. As diretrizes da Agenda 21 foram estabelecidas com ampla consulta popular brasileira, portanto, trata-se de um instrumento fundamental na construção de uma ecocidadania no país (MMA, 2000).

A gestão ambiental consiste em um conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos para proteger a integridade dos meios físicos e bióticos, bem como a dos grupos sociais que deles dependem. Suas atividades envolvem o monitoramento, o controle e a fiscalização do uso dos recursos naturais, bem como o processo de estudo, avaliação e licenciamento de atividades potencialmente poluidoras.

Em se tratando especificamente da gestão dos recursos naturais (solo, água, vegetação, fauna, ar, entre outros), uma particularidade da gestão ambiental, em um determinado espaço físico, tais como uma bacia hidrográfica, uma região ou uma localidade, é indispensável considerar a sinergia que existe entre seus recursos naturais e buscar orientar seus respectivos usos, de modo a respeitar essa interação. A ação antrópica é o primeiro passo na geração de efeitos em cascata sobre os recursos naturais. A conversão da cobertura vegetal primária para uso antrópico das terras (desmatamento, seguido de uso das terras), influencia diretamente na regulamentação hídrica, provocando degradação das bacias hidrográficas, erosão, perda de fertilidade dos solos, contribuindo para a desertificação, além de interferir no processo de

mudanças climáticas. Os fatores naturais (solo, água, ar, vegetação e fauna) interagem entre si de modo sistêmico, fazendo com que uma alteração sobre qualquer um desses fatores tenha repercussão imediata sobre todos (MMA, 2000).

O solo, um dos recursos naturais, quando em seu estado natural, tem um equilíbrio dinâmico, com interações contínuas entre seus componentes físicos, químicos e biológicos. O uso do solo, para qualquer finalidade, resulta, em geral, na quebra desse equilíbrio. No entanto, quando usado racionalmente, de acordo com sua aptidão e com adoção de técnicas de manejo apropriadas, o solo atinge um novo estado de equilíbrio que pode ser estável e produtivo (MMA, 2000).

Cada vez mais, o solo vem sofrendo uma crescente pressão decorrente da falta de planejamentos sustentáveis das terras. Tal situação é preocupante, na medida em que o solo é um recurso natural finito e não-renovável, se considerado em uma escala temporal compatível com a intervenção humana. Estudos têm comprovado que o uso intensivo e manejos inadequados no uso do solo podem resultar em sua degradação. Portanto, concentrar esforços no planejamento e gestão do uso deste recurso natural é vital para a agricultura sustentável (MMA, 2000).

A Revolução Verde, modelo industrial-produtivista de apropriação da natureza, trouxe, num primeiro momento, o aumento da produção e produtividade, notadamente nos produtos de exportação. O incremento no uso de insumos, máquinas e da expansão de monocultivos levou a degradação de grandes áreas superficiais, muitas delas abandonadas depois de poucos anos de cultivo. O agravamento desse quadro se deu com a intensificação da produção em áreas inaptas, ou acima da capacidade de uso agropecuário, reduzindo, assim, a capacidade produtiva das terras ao longo do tempo. Tal fato se deve à falta de uma visão abrangente entre produtividade e estabilidade dos ecossistemas tropicais, ou seja, sustentabilidade (Ferraz, 2003).

O conceito de agricultura sustentável abrange diversas visões que refletem o conflito existente na sociedade. Congrega, desde uma maioria que considera a possibilidade de uma simples adequação do atual sistema de produção (industrial-produtivista), até aqueles que propõem a possibilidade de promover mudanças estruturais – incluindo os aspectos ambientais, econômicos e sociais em todo o agroecossistema (Redclift, 1987; Goodman e Redclift, 1991).

A proposta para a agricultura sustentável contempla a conservação dos recursos naturais, a utilização de tecnologias apropriadas, bem como a viabilidade econômica e social (Peters e Stanton, 1991).

II. 2 – Legislação Ambiental em Áreas Rurais

O Direito Agrário Brasileiro tem, como lei básica, o Estatuto da Terra, Lei 4.504, de 30 de novembro de 1964, que encontra seu embasamento na função social da propriedade (Chagas, 2005). O Estatuto da Terra preocupa-se em conceituar a função social, indicando, no próprio texto legal, os seus requisitos, tal como descrito no Artigo 2º: “É assegurada a todos a oportunidade de acesso à terra, condicionada pela sua função social, na forma prevista nesta lei”; §1º: “A propriedade da terra desempenha integralmente a sua função social quando, simultaneamente: a) favorece o bem estar dos proprietários e dos trabalhadores que nela habitam, assim como suas famílias; b) mantêm níveis satisfatórios de produtividade; c) assegura a conservação dos recursos naturais; d) observa as disposições legais que regulam as justas relações de trabalho entre os que a possuem e a cultivam” (Brasil, 1964). Segundo Garcia (2007), o Estatuto da Terra é considerado bem atual, no sentido em que abrangem os direitos e deveres dos empregadores e dos empregados com uma obrigação de conservação dos recursos naturais, sendo esta lei uma referência de pesquisa para países como Espanha, Itália e França.

Um ano após a criação do Estatuto da Terra, foi gerado o Código Florestal, Lei Federal 4.771 de 15 de setembro de 1965, para a proteção das florestas, que instituiu no seu Artigo 2º “As Áreas de preservação Permanente (APP’s), considerando, na forma de lei, as florestas e demais formas de vegetação natural (Brasil, 1965), aquelas vegetações localizadas nas seguintes condições ambientais: situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água, nas nascentes e olhos d’água, ao redor de lagos, lagoas e reservatórios d’água naturais ou artificiais, no topo de morros, montes, montanhas e serras, nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45° e equivalente a 100% na linha de maior declive, nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues, nas bordas de tabuleiros ou chapadas, em altitudes superiores a 1.800 metros e em áreas metropolitanas”. Já em seu Artigo 16º, instituiu as “áreas de reserva legal, entendida como a área de cada propriedade com cobertura vegetal, que é destinada à preservação ambiental, onde não é permitido o corte raso e com a proibição da derrubada de árvores, constituindo no mínimo 20% da área da propriedade (regiões Leste Meridional, Sul e parte do

Centro-Oeste do Brasil). No Art. 44^o, para a área compreendida na Amazônia Legal, ficou estipulado em 50%. As reservas legais devem ser averbadas à margem da inscrição de matrícula do imóvel, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão a qualquer título ou desmembramento da área.

Quanto às áreas destinadas a reservas legais na Amazônia Legal que compreende as áreas de floresta passou a ser exigido 80% da área da propriedade, já para as áreas de Cerrado deve ser de 35% o percentual destinado a reserva legal (Brasil, 2001).

A partir do estabelecimento do Estatuto da Terra e do Código Florestal, as leis referentes ao ambiente rural e aos recursos naturais tornaram-se mais dinâmicas em vistas às novas demandas de produção econômica e preservação, principalmente após a Conferência das Nações Unidas no Brasil, a ECO 92. Entre elas, pode-se citar a Lei 6.938/81, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981); as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), número 01/86, que estabeleceu os Estudos de Impactos Ambientais (CONAMA, 1986) e 237/97, que instituiu o Licenciamento Ambiental, contemplando a atividade agrícola (CONAMA, 1997).

O CONAMA, considerando a necessidade de regulamentar o Art. 2^o da Lei 4.771/65 (Código Florestal) e considerando ainda a função ambiental das Áreas de Preservação Permanente de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas, no presente e no futuro, instituiu, por meio da Resolução n^o. 302/2002, que trata do estabelecimento de parâmetros, definições e limites das APP's de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, bem como a Resolução n^o. 303/2002 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites sobre Áreas de Preservação Permanente (CONAMA, 2002a e b).

A Constituição Federal de 1988, além de abrigar o princípio da função social, acrescentou a preocupação com a preservação do meio ambiente. Destacam-se, neste contexto, as enormes atribuições conferidas aos poderes públicos, como a competência da União, Estados e Municípios (Marques, 2004).

Para gerir tais competências legais, necessita-se de instrumentos eficientes. No Estado do Tocantins (TO), o órgão responsável em executar a política ambiental é o Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) e uma das atribuições da Coordenadoria de Ordenamento Florestal é o Licenciamento Florestal da Propriedade Rural (LFPR).

II. 2.1 – Histórico da Implantação do Sistema de Licenciamento Ambiental em Propriedade Rural (SLAPR) na Amazônia Legal.

O SLAPR foi desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente do Mato Grosso (FEMA/MT) em 1998, com o objetivo de monitorar e controlar o desmatamento ilegal naquele Estado, utilizando geotecnologias (Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas) como metodologia principal (Pereira, 2006). Como os resultados dessa metodologia foram promissores, o MMA transformou-a em Política Pública, com abrangência para a Amazônia Legal, com base nas Resoluções do CONAMA 01/86 e 237/97 e Portarias do MMA utilizando o Licenciamento Ambiental para a atividade agropecuária, para exigir que todas as propriedades rurais em atividade fossem ambientalmente licenciadas.

Por meio da Portaria MMA nº 203/2001, ficou instituído o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural (LAPR) em 43 municípios nos estados de Mato Grosso, Rondônia e Pará, exigindo que a autorização de desmatamento fosse emitida somente nas propriedades rurais licenciadas a partir de 1º de janeiro de 2002. Em 4 de março de 2002, o MMA, por meio da Portaria 94, instituiu o LAPR para todos os municípios da Amazônia Legal, entrando em vigor a partir de 1º de agosto de 2002. Finalmente, em 30 de julho de 2003, pela Portaria 303, ocorreu a efetivação do Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural, onde as autorizações para desmatamento seriam concedidas mediante o mesmo, a partir de 01/07/2004. Essa portaria visa a diminuição da taxa de desmatamentos, o controle e o monitoramento por meio de geotecnologias, sendo a propriedade rural, a unidade de monitoramento (Pereira, 2006).

Trata-se de uma política e de um instrumento ainda recente, em vias de adaptações e ajustes, oriundas da tecnologia adotada e das rotinas de efetivação.

II. 2.2 – Sistema de Licenciamento Florestal em Propriedade Rural (SLFPR) no Estado do Tocantins.

Com as Portarias do MMA, o Sistema de Licenciamento Florestal em Propriedade Rural (SLFPR) foi instituído no estado do Tocantins pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) de nº. 06/2004 e alterada pela nº. 07/2005 e se constitui em: “definir as áreas de reserva legal e avaliar o estado de conservação das áreas de preservação permanentes

(APP's), das áreas de vegetação remanescentes, bem como a situação das áreas convertidas para uso alternativo do solo” (Tocantins, 2005).

A partir do ano de 2004, o Estado do TO deu início a essa política, em que, além dos vários documentos exigidos no ato do requerimento do licenciamento, tornou-se necessário a apresentação de uma carta-imagem da propriedade rural, constando a atual situação da propriedade em termos de delimitação e quantificação do limite da propriedade, da reserva legal, APP's, áreas remanescentes e áreas em uso antrópico (áreas onde a vegetação primária já foi convertida), no caso de presença de áreas ambientalmente protegidas (reserva legal e APP's) já degradadas, estas devem ser informadas, para que ações sejam tomadas para sua recuperação. A carta imagem é apresentada em formato analógico e digital, as quais são anexadas ao processo. Quando o LFPR é aprovado, os dados digitais passam a fazer parte do banco de dados do Órgão, possibilitando que a propriedade rural seja monitorada (Tocantins, 2005).

O modelo atual de LFPR no estado do Tocantins apresenta limitações, pois leva em consideração somente a cobertura vegetal, visando a diminuição dos desmatamentos. Está formatado sem a caracterização dos demais recursos naturais, particularmente o solo, cuja avaliação é necessária para atingir o uso sustentável das terras.

II. 3 – Solos

A gênese do solo é à parte da ciência denominada de pedologia, que trata dos fatores e dos seus processos de formação. Inclui a descrição e a interpretação de perfis dos solos, pedons e polipedons na superfície da terra, em associação com as atividades de classificação (Buol et al., 1973). Os conhecimentos de gênese favorecem muito a compreensão da distribuição do solo na paisagem (Resende et al., 2007).

O solo é um corpo tridimensional da paisagem, resultante da ação combinada de vários processos pedogenéticos (adições, perdas, transformações e translocações) e depende da intensidade de manifestação dos fatores de formação ativos, clima e organismos, sobre o material de origem, condicionados pelo relevo, durante certo período de tempo. As inúmeras combinações de intensidades de manifestação desses fatores determinam a formação de vários tipos de solos, que apresentam composição e comportamentos físicos e químicos diferenciados (Resende et al., 2007).

Os fatores de formação do solo associados às classes de processos de formação (latolização, podzolização, calcificação, hidromorfismo e halomorfismo), expressam atributos (constituição, cor, textura, estrutura, cerosidade, porosidade, consistência, cimentação, pedoclima, pedoforma e outros) peculiares de cada classe de solo. Estes processos pedogenéticos ocorrem em diferentes graus de combinações, promovendo a diferenciação dos horizontes pedológicos ao longo tempo (Resende et al., 2007). As classes de solos são individualizados por meio de atributos morfológicos e análises laboratoriais.

O solo é considerado como uma entidade natural e parte integrante do ambiente, que expressa os efeitos das condições ambientais, que prevaleceram ou que ainda prevalecem na sua ambiência, como a quantidade e a intensidade da chuva, radiação solar, temperatura, umidade, declividade do terreno, formações geológicas, comunidade de plantas que nele se desenvolvem, entre outros, afetando a natureza do solo em cada local (Palmieri e Larach, 1996).

Dentre as quatro condições básicas à vida na Terra, o solo é uma delas, juntamente com a água, ar e luz solar, onde, entre as atividades relacionadas à preservação ambiental, destacam-se às de conservação dos solos usados para agricultura. Quando desprovido de sua vegetação natural, o solo fica exposto a uma série de fatores que podem levar à sua degradação. O desgaste acelerado sempre existirá se o agricultor não tiver o devido cuidado em adotar práticas conservacionistas de manejo dos solos. Essas práticas quebram um aparente conflito ecológico que existe entre a agricultura e o equilíbrio do meio ambiente, reduzindo significativamente a erosão nos solos (Lepsch, 2002). Os fundamentos de conservação das terras são: a) usá-la de acordo com sua capacidade; e b) protegê-la conforme sua necessidade (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Segundo Resende et al. (2007), a ação do homem pode influenciar na manutenção do solo e de sua fertilidade e principalmente na degradação ambiental, devido à utilização de práticas agrícolas, florestais e/ou pastoris não adequadas às condições edafo-ambientais. A degradação decorrente de modificações ambientais introduzidas pelo homem, no processo de utilização dos recursos naturais, pode provocar a erosão ou contaminação dos solos e água, estando relacionada, principalmente com: ocupação inadequada, urbanização, desmatamento indiscriminado, mineração, aplicação irracional de agrotóxicos, utilização de terras desrespeitando a aptidão agrícola ou mesmo com uso além da sua capacidade produtiva, uso de práticas inadequadas de preparo e manejo de solos e água. Guerra e Cunha (1996) destacaram que o homem tem

participado como agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrio da paisagem. Portanto, a importância dos estudos edafo-ambientais e levantamento de solos são ferramentas vitais para o planejamento ordenamento e/ou reordenamento e ocupação das terras (Palmieri e Larach, 1996).

Segundo o Atlas do Tocantins (SEPLAN, 2005), os solos do estado estão distribuídos em: Solos Concrecionários (22,8%), Latossolos (22,1%), Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas - 18,9%), Plintossolos (11,1%), Argissolos (Podzólicos - 10,1%), Neossolos Litólicos (Solos Litólicos - 8,4%), Solos Hidromórficos (5,1%) e Cambissolos (1,5%).

As principais características desses solos no estado do Tocantins são:

- 1) Latossolos – compreende solos com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, ricos em sesquióxido de Ferro e Alumínio, de textura argilosa ou média. São solos espessos, muito porosos, álicos e fortemente ácidos, poucos férteis, com fraca distinção entre os horizontes e com baixa saturação de bases. A estrutura é granular fraca a moderadamente desenvolvida, sendo friável a muito friável. São solos muito evoluídos, em estágio avançado de intemperização, como resultado de intensas transformações no material de origem. São destituídos de minerais primários ou secundários facilmente intemperizáveis. Representam os Latossolos das regiões equatoriais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo por superfícies de erosão, em relevo plano e suave ondulado. Basicamente, a diferença entre os Latossolos Vermelhos e Latossolo Vermelho-Amarelo é a distinção da cor em decorrência de presença de hematita e goethita, respectivamente.
- 2) Plintossolos - compreende solos minerais, formados sob condições de restrição a percolação de água (horizonte plíntico a litoplíntico) sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados. São solos fortemente ácidos, com saturação de bases baixa e atividade da fração argila baixa. São típicos de zonas quentes e úmidas, normalmente com estação seca bem definida, ou que apresente um decréscimo acentuado do período de chuvas.
- 3) Argissolos - são constituídos por material mineral, que tem como características diagnósticas a presença de horizonte B textural, com argila de atividade baixa, conjugada com saturação de bases baixa ou caráter álico.

- 4) Cambissolos - são constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Comporta solos fortemente a imperfeitamente drenados, geralmente rasos, com alta a baixa saturação de bases, em função do material de origem, desenvolvendo em declividades mais acentuadas.
- 5) Neossolos - Compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário, devido a baixa atuação dos processos pedogenéticos. Não apresenta qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.
- 6) Neossolos Quartzarênicos - Apresenta horizonte A sobre C, muito arenoso, com texturas areia e areia franca em todos os horizontes. São essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, e ausência de minerais primários alteráveis.
- 7) Neossolos Litólicos - São solos rasos, pouco desenvolvido com horizonte A sobre a R (rocha) ou sobre horizonte C ou Cr. Apresenta um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo.

II. 4 – Relação Solo-Paisagem

A definição de paisagem transcende vários séculos, sendo que existem variações nos conceitos conforme as diversas ciências que os elabora e na escala de estudo, mas há também parâmetros mais ou menos comuns mantidos nas definições (Maximiano, 2004). Entretanto se nota-se uma grande influência da geomorfologia no estudo da paisagem.

Dokutchaeu, na Rússia, no século XIX, definiu a paisagem como o Complexo Natural Territorial, identificando as estruturas da natureza por meio dos componentes do meio físico (Maximiano, 2004).

A geografia física, a partir dos anos 80, considera que os componentes físicos e bióticos da paisagem (solo, relevo, água, clima, vegetação e outros) juntamente com a atuação do homem, transformam o espaço geográfico. A paisagem, neste contexto, ganha uma visão multidisciplinar, visto que são várias as ciências que se ocupam em estudar os diversos componentes do meio físico e biológico e suas relações com o homem, almejando que a utilização destes recursos pelo homem seja de forma racional, incorporando as idéias do desenvolvimento sustentável.

A compartimentação da paisagem em diversas nomenclaturas tem sido definida conforme o objetivo proposto e pelo conhecimento específico de cada autor, bem como da multidisciplinaridade envolvida no mesmo.

Com o intuito de estratificar o ambiente de forma que sua utilização seja viável e sustentável, vários trabalhos têm sido desenvolvidos, por meio de geoprocessamento, com as seguintes denominações: Unidade Territorial Básica (Crepani et al., 2001), Pedossistemas (Resende et al., 2002), geoambientes (Dias et al., 2002; Soares et al., 2007), geoformas e Pedoformas (Ippoliti et al., 2005; Lacerda et al., 2006; Barbosa, 2007), Unidades da Paisagem (Bernardes, 2006), Unidades Geoambientais (Martins et al., 2006), entre outros.

Crepani et al. (2001) desenvolveram uma metodologia para gerar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo, com o objetivo de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia e de outras regiões do país. Para isso, utilizaram imagens de sensoriamento remoto para delimitar as Unidades Territoriais Básicas (UTB), compostas por unidades de paisagem natural e áreas de intervenção antrópica. Para cada UTB, foi feita uma classificação quanto ao grau de vulnerabilidade, baseada nos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977) em relação aos processos de morfogênese e pedogênese, advindas das informações do meio físico (informações temáticas de mapas geológicos, pedológicos e geomorfológicos) e de uso das terras de uma determinada região, possibilitando assim, a geração da carta de vulnerabilidade natural à perda dos solos.

Com o intuito de contribuir para o estudo da biodiversidade da Mata Atlântica, dentro de uma visão pedológica, Resende et al. (2002), separaram dez grandes ambientes que permitiram uma melhor compreensão do ecossistema. Os principais ambientes estratificados com base nos solos (fragilidades em nutrientes e água disponível), denominados de Pedossistemas, foram: 1) Áreas de solos húmicos nas partes mais elevadas; 2) Áreas com grandes afloramentos de rochas e 3) Áreas acidentadas com solos pobres e com estresse hídrico pronunciado.

Dias et al. (2002) identificaram, mapearam e caracterizam oito Geoambientes no Parque Estadual de Ibitipoca (MG), com objetivo de subsidiar o manejo ecológico da área. O termo "Geoambiente" foi definido como ambiente geográfico, que em uma extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse ou a maioria deles. Os oito Geoambientes mapeados e os solos associados foram: 1) Patamares com espodossolos - Espodossolos; 2) Cristas ravinadas - Afloramentos de rochas e Neossolos

Litólicos; 3) Escarpas - Afloramentos de rochas e Neossolos Litólicos ; 4) Grotas - Espodossolos e Organossolos; 5) Mata baixa com candeia – Cambissolos álicos; 6) Mata alta sobre xistos – Cambissolos de caráter latossólico; 7) Topos aplainados - Cambissolos húmicos e 8) Rampas com vegetação aberta – Cambissolos álicos e húmicos. A vegetação em cada geoambiente está fortemente associada à profundidade do solo e a permanência de água no sistema.

Estudando as características físicas da bacia do Rio Preto, que constitui o divisor leste do Distrito Federal com os estados de Goiás e Minas Gerais e compartimentando as unidades de paisagem em Geoambientes, Soares et al. (2007) conseguiram valorar os Geoambientes por intermédio do valor agregado que os pivôs instalados podem proporcionar aos Geoambientes. Foram cinco os Geoambientes mapeados e 217 pivôs catalogados, que possibilitaram calcular o valor agregado que cada pivô proporciona nos Geoambientes. As condições favoráveis à agricultura, como relevo e fertilidade são evidentes quanto à instalação dos pivôs. Os Geoambientes que abrigam maior concentração de pivôs e conseqüentemente com maiores valores agregados seguem respectivamente: 1) Planaltos retocados com 169 pivôs (solos férteis e relevo plano); 2) Superfície de acumulação com 36 pivôs (relevo plano, disponibilidade de água e solos relativamente férteis); 3) Zonas de lineamentos II (cristas e lineamentos com grande declividade), com 12 pivôs; 4) Zonas de dissecação e 5) Zonas de lineamentos I que não obtiveram valor agregado pela ausência de pivôs instalados (relevo bastante movimentado).

Utilizando Modelos Digitais dos Terrenos (MDTs), Ippoliti et al. (2005) e Barbosa (2007), estabeleceram nas áreas de estudos, na região de “Mar de Morros” em MG e no Distrito Federal, respectivamente, as Geoformas e em seguida, relacionaram com as classes de solos dominantes, estabelecendo as Pedoformas correspondentes.

Lacerda et al. (2006), em estudos da distribuição de solos na Estação Ecológica de Águas Emendadas – DF, propuseram relações entre solos e as formas da paisagem ou Geoformas, denominadas de Pedoformas. Foram nove as Pedoformas mapeadas: 1) Chapadas elevadas (1.160 a 1.195 m); 2) Rebordo suave (1.045 a 1.160 m); 3) Rebordo Entalhado (1.045 a 1.160 m); 4) Escarpa (1.160 a 1.195m); 5) Plano intermediário, com 0 a 2% de declividade (935 a 1.045 m); 6) Plano intermediário, com 2 a 8% de declividade (935 a 1.045 m); 7) Vale da vereda (1.035 m); 8) Encostas dos vales, com declividades podendo atingir 45% ; e 9) Morros residuais (1.065 m).

Com o objetivo de fornecer um melhor entendimento das relações solo-geomorfologia, Campos et al. (2006) apresentaram os vários aspectos de alguns modelos de paisagem no

levantamento pedológico, entre eles o Modelo de Elevação Digital (MED) e técnicas geoestatísticas. Avaliaram como cada modelo contribui para entender as relações entre o solo e a topografia. Ressaltaram que as Pedoformas, sendo lineares, côncavas ou convexas, permitem a compreensão do comportamento diferenciado dos atributos dos solos em relação à sua posição na paisagem.

Na caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra, em Minas Gerais, Bernardes (2006) compartimentou o ambiente em quatro Unidades de Paisagem. Cada unidade apresenta características do meio físico e de ocupação peculiares, com predominância de classes específicas de geologia, solos, declividade, altitude e ocupação, sendo elas: Unidade 1- Zona de acumulação; Unidade 2- Zona de aplainamento; Unidade 3- Zona de dispersão e Unidade 4 - Zona periférica dômica.

No interior da planície do Médio Araguaia, no município de Lagoa da Confusão, TO, Martins et al. (2006) compartimentaram a área de estudo, onde se localiza um tipo de fragmento florestal natural denominado de “Ipucas”, uma região de ecótono entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, em Unidades Geoambientais, a fim de melhor compreender as relações solos-geoambientes. Ao longo de um transecto, foram estudados os principais elementos do solo, do relevo e da geologia, permitindo a identificação de Geoambientes, ou Unidades Geoambientais, sendo elas: a) Ipucas; b) Varjão sujo; c) Varjão limpo; d) Cristas calcárias; e) Patamares laterizados do Médio Araguaia; f) Níveis colinosos com cerrado e g) Zonas ripárias.

II. 5 - Uso e Ocupação das Terras

A FAO (1976) considerou, como terra, “um seguimento da superfície terrestre definido no espaço e reconhecido em função de suas características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo a atmosfera, solo, geologia, hidrologia e resultados das atividades humanas”.

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1999), as classes de uso das terras podem ser definidas como unidades simples ou associações de classes, dependendo do espaço estudado e da escala de trabalho.

As informações de uso e ocupação das terras no Brasil vem sendo adquiridas por meio do uso de imagens de satélite. Muitos pesquisadores têm utilizado essa tecnologia como instrumento para obtenção rápida e precisa de informações do espaço geográfico, tornando possível o

monitoramento das mudanças nas paisagens. Adotado como instrumento de gestão, o monitoramento do uso e ocupação das terras vêm tornando possível o acompanhamento e a detecção de mudanças de comportamento na apropriação do espaço rural e urbano.

De acordo com Araújo Filho et al. (2007), a obtenção de informações detalhadas do espaço geográfico é imprescindível para atividades de planejamento e tomada de decisão. Nesse aspecto, os mapas de uso e ocupação das terras são indispensáveis para o planejamento regional e local do terreno. Apesar de sua importância, não há no Brasil um referencial formal para o desenvolvimento de sistemas de classificação de cobertura das terras. Como consequência, cada instituição tende a desenvolver ou utilizar um sistema que melhor atenda seus interesses, dificultando a compatibilização e a integração regional das informações espaciais.

Ferreira (2006) relatou alguns sistemas de classificação de uso e ocupação das terras que foram desenvolvidos, entre eles: o proposto por Anderson et al. (1979), com quatro níveis de classificação; o de Jensen (1983), também com quatro níveis de classificação; o CORINE Land Cover - Coordination of information on the environment (1992) com três níveis; o do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (1999), que publicou o Manual técnico de uso das terras, com quatro níveis: 1) nível exploratório, com as escalas 1:2.500.000 a 1:1.000.000; 2) nível de reconhecimento, com escalas de 1:1.000.000 a 1:250.000; 3) nível de semi-detalhe, com escalas de 1:100.000 a 1:25.000; 4) nível de detalhe, com escalas maiores que 1:25.000. Todos esses sistemas tiveram suas próprias peculiaridades, devido ao período em que foram realizados, e ainda devido à tecnologia disponível naquele momento.

Tendo em vista a dificuldade de sistematização de dados, Araújo Filho (2007), propôs um sistema hierárquico de classificação, utilizando imagens do satélite Landsat 7 no Distrito Federal, podendo ser utilizado para as demais regiões. O sistema hierárquico contempla quatro níveis de detalhamento nas escalas de: 1:1.000.000; 1:500.000; 1:250.000 e 1:100.000.

Já Santos (2006) desenvolveu um sistema mais detalhado de classificação em relação à Araújo Filho (2007), chegando até as escalas de semi-detalhe de 1:50.000 e 1:25.000, trabalhando com imagens de sensores remotos diferentes e com melhores resoluções espaciais, proporcionado a melhoria na escala do mapeamento.

Borges et al. (1993) utilizaram fotografias aéreas de 1978 e imagens orbitais do satélite Landsat 5 do ano de 1991 para a realização do mapeamento do uso das terras em Santa Bárbara D'Oeste, SP. Optaram por uma chave de interpretação na definição da legenda para os dois

mapeamentos correspondentes ao uso de fotografias aéreas e imagem Landsat 5, e concluíram que as primeiras proporcionaram um melhor detalhamento devido à melhor escala do produto (1:35.000), enquanto que nas imagens de satélite, para as bandas trabalhadas, a que melhor respondeu na identificação do uso das terras foi a banda 3 e a melhor composição colorida foram com as bandas 3, 4 e 5 em uma escala 1:100.000. Para os dois períodos trabalhados (1978 e 1991), constataram que a área de ocorrência de cana-de-açúcar permaneceu a mesma, as áreas de mata e pastagem diminuíram, enquanto que as áreas de reflorestamento e ocupação urbana aumentaram.

Andrade e Oliveira (2004), mediante estudos de uso e ocupação das terras em parte do sertão semi-árido cearense, utilizando geoprocessamento, observaram que no período de dez anos (1985 a 1994), a substituição da cobertura vegetal por ações antrópicas aumentou a degradação em diferentes unidades fitoecológicas, com a diminuição da biodiversidade, acompanhadas por um decréscimo das formações vegetais.

Segundo Adami et al. (2007), o mapeamento realizado da evolução dos usos e coberturas das terras na bacia do ribeirão das Anhumas, Campinas (SP), permitiu conhecer a intensidade da ocupação das terras e os processos de substituição dos usos agrícolas pela urbanização e o aumento da densidade desta, ao longo dos anos de 1962, 1972 e 2005.

Estudos de uso e ocupação das terras têm subsidiado o monitoramento da qualidade das águas superficiais. Existe uma relação direta entre as atividades agrícolas praticadas em determinadas áreas e os princípios ativos de agrotóxicos encontrados no monitoramento dos cursos d'água, onde não ocorrem o planejamento conservacionista das terras, não levando em conta as práticas adequadas de manejo e a legislação ambiental pertinente. Um dos trabalhos dessa natureza foi desenvolvido por Bortoluzzi et al. (2006), numa microbacia hidrográfica de Agudo (RS). Os autores concluíram que, na unidade de paisagem com presença de lavoura com fumo, com mata ciliar reduzida, foi detectado a presença de agrotóxicos, em pelo menos uma época do cultivo. Em contrapartida, nas unidades de paisagem com presença de lavoura com fumo, mas com total cobertura da mata ciliar, nenhum agrotóxico foi encontrado.

Não somente no espaço rural, mas também no espaço urbano, a apropriação das terras tem causado vários conflitos pela utilização de forma não planejada. Uma análise da dinâmica espacial e temporal de ocupação das terras em áreas urbanas de Santa Maria, RS, no período de 1975 a 2002, feita por Pedron et al. (2006a), identificaram que os maiores problemas de uso

indevido das terras se relacionaram à fragilidade do material geológico e do recurso solo para uso em construções e agricultura urbana.

II. 6 – Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

Os planejamentos do uso das terras com princípios conservacionistas tem sido realizado no Brasil de diversas formas, predominando os levantamentos embasados no Sistema de capacidade de uso (Lepsch et al., 1991) e Sistema de aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995).

A aptidão agrícola trata-se de uma classificação técnica, interpretativa, um sistema metodológico que objetiva uma avaliação mais abrangente das potencialidades das terras, por meio de trabalhos de interpretação de levantamentos pedológicos, sendo uma ferramenta de planejamento agrícola em escala nacional, regional e local.

A interpretação de levantamentos de solos é uma tarefa de alta relevância para utilização racional desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Assim, podem ser realizadas interpretações para atividades agrícolas, classificando as terras de acordo com sua aptidão para diversas culturas, sob diferentes condições de manejo e viabilidade de melhoramento (Ramalho Filho e Beek, 1995).

O sistema de classificação da aptidão agrícola das terras é apresentado em seis grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas de cada unidade de mapeamento de solo, não só para as lavouras, como para pastagem plantada e natural e silvicultura, devendo as áreas inaptas serem indicadas para a preservação da flora e fauna. As terras consideradas inaptas para lavouras são analisadas de acordo com os fatores básicos limitantes e classificadas, segundo sua aptidão, para usos menos intensivos (Ramalho Filho e Beek, 1995).

A metodologia utilizada, segundo Ramalho Filho e Beek (1995), recomenda que a avaliação da aptidão agrícola das terras seja baseada em resultados sistemáticos dos atributos das terras: solo, clima, vegetação, geomorfologia e outros. A classificação da aptidão das terras é um processo interpretativo com caráter efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica, servindo de orientação de como deve ser utilizado o recurso solo no planejamento agrícola. Procura atender uma relação custo/benefício em longo prazo para a realidade dos agricultores brasileiros, conforme o nível tecnológico adotado.

Os níveis tecnológicos adotados foram descritos em: nível de manejo A, nível de manejo B e nível de manejo C, que consistem em:

- Manejo A: baseado em práticas agrícolas com baixo nível técnico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras.

- Manejo B: baseado em práticas agrícolas que refletem nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras.

- Manejo C: baseado em práticas agrícolas que refletem alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras.

Com o objetivo de facilitar a compreensão e a visualização espacial da classificação da aptidão agrícola das terras, o sistema foi organizado e estruturado em grupos, subgrupos e classes. Foram determinados seis grupos de aptidão, identificando o tipo de utilização mais intensivo das terras. A representação dos grupos é feita com algarismos de 1 a 6, em escala decrescente segundo as possibilidades de utilização das terras (Figura 1). As limitações, que afetam os diversos tipos de utilização, aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas.

Os grupos um, dois e três, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos quatro, cinco e seis, identificam apenas os tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, respectivamente), independente da classe de aptidão.

Os subgrupos são resultados conjuntos da avaliação de classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras, para atender as variações que ocorrem dentro do grupo.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras. Os fatores mais significantes que limitam e definem as condições agrícolas das terras são: 1) deficiência de fertilidade - Δf ; 2) deficiência de água - Δh ; 3) excesso de água ou deficiência de oxigênio - Δo ; 4) suscetibilidade à erosão - Δe ; e 5)

impedimentos à mecanização - Δm ; sendo que outros fatores podem ser introduzidos, conforme a especificidade da área estudada.

Grupos de Aptidão Agrícola		Aumento da intensidade de uso					
		Preservação da flora e fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem Plantada	Lavouras		
					Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
		6	5	4	3	2	1
Aumento da intensidade da limitação - Diminuição das alternativas de uso	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Figura 01 – Alternativas de Utilização das Terras de acordo com os Grupos de Aptidão Agrícola, Segundo Ramalho Filho e Beek (1995).

As classes foram definidas em: Boa, Regular, Restrita e Inapta, que consistem, de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995) em:

- Classe Boa: terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduzem a produtividade ou os benefícios.

- Classe Regular: terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos, de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas.

- Classe Restrita: terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições de manejo adotado. Essas limitações

reduzem a produtividade ou os benefícios, ou aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos seriam justificados marginalmente.

- Classe inapta: terras que apresentam condições que excluem a produção sustentada do tipo de utilização em questão.

Para os graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras, resulta a classificação de sua aptidão agrícola (Tabela 01). As letras das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização. A ausência de letras indica não haver aptidão para uso mais intensivo.

Classes de Aptidão Agrícola	Tipos de utilização					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem Natural
	Nível de Manejo			Nível de Manejo B	Nível de Manejo B	Nível de Manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Tabela 01 – Simbologia Correspondente às Classes de Aptidão Agrícola das Terras, Segundo Ramalho Filho e Beek (1995).

As terras consideradas inaptas para lavouras têm possibilidades de usos menos intensivos. As terras consideradas inaptas para os diversos tipos de utilização são indicadas para a preservação da flora e fauna, recreação ou algum tipo de uso não agrícola.

O enquadramento das terras em classes de aptidão resulta da interação de suas condições agrícolas, do nível de manejo considerado e das exigências dos diversos tipos de utilização. As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe inclui diferentes tipos de solos, muitos requerendo tratamentos distintos (Brinkman e Smyth, 1973).

Para a avaliação das condições agrícolas das terras, utiliza-se um solo hipotético de referência, que não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e oxigênio, não seja suscetível à erosão e nem ofereça impedimentos à mecanização. Como normalmente as condições das terras diferem em um ou vários desses aspectos, estabeleceram-se diferentes graus de limitação dessa variação (os deltas limitantes). Os fatores definidos como limitantes recebem um grau de limitação, um peso (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte) que, preenchido no quadro-guia proposto para as regiões de clima subtropical, tropical úmido e tropical semi-árido, obtém-se a classificação da aptidão das terras, em função do grau de limitação mais forte.

II. 7 - Avaliação do Uso e Ocupação das Terras

Formaggio et al. (1992) foram uns dos precursores em utilizar o sistema de avaliação da aptidão das terras no Brasil, por meio de sistema de informações geográficas. Por intermédio de um mapa base de solos e da integração de vários planos de informações que correspondem aos fatores limitantes da aptidão, foi possível a construção do mapa de aptidão agrícola das terras em Leme, SP. Com o cruzamento do mapa de uso atual das terras utilizando imagens de satélite digital, foi elaborado o mapa de taxa de adequação de uso, constatando que 17,5% das terras encontram-se inadequadas na sua utilização e concluíram que o mapa de taxa de adequação de uso é uma excelente ferramenta de monitoramento de conservação das terras, uma vez que as perdas freqüentes de solo por erosão são proporcionadas pelo seu uso inadequado.

No sentido de otimizar a avaliação da aptidão agrícola das terras, mediante uso de geotecnologias, foi desenvolvido por pesquisadores da UNESP (Universidade Estadual de São Paulo) um *software* específico denominado de Sistema de Análise Ambiental para Planejamento Agrícola (SAMPA), visando o planejamento do uso da terra rural (Bortolozzi e Koffler, 1998).

Utilizando o *software* SAMPA versão 2.0, Bortolozzi e Koffler (1998), no trabalho desenvolvido na bacia do ribeirão Perdeneiras (SP), verificaram que o confronto entre o uso potencial e o uso real das terras possibilitou identificar e quantificar as áreas utilizadas adequadamente e as áreas utilizadas abaixo ou acima da intensidade máxima recomendada de uso agrícola. Os resultados obtidos mostraram 56,9% das terras ocupadas por culturas de ciclo longo, 33,6% por culturas de ciclo curto, 5,8% por pastagem e 3,7% ocupadas por silvicultura. A maior parte das terras (71,7%) estavam sendo subutilizadas, 23,2% estavam sendo utilizadas adequadamente e 1,4% das terras estavam sendo utilizadas com intensidade excessiva.

Fiorio et al. (1999) também utilizaram o SAMPA para estabelecer as potencialidades da micro bacia hidrográfica do Ceveiro, na região de Piracicaba, SP. Concluíram que a maioria das terras estavam sendo sub-utilizadas e as maiores distorções quanto ao uso das terras foram em relação à cultura da cana-de-açúcar, que ocorria em áreas destinadas para cultura anual e pastagem.

Koffler e Montandon (2000) avaliaram a aptidão das terras para atividades agrícolas, a adequação ambiental da exploração atual das terras e a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos na bacia do Alto Batalha, em São Paulo (SP), utilizando o *software* SAMPA, a partir de dados de solos e topografia, propondo um cenário do potencial máximo de uso das terras para orientar o planejamento da exploração agrícola da região. A maior parte da bacia apresentou condições ambientais favoráveis para utilização agrícola, predominando a disponibilidade de terras para culturas de ciclo longo, seguida da aptidão para pastagens e as terras aptas para culturas de ciclo curto foram consideradas inexpressivas.

No Distrito Federal, Lobo (2002), Chaves (2005), Ferreira (2006) e Carvalho e Lacerda (2007) avaliaram o uso e ocupação das terras das áreas de estudo por meio da geração de mapas de uso, mediante processamento digital de imagens de satélite juntamente com mapas de aptidão agrícola das áreas correspondentes, com utilização de técnicas de geoprocessamento, visando a adequação do uso agrícola das terras.

Silva (2003b) também utilizou técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na avaliação do uso e ocupação das terras da bacia do rio João Leite (GO) e concluiu que porções de terras da bacia estudada estavam sendo utilizadas abaixo do seu potencial de uso agrícola, com base na aptidão agrícola das terras.

O trabalho realizado no município de São João do Polêsine, RS, por Pedron et al. (2006b), utilizando o cruzamento de mapas de aptidão agrícola, uso atual das terras e áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas, constatou que os principais problemas ambientais se relacionaram à utilização inadequada dos recursos naturais, quando não se considera a legislação ambiental e a aptidão agrícola das terras no processo de planejamento de uso.

De acordo com Embrapa (2000), com relação ao trabalho realizado sobre a aptidão agrícola do estado do Tocantins, utilizando o mapa de solos na escala 1:1.000.000, mostrou que cerca de 55,4% dos solos foram classificados como aptos à lavoura e fruticultura tropicais; 14,1%

para pastagens plantadas; 17,6% para silvicultura e pastagem natural e 12,9% não apresentaram aptidão agrícola.

II. 8 - Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é uma técnica científica que mede a troca de interação energética da radiação eletromagnética (REM) com o objeto (Meneses, 2003a).

O sensoriamento remoto permite analisar diferentes alvos a partir da energia eletromagnética emitida ou refletida por eles, captada por diferentes sensores que operam em diferentes comprimentos de onda (faixas espectrais) e em diferentes plataformas (Novo, 1995; Lillesand e Kiefer, 1994). Estas informações são detectadas a partir das alterações sofridas pela REM, que interage com os componentes da superfície terrestre. O sensor coleta o sinal, que interage com alvo na superfície terrestre e retorna ao sensor, interagindo com a atmosfera (Novo, 1995).

A REM é extremamente importante para o sensoriamento remoto, pois sempre que analisarmos qualquer tipo de imagem de sensoriamento remoto, a coexistência da radiação na forma de onda e na forma de energia deverá ser considerada para que possamos interpretar corretamente os alvos nas imagens de satélite, com relação às respostas espectrais características dos objetos (Meneses, 2003a).

As principais faixas espectrais usadas em sensoriamento remoto são as do visível - REM de comprimento de onda entre 0,4 a 0,7 μm ; infravermelho - 0,7 a 14 μm ; e as microondas - com comprimentos de ondas entre 1 mm a 1m (Tabela 02).

Os produtos fornecidos por sensoriamento remoto podem ser imagens orbitais, fotografias aéreas, dados de variáveis climáticas e ambientais. Para interpretar esses produtos é necessário avaliar as faixas espectrais captadas por cada tipo de sensor (Pinto e Valério Filho, 1996).

Dentre os principais alvos naturais estudados utilizando sensoriamento remoto, tem-se destacado a vegetação, água, solos e rochas. Cada um apresenta uma característica que é identificada pelo estudo da radiometria espectral, onde cada alvo apresenta um comportamento espectral próprio em relação aos fenômenos de absorção, emissão e reflexão da REM com eles interagida. O comportamento espectral particular de cada alvo, também denominado de assinatura espectral, torna possível a identificação e caracterização dos alvos em determinado comprimento de onda (Meneses, 2001).

Tabela 02 – Principais Regiões ou Intervalos Espectrais Usados em Sensoriamento Remoto (Meneses, 2001).

Nome	Intervalo espectral	Fonte de radiação	Propriedade medida
Visível	0,4 – 0,7 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho próximo	0,7 – 1,1 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho de ondas curtas	1,1 – 1,35 μm 1,4 – 1,8 μm 2,0 – 2,5 μm	Sol	Reflectância
Infravermelho médio	3,0 – 4,0 μm 4,5 – 5,0 μm	Sol Corpos terrestres com altas temperaturas (incêndio)	Reflectância Emitância
Infravermelho termal	8,0 – 9,5 μm 10,0 – 14,0 μm	Terra	Emitância
Microondas	1 mm – 1 m	Artificial (sensores ativos)	Retroespalhamento

Os fatores que influenciam no comportamento espectral da vegetação, na região espectral do visível, são os pigmentos, encontrados nos cloroplastos: clorofila, carotenos e xantofilas. Na região do infravermelho próximo, é a estrutura celular das folhas. Já na região espectral do infravermelho de ondas curtas, o comportamento espectral é controlado pelo conteúdo de água da folha (Kumar, 1972; Ponzoni, 2001).

Em relação à água, os fatores que influenciam no comportamento espectral estão relacionados aos componentes intrínsecos (dissolvidos) ou de superfície e os materiais em suspensão. A região do espectro eletromagnético do visível é o intervalo espectral que melhor detecta os materiais em suspensão. A reflectância da água limpa diminui com o aumento dos comprimentos de onda (Mobley, 1994; Novo, 2001). A figura 02 mostra o comportamento espectral para os principais alvos da superfície terrestre (vegetação, água e solo) e as bandas do satélite Landsat – TM.

Segundo Madeira Netto (2001), a reflectância do solo é uma propriedade cumulativa que deriva do comportamento espectral dos constituintes minerais, particularmente os compostos de ferro, constituintes orgânicos e fluidos que, combinados, compõem os solos. As variações

espectrais entre os diferentes tipos de solos estão normalmente associadas aos processos de absorção da radiação eletromagnética atribuídos a esses componentes.

O ensino da espectroradiometria, em especial a realizada em laboratórios, por meio de espectro-radiômetros, é fundamental para compreender e fixar conceitos utilizados dentro do sensoriamento remoto. Alvarenga et al. (2003) afirmaram que o comportamento espectral dos solos obtidos por espectro-radiômetros visa proporcionar um melhor entendimento de como cada fator (minerais, umidade, matéria orgânica, óxidos de ferro, textura, entre outros) influencia a assinatura espectral dos diferentes solos. No estudo de caso realizado com solos do estado de São Paulo, os autores concluíram que os constituintes mineralógicos são os fatores que influenciam significativamente as alterações das curvas espectrais, manifestando-se nas bandas de absorções, e que as curvas espectrais obtidas foram coerentes com as análises pedológicas.

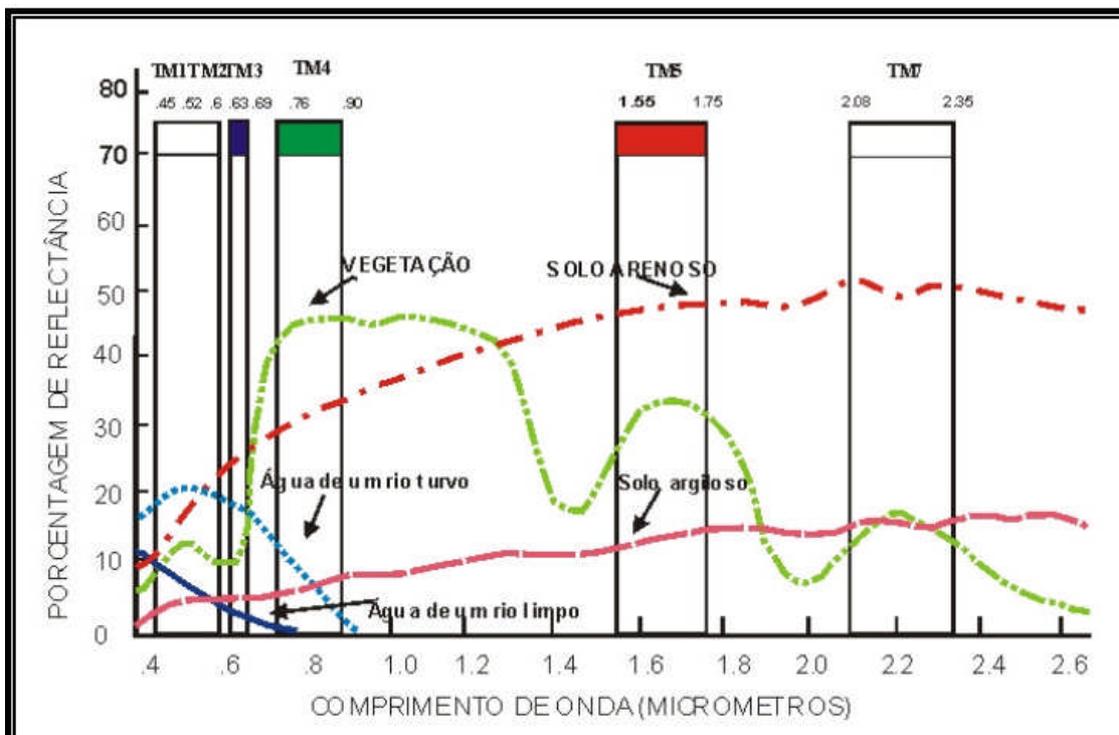


Figura 02 - Padrões de Resposta Espectral dos Principais Alvos da Superfície Terrestre.

Fonte: Modificado de Lillesand e Kiefer (1994).

Os minerais de rochas representam os materiais terrestres que reúnem a maior variedade de composição e são os que exibem as mais diferentes intensidades de forças moleculares. Por

isso, são os melhores materiais para exemplificar as variações de intensidades das feições de absorção, as diferentes feições que podem ocupar no espectro, bem como mostrar o padrão ou a forma da curva espectral que descreve o comportamento da reflectância de um material (Meneses e Ferreira Júnior, 2001).

A utilização de imagens orbitais hiperespectrais, com mais de cem bandas, obtidas a partir de sensores remotos especializados, na identificação de rochas e minerais, vêm evoluindo em estudos relacionados aos referenciados recursos naturais, uma vez que a largura das bandas são mais estreitas e atinge a região do infravermelho de ondas curtas, possibilitando uma melhora na identificação (Cudahy e Souza Filho, 2006). Um fator que limita a identificação dos diferentes materiais é que a REM interage com os alvos terrestres apenas nos primeiros micrômetros da superfície terrestre (Meneses, 2001), portanto, a interação é superficial, dificultando a detecção de alguns objetos, uma vez que, na maioria das vezes, os alvos em estudo estão cobertos com algum material, sendo a vegetação um dos principais impedimentos.

II. 8.1 - Processamento Digital de Imagens

Processamento Digital de Imagem (PDI) constitui a manipulação de imagens de satélite por computador, por meio de *software* específicos (INPE, 2000). A finalidade do PDI é identificar e extrair informações de uma imagem por meio de transformações da mesma, de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano (Crósta, 1992).

O objetivo de se usar processamento digital de imagens é melhorar o aspecto visual das feições estruturais das imagens para o analista humano e fornecer subsídios para a sua interpretação, gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (INPE, 2000).

Para Novo (1995), Crósta (1992) e Moreira (2003), o uso de imagens multiespectrais obtidas por sensores remotos a bordo de satélites artificiais, tais como o Landsat, tem-se revelado como uma valiosa técnica na extração de dados destinados a várias aplicações na pesquisa de recursos naturais.

II. 8.2 - Etapas de Processamento de Imagens

De acordo com Schowengerdt (1997), o processamento digital foi dividido em três conjuntos de técnicas: pré-processamento, realce e classificação:

- 1) Pré-processamento: correção geométrica, correção radiométrica e correção atmosférica.
- 2) Realce espectral: ampliação de contraste, composições coloridas, transformações de imagens e filtragem, a fim de identificar e detectar as classes de alvos existentes na área.
- 3) Técnicas de classificação: classificações semi-automáticas supervisionadas e não supervisionadas, utilizando algoritmos de classificação.

O georreferenciamento é uma transformação geométrica que relaciona coordenadas geográficas (latitude e longitude) com coordenadas da imagem (linhas e colunas). Essas transformações espacializam geograficamente as imagens e corrigem distorções existentes, causadas no processo de sua formação, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (INPE, 2000).

Segundo Crósta (1992), correção geométrica é a transformação de uma imagem de modo que ela possa adquirir um sistema de projeção cartográfica. A realização desse processamento digital de imagens pode ser feita por meio da relação entre os sistemas de coordenadas de uma carta planialtimétrica e, na ausência de cartas planialtimétricas, é uma alternativa adquirir, no campo, pontos georreferenciados com GPS (*Global Positioning System*) da região correspondente. A forma mais usual de realizar a relação entre dois sistemas de coordenadas é por meio da definição de pontos de controle no terreno, que devem ser reconhecíveis tanto na carta planialtimétrica como na imagem.

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob critérios subjetivos do olho humano. É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões dos alvos que ocorrem nas imagens (INPE, 2000).

Segundo Meneses (2003b), o processo de realce de imagens consiste na utilização de um conjunto de técnicas de processamento, visando exclusivamente melhorar ou realçar as características visuais de toda a imagem ou de feições específicas, para posterior interpretação visual. Isso é realizado por transformações pontuais pixel a pixel do valor de brilho do pixel que está sendo processado, ou por transformações espaciais dos pixels vizinhos, ambas para realçar as feições de baixo contraste espectral. Não há, desta forma, um esforço intencional para melhorar a fidelidade da imagem, como é feito na base de correção geométrica, como também, não há uma qualidade de imagem realçada que possa servir de padrão para as diferentes finalidades de aplicação.

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos com o objetivo de mapear as áreas da superfície terrestre por meio de algoritmos classificadores. O resultado final de uma classificação é uma imagem temática, onde os pixels classificados são representados por símbolos gráficos ou cores (INPE, 2000).

Existem dois tipos de classificação: a automática, processada por *software* especializados em um computador, e a não automática, conhecida como fotointerpretação, feita por um especialista humano. Ambas são importantes e muitas vezes complementares.

Geralmente, os algoritmos de classificação automatizada de imagens multiespectrais produzidas por sensoriamento remoto são divididos em decorrência da presença ou da ausência de uma fase de treinamento pela qual o usuário fornece amostras que orientam a classificação. Dessa forma, existem dois grupos de classificação automática, a supervisionada e a não supervisionada (Rodrigues, 1998).

Na classificação não supervisionada, cada pixel da imagem é associado a uma classe espectral sem que o usuário tenha um conhecimento prévio do número ou identificação das diferentes classes presentes na imagem, por intermédio de algoritmos de agrupamento.

Já na classificação supervisionada, é preciso especificar o número de bandas e quais as características estatísticas de cada classe escolhida. O usuário seleciona amostras representativas para cada classe que deseja identificar na imagem, descritas por uma função de densidade de probabilidade e seus parâmetros estatísticos. Os classificadores podem ser divididos em classificadores pixel a pixel e classificadores por regiões.

II. 8.3 – Algoritmo de Classificação Não Supervisionada ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)

O algoritmo de classificação não supervisionada ISODATA é um algoritmo de agrupamento que consiste em identificar algumas classes únicas, mas com extensão zonal muito pequena e que não pode ser reconhecida inicialmente pelo analista que utiliza a classificação supervisionada.

O algoritmo de classificação ISODATA vem do método estatístico da mínima distância espectral para atribuir um grupo para cada pixel. O processo começa com um número específico de médias de grupos arbitrários e essas médias irão deslocar para as médias dos grupos (Meneses, 2003b).

Assim, a classificação não-supervisionada ISODATA calcula as médias das classes iniciais distribuídas uniformemente no espaço de dados e então, agrupa iterativamente os pixels remanescentes usando técnicas de distância mínima. Cada interação recalcula as médias e reclassifica os pixels com relação às novas médias. Repartição, junção e eliminação interativas de classes são feitas baseadas nos parâmetros padrão de entrada. Todos os pixels são classificados à classe mais próxima até que o máximo número de repetições (iterações) estipulado pelo analista, seja alcançado (Meneses, 2003b).

II. 9 – Avaliação da Confiabilidade da Exatidão da Classificação

Um dos principais produtos gerados pelo sensoriamento remoto é o mapeamento do uso e ocupação das terras, sendo que um dos meios para controle de qualidade, ou seja, de confiabilidade do produto gerado, é a avaliação da exatidão do mapeamento.

Segundo Congalton (1992), a coleta de dados que representa a situação real da superfície terrestre na época da obtenção da imagem é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados de sensoriamento remoto. Esses dados são usados para verificar a acurácia da classificação, bem como detectar distinção entre classes e aperfeiçoar o processo de refinamento da classificação.

Um dos parâmetros mais utilizados e eficientes para quantificar a exatidão de levantamentos de uso das terras, por meio de produtos de sensoriamento remoto, é o índice Kappa. Este é obtido mediante a adoção de uma referência para comparação dos mapeamentos produzidos. A análise da exatidão dos mapeamentos é obtida mediante geração de matrizes de confusão ou matrizes de erros, sendo posteriormente calculado o índice Kappa (Cohen , 1960).

O índice Kappa ou coeficiente de concordância é obtido por meio da seguinte equação:

$$K = \frac{N \sum x_{ii} - \sum x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+} x_{+i}} \quad (01)$$

Com \sum de i variando de 1 até o número de linhas ou colunas da matriz de erros.

Onde:

N = Número total de amostras (ou observações);

x_{i+} = Soma dos valores da linha i;

x_{+i} = Soma dos valores da coluna i; e

x_{ii} = Número de observações dos elementos da diagonal da matriz.

Uma das vantagens para uso do índice Kappa é que ele incorpora a informação dos pixels mal classificados e não apenas dos bem classificados, como a exatidão global.

O coeficiente Kappa tem seus valores distribuídos entre 0 e 1, onde o valor 1 representa a concordância máxima e quando multiplicado por 100, representa a porcentagem da medida de classificação. De acordo com Landis e Koch (1977), a avaliação do coeficiente Kappa pode ser realizada com base nos valores apresentados na tabela 03.

Tabela 03 – Classificação dos Valores do Coeficiente Kappa, Segundo Landis e Koch (1977).

Coeficiente Kappa	Exatidão
< 0	Péssima
0 – 0,2	Ruim
0,21 – 0,4	Razoável
0,41 – 0,6	Moderada/Boa
0,61 – 0,8	Muito Boa
0,81 – 1,0	Excelente

Braga et al. (2006) compararam dois métodos de classificação, supervisionada e não supervisionada, em imagens de satélite multiespectral de alta resolução espacial do sensor Ikonos II utilizadas para o mapeamento da cobertura das terras no município de Serra do Salitre, MG. Os resultados mostraram valores de índice Kappa muito próximos para os dois processos de classificação, com os índices Kappa em 77,80% na classificação supervisionada e 75,99% na classificação não supervisionada.

Com o objetivo de mapear as áreas de soja na região Oeste do Estado do Paraná, utilizando imagens do satélite Landsat 5, Ganan et al. (2005) obtiveram bons resultados para os coeficientes Kappa de oito municípios mapeados, variando de 0,61 (muito boa) a 0,82 (excelente).

Objetivando comparar dois mapas de ocupação das terras de escala global da área geográfica de Portugal produzidos pelo projeto Global Land Cover 2000 (GLV2000) de responsabilidade da Comissão Européia e do projeto MODIS Land Cover v004 (MOD12Q1) de responsabilidade da Universidade de Boston, Estados Unidos, Araújo et al. (2007) obtiveram 61% e 56,8% nos resultados das validações da exatidão temática global dos mapas para os dois programas citados respectivamente. Assim, consideraram uma fraca qualidade de ambos no que se refere à representação de ocupação das terras na área geográfica de Portugal, sugerindo que esses mapas devem ser usados com precauções, visto que eles se encontram disponibilizados na Internet.

Ferreira (2006), trabalhando na bacia do rio São Bartolomeu, DF, na avaliação temporal do uso e ocupação das terras para o ano 2003, utilizando classificação supervisionada MaxVer, obteve o índice Kappa correspondente a 62%, sendo classificada como muito boa.

II. 10 – Geoprocessamento

Segundo INPE (2000), o geoprocessamento expressa o conjunto de tecnologias que integram as fases de coleta de informações terrestres obtidas por sensoriamento remoto (imagens de satélite, de radar ou fotos aéreas), levantamentos topográficos e geodésicos, incluindo a tecnologia de posicionamento global GPS (*Global Positioning System*) e investigações de campo, processamento e uso das informações relacionadas ao espaço físico por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), obtendo-se análises e produtos (na forma de mapas convencionais, relatórios e arquivos digitais) além do armazenamento, gerenciamento e manipulação das informações.

De acordo com Câmara e Medeiros (1996), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratamento da informação geográfica.

Segundo Rodrigues (1998), o geoprocessamento tem sido uma tecnologia eficiente para o inventário e a manutenção de registros atualizados de usos das terras, sendo considerado o principal recurso para estruturação de banco de dados necessários ao processamento de análise e planejamento do uso do espaço físico territorial.

Um SIG é um sistema que realiza o tratamento computacional de dados geográficos e recupera informações com base em suas características alfanuméricas e também por meio de sua localização espacial (Silva, 2003a).

Para Oliveira (2005), o SIG é uma ferramenta computacional do geoprocessamento que permite realizar análises espaciais complexas e dar suporte à tomada de decisão, a partir de mapas armazenados em computadores, ou seja, em formato digital. Possibilita a automatização de documentos cartográficos, uma vez que todas as informações disponíveis estão inter-relacionadas com base na sua localização geográfica e os mapas servem como fonte de informações de análises espaciais, lógicas e algébricas na produção de novas informações por meio de diferentes possibilidades de modelagem e integração de dados.

III – OBJETIVOS

III. 1 – Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar e individualizar Unidades Pedoambientais em uma área representativa do estado do Tocantins em relação à distribuição de solos na paisagem e cobertura vegetal associada.

III. 2 – Objetivos Específicos

- Caracterizar os principais solos da área de estudo, por meio de um transecto pedológico representativo;
- Caracterizar o uso e a ocupação das terras da área de estudo;
- Avaliar a aptidão agrícola das terras;
- Fornecer dados para o planejamento de uso sustentável das terras no Estado em auxílio ao atual Sistema de Licenciamento Florestal da Propriedade Rural do Estado.

IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, S. F.; NOGUEIRA, F. P.; MORAES, J. F. L. Mapeamento das evoluções dos usos e coberturas das terras na bacia do ribeirão Anhumas – Campinas (SP). In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5051-5058. CD-ROM.

ALVARENGA, B. S.; D'ARCO, E.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R. O ensino de conceitos e práticas de espectroradiometria laboratorial: estudo de caso com solos do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p.739-747.

ANDERSON, J. R.; HARDY, J. T.; WITMER, R. E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Rio de Janeiro: SUPREN – IBGE, 1979. 80p. (Tradução da revisão da U. S. Geological Survey circular 671 Documento Técnico 964 do Geological Survey).

ANDRADE, J. B., OLIVEIRA, T. S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa, v. 28, n. 2, março/abril. 2004.

ARAÚJO, A.; CAETANO, M.; CERDEIRA, C.; RAPOSO, D.; Avaliação de incertezas de mapas globais de ocupação do solo para Portugal continental. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA, 5, 2007, Portugal. **Actas...** Portugal: 2007. Disponível em > <http://www.igeo.pt/instituto/cegig/gdr/projectos/landeo>>. Acesso em 28/05/2007.

ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Proposta de um sistema hierárquico de classificação de cobertura da terra baseado na análise de imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.2291-2298.CD-ROM.

BARBOSA, I. O. **Distribuição dos solos nas chapadas elevadas do Distrito Federal, com emprego de geoprocessamento.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007, 126p. Dissertação de Mestrado.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica.** Lavras: UFLA, 2006, 119p. Dissertação de Mestrado.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 3 ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BORGES, M. H.; PFEIFER, R. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Scientia Agrícola.** Piracicaba, v.50, n.30, out/dez. 1993.

BORTOLOZZI, A. M. P.; KOFFLER, N. F. Análise do uso das terras da bacia do ribeirão Pederneiras (SP) através de técnicas automatizadas. **Revista Ciências Humanas Mimesis,** Bauru, SP, v.19 n. 2, p.07-23, 1998.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZADELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais em função do uso do solo numa micro bacia hidrográfica de agudo (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, v.10, n.4, p.881-887, 2006.

BRAGA, A. L.; FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, F. G.; SOARES, V. P. **Comparações entre as classificações híbrida e supervisionada no mapeamento do uso do solo usando imagens de alta resolução.** In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2006.

BRASIL. **Lei 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Institui o Estatuto da Terra. Disponível em: ><https://www.planalto.gov.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal. Disponível em: ><https://www.planalto.gov.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: ><https://www.planalto.gov.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

BRASIL. **Medida Provisória nº. 2166-67/01 de 24 de agosto de 2001.** Dispõe sobre alterações no Código Florestal sobre percentual destinado a área da reserva legal na Amazônia. Disponível em: ><https://www.planalto.gov.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

BRASIL. **Portaria nº. 303, de 30 de julho de 2003.** Dispõe que o desmatamento na Amazônia Legal serão concedidas mediante o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural, a partir de 1 de julho de 2004. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/guia/detalhes.cfm?id=76819&tipo=7&cat_id=39&subcat_id=159>. Acesso em: 11/09/2007.

BRINKMAN, R.; SMYTH, A. J. **Land evaluation for rural purposes:** summary of an expert consultation. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1973. 116p.

BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; McCracken, R. J. **Soil Genesis and classification.** 1 ed. Ames: The Iowa State University Press, 1973. 360p.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, M. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelo de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.1, n.1, p. 104-114, 2006.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais.** São José dos Campos, SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996. 180p.

CARVALHO, F. A. LACERDA, M. P. C. Caracterização da adequação do uso agrícola das terras no Distrito Federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.111-117.CD-ROM.

CHAGAS, M. A. B. A. (2005) – **A Doutrina da função social da propriedade**. Disponível em <<http://www.factum.com.br/artigos/102.html>>. Acesso em 21/05/2007.

CHAVES, A. A. A. **Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região das nascentes do rio Descoberto, DF**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005, 92p. Dissertação de Mestrado.

COHEN, J. A. Coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and psychological measurement**, v.20, n.1, p.37-46, 1960.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 01 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Estudos de Impactos Ambientais. Disponível em: ><https://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 237 de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre licenciamento ambiental contemplando as atividades agrícolas. Disponível em: ><https://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 302 de 20 de março de 2002a**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: ><https://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 303 de 20 de março de 2002b**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: ><https://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm.br>< . Acesso em: 03/05/2007.

CONGALTON, R. G. A comparison of sampling schemes used in generation error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v. 54, p.1669-1671, 1992.

CORINE – **CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment)**.
Bruxelas: Comm European Communities, 1992.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.;
DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao
zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, INPE.
2001. 124p. (INPE-8454-RPQ/722).

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas:
IG/UNICAMP, 1992. 170p.

CUDAHY, THOMAS.; SOUZA FILHO, C. R. **Spectral sensing solutions mineral exploration
challenges**. Ouro Preto, MG. Workshop Notes. 2006.

DIAS, H. C. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.;
VENTORIM, L. B. Geoambiente do parque estadual do Ibitipoca município de Lima Duarte –
MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26,n. 6, nov/dez. 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema
brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa - Centro Nacional de
Pesquisa de Solos. 2006. 306p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – Centro Nacional
de Pesquisa de Agroindústria Tropical: Comunicado Técnico. In: LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA,
S. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Aptidão agrícola do estado do Tocantins**. n.47, p.1-3,
dezembro/2000.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **A
framework for land evaluation**. Roma: Wageningen, 1976. 72p.

FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In. MARQUES, J. F.; SKORUPA L. A.; FERRAZ, J. M. G. (ed.) **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna, SP. Embrapa, 2003. p.15-35.

FERREIRA, C. S. **Avaliação temporal do uso e ocupação das terras na bacia do rio Bartolomeu, DF**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 115p. Dissertação de Mestrado.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; MAZZA, J. A. Potencialidade do uso da terra na microbacia hidrográfica do córrego do Ceveiro na região de Piracicaba. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1273-1280, out./dez.1999.

FORMAGGIO, ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. N.; Sistemas de informação geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, SP, v. 16, p.249-256. 1992.

GANAN, J. R.; ROCHA, J. V.; MERCANTE, E.; ANTUNES, J. F. V. Mapeamento da cultura de soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.549-555.

GARCIA, A. R. **Estatuto da terra: Combatida por uns e elogiada por outros, a lei desperta o interesse no mundo**. Associação Brasileira do Direito Agrário. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/index.php?p=texto&&idT=826>>. Acesso em: 14/05/2007.

GOODMAN, D; REDCLIFT, M. **Refashioning nature, food, ecology and culture**. London: Routledge, 1991.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-379.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de recursos naturais e ambientais. Primeira divisão de geociências do nordeste. Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598, n.7, 1999. 58p.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Tutorial do SPRING – Sistema de processamento de informações georreferenciadas. São Jose dos Campos: INPE, 2000.

IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em micro bacia na região de “Mar de Morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, maio/abr. 2005.

JENSEN, J. R. Urban/suburban land use analysis. In: COLWELL, R. N. **Manual of remote sensing**. Falls Church, VA: ASP, v. 2, 1983. p. 1511-1666.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986, 327p.

KOFFLER, N. F.; MONTANDON, D. T. Diagnostico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do Alto Batalha (SP) usando técnicas automáticas. **Revista Ciências Humanas Mimesis**, Bauru, SP, v. 21, n 1, p. 53-72, 2000.

KUMAR, R. **Radiation from plants-reflection and emission: a review**. West Lafayette: Purdue Research Foundation, 1972. 28p. (Research Project n.5543).

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33 n. 3, 1977. p.159-179.

LACERDA, M. P. C.; NASCIMENTO, R. O.; BARBOSA, I. O. Determinação de pedoformas na estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16, 2006, Aracajú. **Anais...Aracajú**, 2006. CD-ROM.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.178p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI Jr.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 2. ed. New York: J. Wiley e Sons, 1994. 724p.

LOBO, G. A. S. **Aplicação de geotecnologias no planejamento de uso de áreas rurais**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2002, 144p. Dissertação de Mestrado.

MADEIRA NETTO, J. S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.127-154.

MARQUES, B. F. **Direito Agrário Brasileiro**. 5 ed. Goiânia: GO. AB, 2004. 312p.

MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do Médio Araguaia – Estado do Tocantins. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 297-310, mar/abr. 2006.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p.83-91, 2004.

MENESES, P. R. Fundamentos da radiometria óptica espectral. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.15-40.

MENESES, P. R.; FERREIRA JÚNIOR. L. G. Comportamento espectral de minerais e rochas. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.63-123.

MENESES, P. R. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Apostila do curso de especialização em geoprocessamento. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2003a. 104p.

MENESES, P. R. **Processamento digital de imagens**. Apostila do curso de especialização em geoprocessamento. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2003b. 84p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília: MMA, 2000, 200p.

MOBLEY, C. D. **Light and water: radiative transfer in natural waters**. San Diego: Academic Press, 1994. 592p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias e aplicações**. 2. ed. Viçosa, MG. UFV, 2003. 307p.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1995. 308p.

NOVO, E. M. L. Comportamento espectral da água. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.203-2002.

OLIVEIRA, G. I. M. **Geoprocessamento aplicado a estudos de proteção de aquíferos na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, DF**. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 2005. 89p. Dissertação de Mestrado.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: Guerra, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p.59-122.

PEDRON, F. A.; POELKLING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; BOTELHO, M. R.; ROSA, A. S. Análise da dinâmica espacial da ocupação das terras e seus conflitos de uso no perímetro urbano de Santa Maria – RS (1975-2002). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, nov./dez. 2006a.

PEDRON, F. A.; POELKLING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KLAMT E. A aptidão do uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.105-112, jan./fev. 2006b.

PEREIRA, A. D. P. O sistema de licenciamento ambiental em propriedade Rural como instrumento de apoio ao controle de desmatamento na Amazônia. In. PEREIRA, A. D. P.; MOTA, S. M. B. (ed.) **I Seminário de sistemas implantados de monitoramento e controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal**. Brasília, DF: MMA, 2006, p. 13-26.

PETERS, G. H.; STANTON, B. F.(Ed.). **Sustainable agricultural development: the role of international cooperation**. Dartmouth Publishing Company, 1991. 704p.

PINTO, S. F. A.; VALÉRIO FILHO, M. **Análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1996. 31p. Apostila de Aula.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.157-199.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: RJ. Embrapa-CNPS, 1995, 65p.

REDCLIFT, M. **Sustainable development: exploiting the contradictions**. London: Methuem, 1987.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe agropecuário**, v. 9, n. 105, 1983. p.3-25.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; REZENDE, S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, maio/jun. 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2007. 304p.

RODRIGUES, L. M. R. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da evolução e adequação do uso agrícola das terras na microbacia do córrego Lamarão, DF**. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 1998. 110p. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, V. T. M. **Aplicação de classificação digital de imagens orbitais no mapeamento de uso da terra**. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2006, 122p. Dissertação de Mestrado.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote sensing: models and methods for image processing**. 2th ed. New York : Academic Press, 1997. 522p.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas, 2005. 48p.

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2003a. 236p.

SILVA, M. T. **Utilização de geotecnologias no levantamento e adequação do uso dos solos na bacia do rio João Leite – Goiânia – GO.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2003b. 125p. Dissertação de Mestrado.

SOARES, F. S.; FREITAS, L. F.; LOEBMANN, D. G.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Valorização das unidades de paisagem a partir das áreas irrigadas por pivô central na bacia do Rio Preto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.415-422.CD-ROM.

TOCANTINS. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução n°. 07 de 09 de agosto de 2005. <<http://www.naturatins.to.gov.br/modulos/home/index.php>>. Acesso em: 11/9/2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977. 91p.

CAPÍTULO ÚNICO

UNIDADES PEDOAMBIENTAIS DA REGIÃO DE SANTA TEREZA, ESTADO DO TOCANTINS.

RESUMO

A gestão ambiental sustentável, mediante uma visão conjunta e sistematizada dos recursos naturais como: solo, relevo, geologia e vegetação, vem sendo adotada para o monitoramento da sustentabilidade das terras, particularmente aquelas de uso agropecuário. Este trabalho teve como objetivo a caracterização e delimitação de unidades pedoambientais no estado do Tocantins, a fim de fornecer subsídios para a elaboração de planejamentos de uso sustentável das terras no Estado, por meio da caracterização das principais classes de solos de ocorrência no estado e suas relações com o relevo, geologia, aptidão agrícola e uso e ocupação das terras. A área de estudo foi selecionada em função da sua representatividade em relação à ocorrência de classes de solos e relevo, associados ao uso e ocupação das terras, totalizando 622,24 km² e encontra-se localizada na região centro-leste do Estado do TO, na região de Santa Tereza do Tocantins. O estudo foi realizado a partir da seleção de sete perfis de solos dispostos ao longo de um transecto regional representativo. Os solos foram caracterizados por meio de descrições morfológicas, análises físicas e químicas. Por intermédio de geotecnologias, foi feito o mapeamento do uso e ocupação das terras por meio da imagem de satélite TM/Landsat 5 do ano 2006, e também, foi elaborado o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Mapa de Classes de Declividade. Avaliou-se, também, a aptidão agrícola das terras relacionadas aos solos estudados. Os solos foram classificados em: Latossolo Vermelho Distrófico típico; Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico; Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico; Neossolo Quartzarênico Órtico típico; Neossolo Regolítico Distrófico típico e Neossolo Quartzarênicos Órtico típico. A aptidão agrícola das terras correspondentes foram classificadas em: 2 (b)c; 4p; 4 (p) e 5 (n). A principal atividade agropecuária é representada por criação de bovinos e subordinadamente ocorre implantação de agriculturas anuais, no entanto, mais de 63,5% do total da área encontra-se com cobertura vegetal nativa. Diante dos dados obtidos foi possível individualizar quatro Unidades Pedoambientais: (1) Domínios dos Latossolos; (2) Domínios dos Plintossolos; (3) Domínios dos Neossolos Litólicos e (4) Domínios dos Neossolos Quartzarênicos, onde os atributos dos solos foram os principais delimitadores, juntamente com a

vegetação nativa associada. A primeira unidade é destinada à agricultura anual, a segunda apresenta aptidão para pastagem plantada, a terceira destina-se à conservação ambiental e a quarta mostra uso adequado para pastagem natural.

Palavras Chaves: Solos do Tocantins, aptidão agrícola, pedoambientes, sustentabilidade ambiental.

PEDOENVIRONMENTAL UNITS OF THE SANTA TEREZA REGION, STATE IN TOCANTINS, BRAZIL.

ABSTRACT

A sustainable environmental management, through a joint vision and systematic natural resources such as: soil, relief, geology and vegetation, have been adopted for monitoring the land sustainability, particularly those with agricultural use. This work aimed the characterization and definition of pedoenvironmental units in the Tocantins State Brazil, to provide subsidies for development of sustainable land use plans in the State, through the characterization of the main soils classes found in the State and their relations with the relief, geology, agriculture suitability and land use and occupation. The study area was selected because of its representativeness in terms of soil classes and relief, associated with the land use and occupation, totaling 622,24 km² and is located in the central-eastern State of TO, in the Santa Tereza region. The study was conducted from the selection of seven soil profiles prepared along a representative pedological transect, which covers the whole study area. The soils were characterized by morphological descriptions and physical and chemical analyses. Using geotechnology, was made the land use and occupation mapping with the satellite image TM / Landsat 5 of the year 2006, and also was prepared Digital Terrain Model (DTM) and the Slope Map. We also evaluated, the agricultural land suitability of the related soils. The soils were classified into: Red Oxisol Dystrophic typical; Plinthosol Petric Concretionaryc latossolic; Red-Yellow Oxisol Dystrophic typical; Cambisol Haplic Tb Dystrophic typical; Neossol Quartzarenic Ortíc typical; Neossol Regolitic Dystrophic typical and Neossol Quartzarenic Ortíc typical. The agricultural land suitability correspondents

were classified into: 2 (b) c; 4p; 4 (p) and 5 (n). The main farming activity is represented by cattle breeding and occurs of annual agriculture; however, over 63.5% of the total area is covered with native vegetation. Faced data could individualize four Pedoenvironmental units: (1) Oxisols Areas, (2) Plintossols Areas, (3) Neossols Litolics Areas (4) and Neossols Quartzarenics Areas, where the attributes of the soil were the main delimiters, along with the native vegetation associated. The first unit is designed to annual agriculture, the second presents ability to planted pasture, the third is for the environmental conservation and fourth shows appropriate use for pasture.

Keywords: Land of the Tocantins, agricultural suitability, pedoenvironment, environmental sustainability.

I – INTRODUÇÃO

A gestão territorial e ambiental necessita de conhecimentos prévios a respeito de determinada região, sobretudo dos seus recursos naturais, uma vez que as tomadas de decisões podem ter efeitos de sustentabilidade ou de insustentabilidade, e até mesmo de degradação ambiental.

O planejamento, como ferramenta de gerenciamento racional das atividades ambientais e econômicas, utiliza técnicas, instrumentos e metodologias que permitem prever situações futuras e ordenar espacial e temporariamente essas atividades, sendo que, no caso do planejamento rural, que visa o desenvolvimento de uma produção agropecuária sustentável, é necessária a manutenção dos recursos naturais. Para o estabelecimento de uma gestão sustentável dos recursos naturais, são necessários conhecimentos dos solos, da água, do ar, da vegetação e da fauna, considerando suas inter-relações, sinergismos e interdependências, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2000) e Lobo (2002).

Um instrumento de planejamento de uso agrícola racional que indica o uso conservacionista das terras é o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, o qual estabelece previsões do comportamento das mesmas, quando usadas para propósitos específicos, otimizando-as pelo máximo de tempo possível (Ramalho Filho e Beek, 1995). Entretanto, para que o homem possa praticar um bom manejo no solo agrícola, usufruindo-o sem desgastá-lo excessivamente, é preciso conhecer as características e propriedades físicas e químicas dos solos que proporcionam suporte, fonte de alimento, ar, calor e água às plantas que nele se desenvolvem (Jorge, 1986).

De acordo com Alvarenga et al. (2003), as geotecnologias, representadas pelos Sistemas de Informações Geográficas – SIGs e especialmente o Sensoriamento Remoto, no contexto das preocupações de sustentabilidade ambiental, vêm se constituindo como meio imprescindível para o planejamento, uso e o monitoramento dos recursos naturais terrestres e vêm sendo adotadas como ferramenta na execução das políticas públicas, de nível federal, estadual e municipal, bem como na gestão ambiental.

Com relação ao uso e ocupação das terras e desmatamento descontrolado, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) oficializou as condições de desmatamento da região da Amazônia Legal, mediante política pública, por meio da Portaria N^o 303 de 30 de julho de 2003, sendo o que consta em seu Artigo primeiro: “As autorizações para desmatamento na Amazônia Legal serão

concedidas mediante o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural (LAPR) a partir de 01/7/2004” utilizando-se de geotecnologias (Brasil, 2003).

Com a Portaria do MMA, o Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural foi instituído no estado do Tocantins pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente Nº 07, de 09 de agosto de 2005 e se constitui em: “definir as áreas de reserva legal e avaliar o estado de conservação das áreas de preservação permanentes (APP’s), das áreas de vegetação remanescentes, bem como a situação das áreas convertidas para uso alternativo do solo”. Esse procedimento foi denominado no estado do Tocantins de Licenciamento Florestal da Propriedade Rural - LFPR (Tocantins, 2005).

Esse Sistema de Licenciamento pode ser interpretado como um instrumento de gestão ambiental, podendo ser implementado na sua metodologia, diretrizes de uso dos recursos naturais, particularmente o solo, por intermédio de planejamentos de uso e ocupação das terras de forma sustentável.

Estudos de compartimentação da paisagem, agregando informações dos componentes do meio ambiente tais como: solo, geomorfologia, geologia e uso e ocupação das terras, tem-se tornados freqüentes, uma vez que a geração mais detalhada das informações ambientais se tornou mais eficiente e rápida, devido à utilização de dados digitais originados dos sensores orbitais de imageamento da superfície da Terra. Vários autores têm utilizado a compartimentação da paisagem visando à manutenção sustentável dos recursos naturais, em particular os solos, entre eles: Resende et al. (2002); Guerra e Cunha (1996); Crepani et al. (2001); Dias et al. (2002); Lacerda et al. (2006); Martins et al. (2006) e Bernardes (2006).

Para Resende e Rezende (1983), o solo é considerado como o melhor estratificador de ambientes em relação ao clima, à geologia e a outros fatores do ambiente. Por essa razão, considera-se que o conhecimento detalhado dos domínios pedológicos associados às unidades geológicas e geomorfológicas de uma determinada área pode fornecer dados importantes para o planejamento e a conservação dos recursos naturais (Resende et al., 2007). Guerra e Cunha (1996) argumentaram que o estudo dos pedoambientes integra uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas neles desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em quaisquer dessas unidades podem gerar alterações no meio ambiente. Assim, os pedoambientes constituem unidades importantes de avaliação de uma região,

por representarem a caracterização conjunta dos recursos naturais associada ao uso e ocupação antrópica.

Considera-se, então, que a caracterização de unidades pedoambientais representativas do estado do Tocantins e sua implementação no LFPR podem auxiliar e se tornar um instrumento de gestão e monitoramento ambiental mais eficiente, adotando metodologias que auxiliem no planejamento e gestão racional dos recursos naturais, visando o desenvolvimento sustentável das terras no Estado.

Nesta perspectiva, este trabalho objetivou a caracterização dos principais solos e suas relações com o meio físico e vegetação nativa associada em uma área representativa do estado do Tocantins, a fim de caracterizar e individualizar Unidades Pedoambientais de ocorrência nesse Estado. Pretende-se, também, fornecer dados sobre as Unidades Pedoambientais que possam ser utilizados para colaborar na elaboração de diretrizes de planejamento de uso sustentável das terras, em auxílio ao atual Sistema de Licenciamento Florestal da Propriedade Rural do Estado.

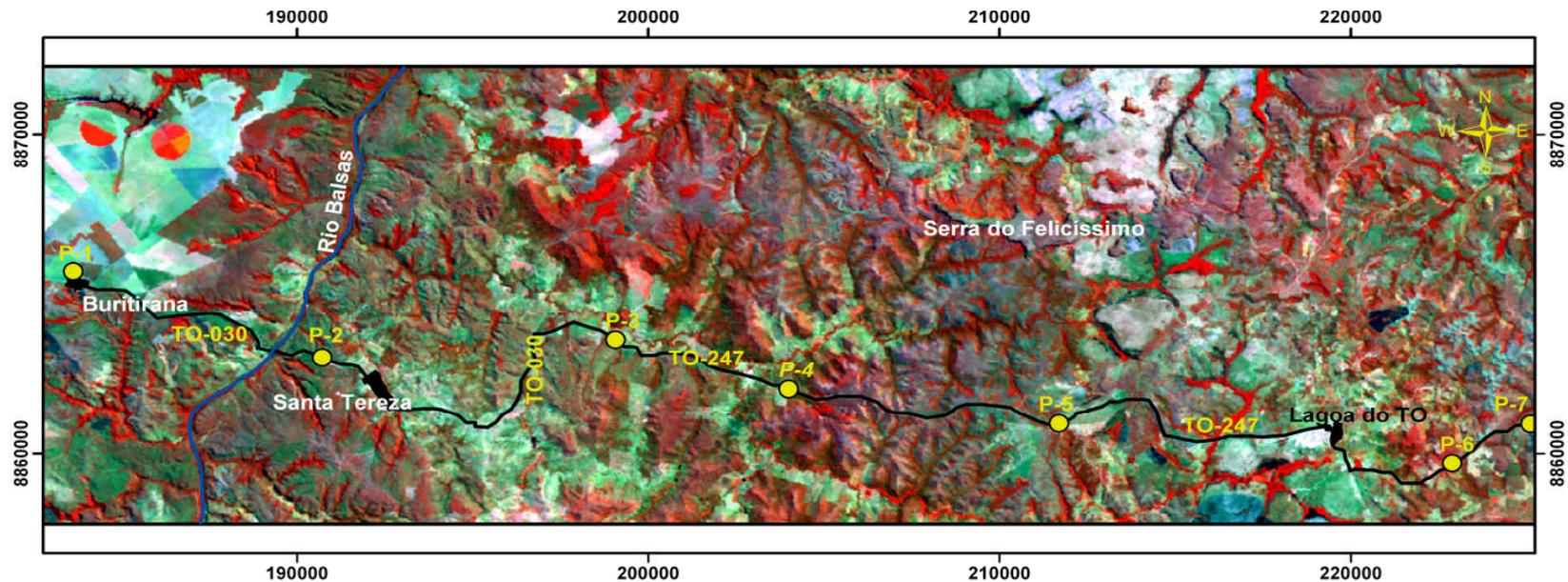
II – MATERIAL E MÉTODOS

II. 1 – Caracterização da Área de Estudo

II.1.1 – Seleção e Localização da Área de Estudo

A área de estudo foi selecionada em função da sua representatividade em relação à distribuição de classes de solos de ocorrência no estado do Tocantins, englobando um transecto pedológico no sentido oeste-leste, com 50,5 Km de extensão, com sete perfis de solos representativos, utilizando, como referência, o mapa pedológico em escala 1:250.000 realizado pela SEPLAN (2005). Os componentes do meio físico associados aos solos, como relevo e geologia, também foram considerados na seleção da área. Foram utilizados mapas temáticos disponíveis de solos, geologia e rodovias, tendo como base principal a interpretação visual de imagens de satélite para a identificação da diversidade de uso e ocupação das terras.

A área de estudo encontra-se localizada na região centro-leste do estado do Tocantins, delimitada pelas coordenadas em UTM de 8.872.129mN e 8.857.794mN e de 182.305mE e 225.710mE, totalizando 622,24 Km². Compreende, parcialmente, as áreas dos municípios de Palmas (proximidades do Distrito de Buritirana), Santa Tereza do Tocantins, Lagoa do Tocantins e Novo Acordo (Figura 01).

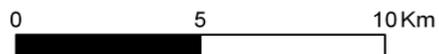


Localização da Área

Legenda

- Perfis de Solos
- Rio Balsas
- Rodovias
- Área de Estudo
- Áreas Urbanas

Escala



Projeção: Universal Transverse de Mercator
 Datum Horizontal: SAD 69
 Fuso: 22 Sul

Figura 01 – Localização da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Imagem TM/Landsat 5, 18/08/2006, Órbita/Ponto 222/67).

A área foi delimitada por meio da base cartográfica digital disponível, na escala 1:100.000 do NATURATINS (2004) e da base temática de solos na escala 1:250.000 da SEPLAN (2005), utilizando o *software* ArcGis 9.1 da ESRI (Environmental Systems Research Institute).

II.1.2 – Pedologia

Segundo IBGE (2006a), os solos encontram-se mapeados na área de estudo em escala 1:250.000 constituindo, geralmente, unidades de mapeamento em associações de classes de solos, descritas a seguir e visualizadas na figura 02:

- 1) Associação de Latossolos Vermelhos Distróficos típicos, textura argilosa a média, A moderado, fase Savana Arborizada, relevo plano e suave ondulado + Latossolos Vermelhos Distróficos Petroplínticos, textura argilosa/ argilosa muito cascalhenta e média/média muito cascalhenta, A moderado, fase Savana Arborizada, relevo plano e suave ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura argilosa, A moderado, fase Savana Arborizada, relevo plano e suave ondulado.
- 2) Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura média a argilosa, A moderado, fase Savana Arborizada, relevo suave ondulado e plano + Neossolos Litólicos Distróficos típicos, textura média cascalhenta, A fraco a moderado, fase Savana Arborizada, relevo suave ondulado.
- 3) Associação de Plintossolos Pétricos Litoplínticos típicos, textura média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta, A moderado, fase Savana Parque, relevo ondulado a forte ondulado + Plintossolos Pétricos Litoplínticos típicos, textura média muito cascalhenta, A moderado, fase Savana Parque, relevo ondulado a forte ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos ou plínticos, textura arenosa/média e arenosa cascalhenta/média cascalhenta, A moderado, fase Savana Parque, relevo ondulado e forte ondulado.
- 4) Plintossolos Pétricos Concrecionários argissólicos, textura média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta, A moderado, fase Savana Florestada, relevo suave ondulado.
- 5) Associação de Neossolos Litólicos Distróficos típicos, textura média a argilosa, A fraco a moderado, fase pedregosa, rochosa, Savana Arborizada, relevo ondulado a

forte ondulado + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos, textura média a argilosa, A fraco a moderado, fase pedregosa, Savana Arborizada, relevo ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta, A fraco a moderado, fase pedregosa, Savana Arborizada, relevo suave ondulado, ondulado a forte ondulado + Afloramentos de rochas, relevo forte ondulado.

- 6) Associação de Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, A fraco, fase Savana Parque, relevo plano a suave ondulado + Latossolos Amarelos Distróficos típicos, textura média, A moderado, fase Savana Arborizada, relevo plano a suave ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos plínticos ou típicos, textura média/argilosa e arenosa/média, A moderado a fraco, fase Savana Parque, relevo plano.
- 7) Associação de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura arenosa/média, A fraco, fase Savana Arborizada, relevo plano a suave ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, textura média, A fraco a moderado, fase Savana Arborizada, relevo plano a suave ondulado + Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, A fraco, fase Savana Parque, relevo plano + Plintossolos Pétricos Concrecionários líticos, textura média muito cascalhenta, A fraco, fase Savana Parque, relevo suave ondulado.

II.1.3 – Geologia

Segundo SEPLAN (2005) e IBGE (2006b), a área de estudo compreende três unidades geológicas: 1) Grupo Serra Grande - Formação Serra Grande (Ssg); 2) Grupo Canindé - Formações Pimenteiras (Dp), Cabeças (Dc) e Longá (Dl) e 3) Grupo Balsas - Formação Poti (Cpo), visualizadas na figura 03.

Constituem Formações Geológicas Paleozóicas, sendo a Formação Serra Grande do período Siluriano-Devoniano, as Formações Pimenteiras, Cabeças e Longá, do período Devoniano, e a Formação Poti, do período Carbonífero.

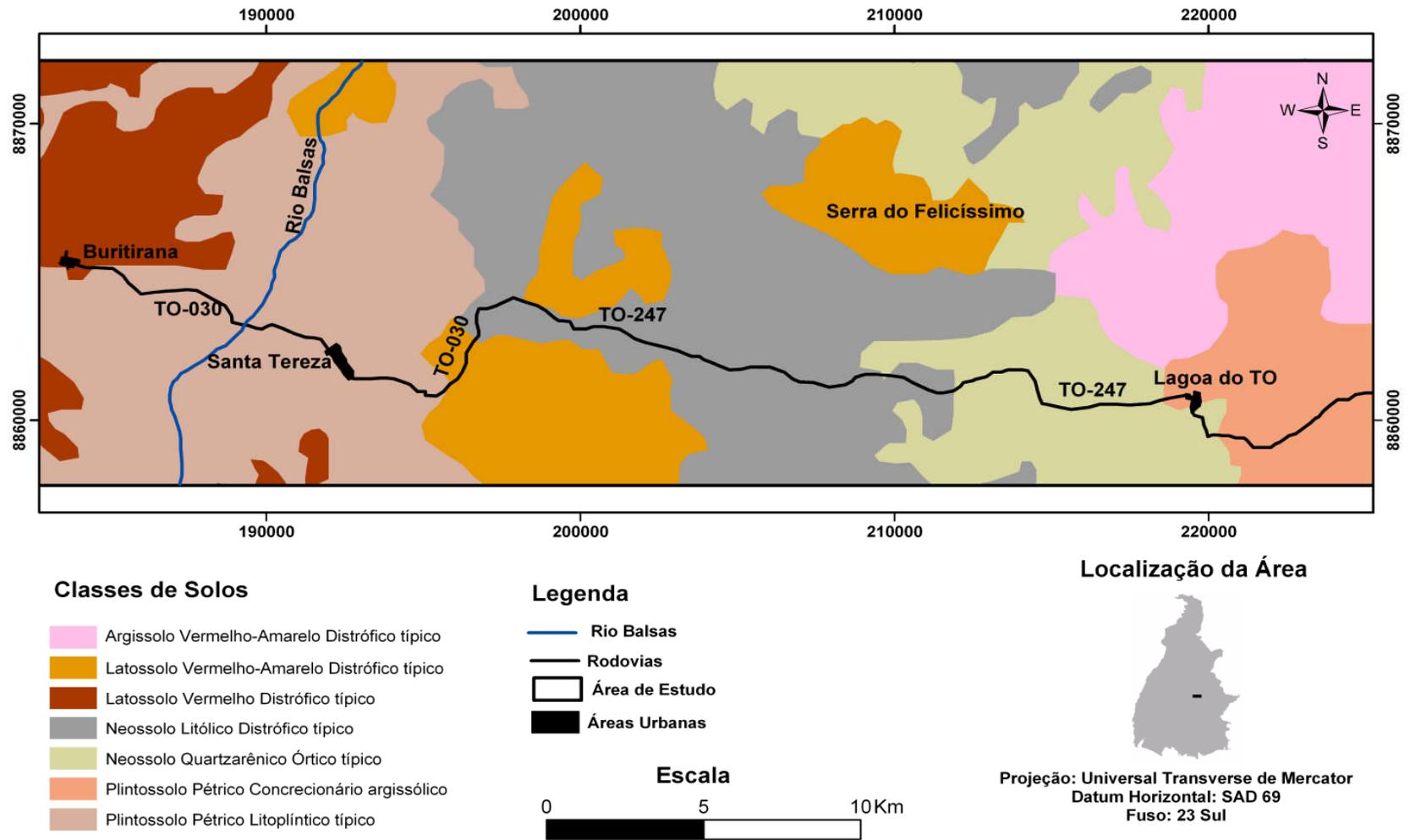


Figura 02 – Mapa de Solos da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Fonte: IBGE, 2006a).

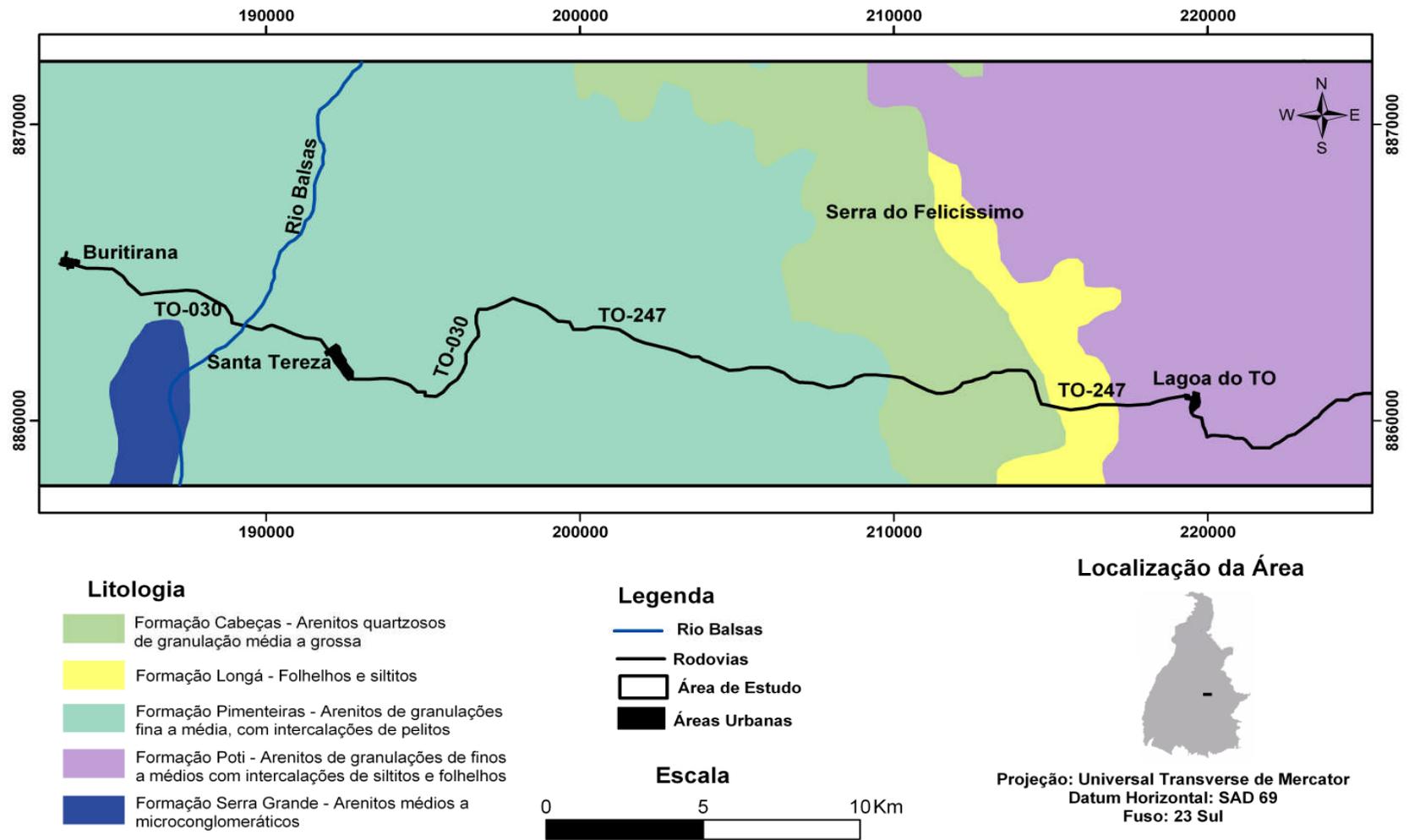


Figura 03 – Mapa de Geologia da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO (Fonte: SEPLAN, 2005).

São constituídas pelas seguintes litologias:

- 1) Formação Serra Grande (Ssg) – Arenitos médios a microconglomeráticos, conglomerados e siltitos subordinados.
- 2) Formação Pimenteiras (Dp) – Arenitos de cor cinza, granulação fina a média, com intercalações de pelitos cinza esverdeados, com acamamento regular ondulado.
- 3) Formação Cabeças (Dc) – Arenitos quartzosos de granulação média a grossa com cores acinzentadas claras que se decompõem em amarelo e vermelho acinzentado, cimentado com sílica, friável, poroso e permeável.
- 4) Formação Longá (Dl) – Folhelhos e siltitos cinza-escuro e arroxeados, micromicáceos, apresentando aleitamentos regulares ondulados e arenitos finos e homogêneos.
- 5) Formação Poti (Cpo) – Arenitos róseos e esbranquiçados, finos a médios, com intercalações de siltitos e folhelhos acinzentados, arroxeados e avermelhados e conglomerados intraformacionais.

II.1.4 – Geomorfologia

De acordo com IBGE (2006c), a área está inserida no Domínio Morfoestrutural das bacias sedimentares e coberturas inconsolidadas, onde encerram formas de relevo do tipo erosivas e de dissecação. Segundo SEPLAN (2005), as formas de relevo erosivas foram constituídas a partir de processos predominantemente erosivos, onde houve um rebaixamento das saliências, tendendo ao nivelamento do relevo, enquanto que as formas de dissecação são formas entalhadas pelos agentes erosivos, havendo uma dissecação diferencial do relevo, principalmente ao longo da rede de drenagem. Tal compartimentação foi fundamentada em interpretações de mosaicos semi-controlados de imagens de radar no âmbito do projeto RADAMBRASIL e em imagens TM/Landsat 5. As Unidades Geomorfológicas na área de estudos são:

- 1) Planalto dissecado do Tocantins;
- 2) Depressão do médio Tocantins.

II.1.5 – Clima Regional

A regionalização climática do estado do Tocantins foi realizada adotando-se o método de Thornthwaite, considerando os índices representativos de umidade, aridez e eficiência térmica (evapotranspiração potencial) derivados diretamente da precipitação e da temperatura. O clima da área de estudo foi classificado como *C2wA'a'* - clima úmido com moderada deficiência hídrica, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão, em torno de 420 mm ao longo de três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas. A precipitação concentra-se distribuída nos meses de novembro a abril e corresponde a uma média anual entre 1.600 a 1.700 mm, com a temperatura média em torno dos 27^oC (SEPLAN, 2005).

Segundo Köppen (1931), a classificação se enquadra em *Aw* – tropical úmido de savana (verão úmido), com inverno seco de quatro a cinco meses.

II.1.6 – Vegetação

O bioma Cerrado encontra-se presente em vários estados brasileiros, entre eles o estado do Tocantins. Segundo Ribeiro e Walter (1998), o bioma Cerrado é composto por várias fisionomias que englobam Formações Florestais como: Mata ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; Formações Savânicas como: Cerrado sentido restrito (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre), Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda, e as Formações Campestres como: Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo.

Na área estudada, IBGE (2006d) classificou a vegetação como Savana (Cerrado), compreendendo Savana Arborizada com presença de florestas-de-galeria, Savana Arborizada sem florestas-de-galeria, Savana Parque com florestas-de-galeria e Savana Florestada. As diversas fisionomias descritas por Ribeiro e Walter (1998) se associam na classificação adotada pelo IBGE (2006d).

II.2 – Campanhas de Campo

Foram realizadas três campanhas de campo com duração de quatro dias cada uma. Na primeira delas foi realizado o reconhecimento dos componentes do meio físico (solos, relevo e geologia) e cobertura vegetal associada, identificando e selecionando os locais representativos

para abertura de trincheiras e caracterização dos perfis dos solos de ocorrência na área de estudo. Durante a segunda campanha de campo, foram abertas as trincheiras e coletados pontos com GPS (*Global Positioning System*) de navegação Garmin, para espacialização das classes de uso e ocupação das terras, correspondentes à verdade de campo, para a validação do mapeamento de uso e ocupação das terras. Na terceira campanha de campo, foram descritos morfologicamente os perfis selecionados e coletadas suas respectivas amostras para análises laboratoriais.

II. 2.1 – Caracterização dos Solos

Foram selecionados, descritos e amostrados sete perfis de solos ao longo de um transecto pedológico, todos com desenvolvimento de vegetação nativa, sendo seis na forma de trincheiras e um em corte de estrada. Foram considerados representativos da ocorrência dos solos da área estudada, para a classificação pedológica detalhada, a fim de gerar dados para a definição e caracterização das unidades pedoambientais da área. As descrições morfológicas dos perfis dos solos foram realizadas em campo, de acordo com o Manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005). Em seguida, foram coletadas amostras dos horizontes A e B ou A e C para análises físicas e químicas em auxílio à classificação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006). Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de Física e de Química do solo na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

II.2.2 – Análises Físicas

As análises físicas realizadas foram: textura e argila dispersa em água. A partir dos dados obtidos, foram calculados os valores da relação silte/argila; o gradiente textural dos horizontes B/A e o índice de flocculação, dada pela relação de argila total após dispersão (AT) e argila dispersa em água (ADA) = $((AT - ADA) \backslash AT) \times 100$.

As análises de textura e de argila dispersa em água foram realizadas pelo Método de Boyoucos, segundo Embrapa (1997), com dispersão com NaOH 1N para a primeira. O cálculo da ADA, também seguiu determinação descrita em Embrapa (1997).

II.2.3 – Análises Químicas

As análises químicas do complexo sortivo compreenderam determinação de pH em água; cálcio e o magnésio extraídos com KCl 1N na proporção de 1:10 e titulado com EDTA 0,0025 N; potássio extraído com HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N, na proporção de 1:10 e dosado por fotometria de chama; alumínio extraído com KCl 1N, na proporção de 1:10 e determinado por titulação com NaOH 0,025 N; acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) obtida com solução de acetato de cálcio 1 N ajustada a pH 7,0, na proporção de 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,025 N; fósforo extraído com solução de HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N (Mehlich-1) na proporção 1:10 e determinado por colorimetria na presença de ácido ascórbico. Todas as análises foram realizadas de acordo com Venttori (1969) e Embrapa (1997). A matéria orgânica e o carbono orgânico foram extraídos via úmida pelo método Walkey-Black, segundo Embrapa (1997).

A partir desses dados, calcularam-se os valores de Somas de Bases (S= Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); Capacidade de Troca Catiônica a pH 7 (T= S + Al³⁺ + H⁺); CTC efetiva (t= S + Al³⁺) Saturação de Bases (V%= S / T x 100) e Saturação por alumínio (m%= Al³⁺ / S + Al³⁺ x 100).

II.3 – Caracterização do Relevo da Área Estudada

II.3.1. Altimetria

Para obtenção do Mapa de Classes Altimétricas, foi utilizada a carta topográfica digital SC.23-Y-A-1, Santa Tereza, na escala 1:100.000, a qual compreende a área de estudo, produzida pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG, 1978) para a digitalização na tela do computador das curvas de nível de 40 em 40 metros, utilizando o *software* ArcGis 9.1. Os pontos cotados e a hidrografia foram adquiridos da base cartográfica digital do NATURATINS (2004).

Em seguida, utilizou-se o módulo de extensão 3D Analyst do ArcGis 9.1, por meio do interpolador Topo to Raster. O interpolador Topo to Raster foi baseado no programa computacional ANUDEM (Universidade Nacional da Austrália – Modelo Digital de Elevação) desenvolvido por Hutchinson (1989) e constitui um dos poucos interpoladores que utiliza contornos em substituição aos pontos, como os representados pelos IDW (Inverse Distance Weighted) e Krigagem para interpolar dados, construindo, assim, o Modelo Digital do Terreno

(MDT). A partir do MDT, procedeu-se com a reclassificação, ou seja, o fatiamento das classes de altimetria e geração do respectivo Mapa de Classes Altimétricas.

II.3.2. Declividade

A partir do MDT gerado, foi confeccionado o Mapa de Classes de Declividade, reclassificado para obtenção das seguintes classes: 0-3% (relevo plano), 3-8% (relevo suave ondulado), 8-20% (relevo ondulado), 20-45% (relevo forte ondulado) e 45-75% (relevo montanhoso), que melhor representam a declividade da região.

Foram testados, para a produção do MDT, as metodologias de Rede Irregular de Triangulação (TIN) e ainda dados digitais originados do SRTM - Shuttle Radar Topography Mission - (NASA, 2007a). No entanto, os resultados produzidos tiveram baixa representatividade do relevo da área em relação ao interpolador Topo to Raster. O MDT gerado a partir da TIN não representou de forma adequada a realidade do relevo local e os dados do SRTM geraram um MDT muito fragmentado, não contínuo, dificultando sua delimitação em compartimentos homogêneos, provavelmente em função da resolução original do produto, de 90 metros.

II.4 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras

O Mapa de Uso e Ocupação das Terras, com enfoque para a cobertura vegetal natural, foi elaborado a partir de imagem do sensor remoto TM do programa Landsat 5, correspondente à órbita/ponto 222/67, datada de 18/08/2006, com resolução espacial de 30 metros, utilizando-se as bandas 3, 4 e 5 na composição colorida 4R5G3B. Esta imagem foi cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Inicialmente, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagem, por intermédio do *software* ENVI 4.3 (*Environment for Visualizing Images*), como o pré-processamento, que contempla a correção geométrica, ou seja, o georreferenciamento, que foi efetuado por meio de imagem x imagem, utilizando como imagem base de referência, a cena órbita/ponto 222/67 ortorretificada da NASA do ano 2000 (NASA, 2007b). Estes produtos são denominados de *GEOCOVER* 2000 e consistem em um padrão de correção geométrica determinado cientificamente (Tucker et al., 2004), conforme dados descritos na tabela 01.

Para o Erro Médio Quadrático (RMS – *Root Mean Square*), utilizaram-se os parâmetros de qualidade de georreferenciamento preconizados por Tucker et al. (2004) e SULSOFT (2006), os quais foram calculados diretamente pelo *software* ENVI 4.3.

Tabela 01 - Especificações Técnicas dos Mosaicos de Cenas *GEOCOVERT* 2000.

<i>Especificações</i>	<i>Características</i>
Método de reamostragem:	Vizinho mais próximo
Resolução Espacial	28.5m (óptico) e 114m (termal)
Projeção	UTM – zona determinada no centro da cena
Datum	WGS 84
Erro Médio de Posicionamento Horizontal	50m
Erro Médio de Posicionamento Vertical	1 arco segundo

FONTE: Tucker et al. (2004).

Posteriormente, foi realizada a conversão do Datum WGS 84 para o SAD 69, que corresponde ao Datum utilizado nas bases cartográficas e temáticas disponíveis do estado do Tocantins, com manutenção do mesmo sistema de projeção cartográfica, Universal Transverse de Mercator (UTM). Em seguida, foi feito o recorte da imagem que compreende a área de estudo e foi aplicado o realce linear de 2% no recorte da imagem, utilizando o *software* ENVI 4.3.

Para a individualização de classes de uso e ocupação das terras e posterior confecção do Mapa de Uso e Ocupação das Terras, foi realizada a classificação não-supervisionada, com o classificador ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*), disponível no ENVI 4.3. O algoritmo de classificação ISODATA é um algoritmo de agrupamento (*clustering*) de pixels similares e o método se baseia na menor distância euclidiana entre os pixels a fim de compor uma classe. O processo começa com um determinado número de classes estipulado pelo usuário e o ajustamento das médias é feito no decorrer das interações pré-estabelecidas (Meneses, 2003).

Foram realizadas diversas classificações com quantidades variadas de classes, chegando a um máximo de 35 (trinta e cinco) com 17 (dezessete) iterações, objetivando separar grupos espectrais que individualizassem melhor os alvos homogêneos da área de estudo. No entanto, mesmo com 35 classes utilizadas, em função da resposta espectral semelhante dos alvos, não foi

possível separar espectralmente em toda a área as diversas classes de uso e ocupação, tais como: Mata galeria, Mata ciliar e Cerradão (Formações Florestais) Campo Nativo (Formações Campestres) e Pastagem Plantada, Área Urbana, Solo Exposto preparado para cultivo e Áreas Agricultáveis. Para as Formações Florestais, Campo Nativo e Pastagem Plantada, optou-se pelo agrupamento ou associação dessas classes, para as classes de Área Urbana, Solo Exposto preparado para cultivo e Áreas Agricultáveis utilizou-se digitalização manual na tela do computador por meio da interpretação visual da imagem, o que restringiu a um total de dez classes.

A delimitação das Áreas Agricultáveis, ou seja, classe denominada Agricultura, foi realizada pela digitalização manual, por meio da interpretação visual da imagem, uma vez que grande parte da área destinada à agricultura anual se encontrava em condições de preparo para plantio (solo exposto preparado para cultivo) em função da data do imageamento pelo satélite TM/Landsat 5 (agosto de 2006).

Assim, a classificação da imagem de satélite teve, como utilização principal, o classificador automático não-supervisionado (ISODATA) com digitalização e correções manuais mediante interpretação visual da imagem. Esse procedimento tornou-se necessário para a obtenção do Mapa de Uso e Ocupação das Terras mais realista e representativo da área de estudo.

As descrições das classes mapeadas adotadas seguem abaixo, sendo que a cobertura vegetal natural, quanto às fisionomias do bioma Cerrado foram caracterizadas em gradações do estrato e da densidade vegetal segundo Ribeiro e Walter (1998):

- 1) Mata (Mata de galeria, Mata ciliar e Cerradão) – Mata de galeria e Mata ciliar são Formações Florestais do Cerrado que estão associadas aos cursos de água. Mata de galeria acompanham os rios de pequeno porte e córregos formando corredores fechados (galerias) sobre os cursos de água. Mata ciliar acompanham os rios de médio e grande porte e não formam galerias. O Cerradão também é considerado uma formação florestal do Cerrado com presença de espécies que ocorrem nas matas e no Cerrado sentido restrito, está associado ao relevo localizados nas regiões de interflúvios.
- 2) Cerrado Denso – Pertence às Formações Savânicas, sendo uma das classes que compõem Cerrado sentido restrito que se caracteriza pela presença de estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo. Portanto, Cerrado Denso é um subtipo de vegetação

predominantemente arbóreo, representa a forma mais densa e alta do Cerrado sentido restrito, sendo que os estratos arbustivos e herbáceos são mais ralos, provavelmente devido ao sombreamento resultante da maior densidade de árvores.

- 3) Cerrado Típico – Pertence às Formações Savânicas, como uma das classes que compõem Cerrado sentido restrito. Cerrado Típico é também um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, trata-se de uma forma comum e intermediária entre Cerrado Denso e Cerrado Ralo.
- 4) Cerrado Ralo - Pertence às Formações Savânicas, também compõe o Cerrado sentido restrito que se caracteriza pela presença de estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo. Cerrado Ralo é um subtipo de vegetação arbóreo-arbustivo, que representa a forma mais baixa e menos densa de Cerrado sentido restrito, o estrato arbustivo-herbáceo é mais destacado que no Cerrado Típico e Cerrado Denso.
- 5) Campo/Pastagem – Formações Campestres representadas por Campo Sujo e Campo Limpo. Campo Sujo caracteriza-se pela presença marcante de arbustos e subarbustos entremeados no estrato herbáceo. No Campo Limpo, a presença de arbustos e subarbustos é insignificante, com ausência de árvores e com predomínio do estrato herbáceo. Foi associado à classe Pastagem plantada.
- 6) Vegetação Secundária – Áreas onde a vegetação original foi alterada e que se encontra em fase de recuperação ou regeneração natural.
- 7) Agricultura – Áreas com cultivos anuais e terrenos preparados para cultivos.
- 8) Solo Exposto – Áreas desprovidas ou com insignificante biomassa verde.
- 9) Corpos d'Água – Áreas representadas pelos rios, córregos, reservatórios artificiais e naturais de água.
- 10) Área Urbana – Centros urbanos dos municípios representados pelo Distrito de Buritirana e as cidades de Santa Tereza do Tocantins e Lagoa do Tocantins.

Para eliminar os pixels isolados, foi utilizado um filtro passa baixa (*clump*), disponível no ENVI 4.3, que tem a função de aglutinação, ou seja, homogeneização dos pixels classificados.

Com estes procedimentos foi realizada a avaliação da confiabilidade da exatidão da classificação.

Após a validação do produto, procedeu-se a pós-edição da classificação, com objetivo de refinamento visual no mapeamento, seguida da vetorização, por intermédio do ENVI 4.3,

obtendo um arquivo vetorial no formato shapefile (shp), compatível para manuseio no *software* ArcGis 9.1. Com isso, foram determinados pelo ArcGis 9.1, os cálculos das áreas em hectares, Km² e porcentagens para todas as classes.

O Mapa de Uso e Ocupação das Terras foi gerado em escala correspondente a 1:100.000, compatível com os produtos derivados das imagens do sensor TM/Landsat 5.

II.5 – Avaliação da Confiabilidade da Exatidão da Classificação

Para avaliar a exatidão do Mapa de Uso e Ocupação das Terras, foi utilizado o coeficiente Kappa, conforme descrito por Congalton e Green (1999). Para o cálculo do coeficiente, é necessária a construção de uma matriz de erros (tabela de contingência), que possibilita a comparação das classes individualizadas no Mapa gerado de Uso e Ocupação das Terras e a verdade de campo. Esta foi adquirida com 120 pontos coletados com a caracterização das classes de uso e ocupação definidas neste trabalho, georreferenciados no campo com GPS (*Global Positioning System*) de navegação Garmin, distribuídos por toda a área de estudo.

A matriz obtida possibilita os cálculos da Exatidão Global, índice Kappa, erros de inclusão (comissão) e erros de omissão, sendo que suas equações foram extraídas de Ponzoni e Rezende (2002).

Os componentes da diagonal principal da matriz de erros fornecem o número de pontos classificados corretamente para cada classe de uso e ocupação correspondente, enquanto que suas linhas e colunas, indicam a quantidade de pontos mal classificados, denominados de erros de inclusão, ou seja, quando um ponto correspondente à verdade de campo é atribuído a uma classe a qual não pertence e erros de omissão, quando um ponto de verdade de campo não é atribuído à classe apropriada no mapeamento gerado.

O índice Kappa ou coeficiente de concordância foi obtido por meio da seguinte equação:

$$K = \frac{N \sum x_{ii} - \sum x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+} x_{+i}} \quad (01)$$

Onde i varia de 1 até o número de linhas ou colunas da matriz de erros.

N = Número total de amostras (ou observações);

x_{i+} = Soma dos valores da linha i;

x_{+i} = Soma dos valores da coluna i; e

x_{ii} = Número de observações dos elementos da diagonal da matriz, na linha i e coluna i

O cálculo da Exatidão Global foi obtido por meio da seguinte equação:

$$EG = A / N * 100 \quad (02)$$

Onde:

EG= Exatidão Global

A= acerto geral (pontos amostrais com acertos = diagonal da matriz)

N= número de pontos amostrais (soma total dos pontos).

II.7 – Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação da aptidão agrícola das terras dos perfis de solos do transecto pedológico de estudo foi realizada com base na metodologia descrita por Ramalho Filho e Beek (1995), utilizando o quadro-guia da região de clima tropical-úmido como referência (Tabela 02). O quadro-guia se constitui em uma orientação geral para a classificação da aptidão agrícola das terras, de forma que a metodologia se torna interpretativa. Os dados das análises físicas e químicas e da descrição morfológica dos perfis juntamente com as observações realizadas no campo e interpretação dos Mapas gerados de Classes de Altimétricas e Declividade e do Uso e Ocupação das Terras, possibilitaram a utilização do quadro-guia para a classificação da aptidão agrícola das terras em função do grau limitante mais forte, quais sejam: 1) deficiência de fertilidade; 2) deficiência de água; 3) deficiência de oxigênio; 4) suscetibilidade à erosão; e 5) impedimentos à mecanização, todos em função dos tipos de manejo A, B e C adotados. Os dados de altimetria e declividade extraídos dos mapas elaborados permitiram diagnosticar o grau de limitação da suscetibilidade à erosão e ao impedimento à mecanização, entretanto, as análises de textura, índice de floclulação e a presença de cascalhos contribuíram, também, para a avaliação desses fatores.

Tabela 02 - Quadro-Guia de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (região de clima tropical-úmido).

Aptidão Agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para níveis de manejo A, B e C									Tipo de utilização indicado						
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água				Susceptibilidade à Erosão			Impedimentos à Mecanização		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
1	1ABC	Boa	N/L	<u>N/L1</u>	<u>N2</u>	L/M	L/M	L/M	L	<u>L1</u>	<u>N/L1</u>	L/M	<u>N/L1</u>	<u>N2</u>	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	<u>L1</u>	<u>L2</u>	M	M	M	M	<u>L/M1</u>	<u>L2</u>	M	<u>L/M1</u>	<u>N2/L2</u>	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	M/F	M/F	M/F	M/F	<u>M1</u>	<u>L2/M2</u>	F	<u>M1</u>	<u>L2</u>	F	M/F	M	
4	4P	Boa		<u>M1</u>		M			F1			M/F1			M/F		Pastagem Plantada	
	4p	Regular		<u>M1/F1</u>		M/F			F1			F1			F			
	4(p)	Restrita		<u>F1</u>		F			F1			MF			F			
5	5S	Boa		<u>M/F1</u>		M			L1			F1			M/F		Silvicultura e/ou Pastagem natural	
	5s	Regular		<u>F1</u>		M/F			L1			F1			F			
	5(s)	Restrita		<u>MF</u>		F			L/M1			MF			F			
	5N	Boa	M/F			M/F		M/F				F			MF			
	5n	Regular	F			F		F				F			MF			
5(n)	Restrita	MF			MF		F				F			MF				
6	6	Sem aptidão agrícola		-			-			-			-			-	Preservação da fauna e da flora	

Onde: grau de limitação: N – Nulo, L – Ligeiro, M – Moderado, F – Forte, MF – Muito Forte, / – Intermediário. Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas dos solos, descritos em Ramalho Filho & Beek (1995).

II.8 – Caracterização das Unidades Pedoambientais

Foi adotado o termo Unidades Pedoambientais para representar uma porção territorial representativa dos solos e seus fatores de formação, particularmente o relevo, em associação com a cobertura vegetal (uso e ocupação das terras), bem como sua aptidão agrícola.

Para a caracterização das Unidades Pedoambientais na região de estudo, foi utilizado, como base os mapas de solos elaborados pelo IBGE (2006a) e pela Seplan (2005), sendo os dois em escala 1:250.000 associados aos demais temas do meio físico disponíveis, assim como, a caracterização dos solos dos perfis 1 a 7, tais solos representam, na sua maioria, as classes principais das associações das unidades do mapeamento realizado pelo IBGE (2006a).

Nas Unidades Pedoambientais individualizadas, foi avaliado o uso agropecuário das suas terras, assim como foram sugeridas orientações de uso racional, com base nas características de relevo e dos principais solos de ocorrência e na aptidão agrícola das terras, visando fornecer dados para otimizar o Licenciamento Florestal da Propriedade Rural no Estado do Tocantins.

Por meio do ArcGis 9.1. foi elaborado o Mapa de Unidades Pedoambientais em escala de 1:250.000, além dos cálculos das áreas para cada Unidade em hectares, Km² e porcentagens.

III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

III.1 – Caracterização dos Solos da Área Estudada

III.1.1 – Atributos Morfológicos

Os atributos morfológicos descritos dos sete perfis analisados contribuíram com informações que permitiram a identificação dos horizontes diagnósticos B ou C, para a classificação dos solos segundo SiBCS (Embrapa, 2006). As descrições morfológicas completas dos sete perfis representativos do transecto pedológico encontra-se no anexo 01.

A tabela 03 apresenta, de forma resumida, os atributos morfológicos dos sete perfis estudados.

Os perfis 1 e 3 apresentam muito profundos e desenvolvidos em topografias planas em classes de declividade de 2 a 3%. As cores de Münsell (1994) variaram do vermelho ao vermelho-amarelado, permitindo a individualização em Latossolo Vermelho – LV (Perfil 1 – P1) e Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA (Perfil 3 – P3), com matiz 2,5YR variando valor e croma para os horizontes A e Bw no Latossolo Vermelho e de 5YR variando valor e croma para os

horizontes A e Bw no Latossolo Vermelho-Amarelo. Nos Latossolos Vermelhos, a presença de hematita é provavelmente decorrente de litologias pelíticas de origem, com teor moderado de Fe, enquanto que os Latossolos Vermelho-Amarelos, predomínio da goethita que proporciona a cor amarelada ao solo, é possivelmente derivado de litologias pelíticas mais pobres em Fe, uma vez que não se observaram problemas de drenagem interna nos perfis 1 e 3 (Fotos 1 e 2).

O Perfil 2 (P2), é constituído por Plintossolo Pétrico (FF), também se desenvolve em topografia plana a suave ondulado em classes de declividade de 2 a 8%. Apresentam matiz 2,5YR (Foto 3), onde se destaca o horizonte litoplúntico como seu principal atributo diagnóstico. Já no Perfil 4 (P4), o solo foi caracterizado como Cambissolo Háptico (CX) desenvolvido em superfície mais declivosa, com classe de declividade em 18% e matiz 7,5YR (Foto 4).

O Perfil 5 (P5) e o Perfil 7 (P7), são constituídos por Neossolos Quartzarênicos – RQ. Ocorrem em relevos planos de 2 a 3% de declividade e apresentam variação no matiz, de 5Y a 7,5YR, provavelmente em função de variação de material de origem arenoso, com ocorrências diferenciadas de horizontes ou camadas constituídas por concreções ferruginosas (Fotos 5 e 6).

Já o Perfil 6 (P6) é constituído por Neossolo Regolítico – RR, desenvolvidos em relevos suave ondulados com 4% de declividade, apresentaram matiz 5YR (horizonte A) a 7,5YR (horizontes C), preservam a estratificação horizontalizada das litologias de origem, com um estrato superior arenoso, e um estrato inferior argiloso, em função da diversidade litológica psamítica e pelítica, respectivamente (Foto 7).

III.1.2 – Atributos Físicos dos Solos

As análises granulométricas dos diferentes horizontes dos perfis dos solos estudados permitiram a classificação textural dos mesmos.

As texturas dos solos apresentaram variações ao longo do transecto pedológico, devido à variação do material de origem (Tabela 04). O Latossolo Vermelho (P1) e o Cambissolo (P4) apresentam texturas argilosas, desenvolvidos a partir de litologias da Formação Pimenteiras - Grupo Canindé, particularmente das rochas pelíticas como os folhelhos e siltitos. Já o Plintossolo (P2) e o Latossolo Vermelho-Amarelo (P3) mostraram texturas franco-argilo-arenosas nos horizontes A, e nos horizontes B, a textura variou de argilosa a argilo-arenosa, respectivamente, também tendo, como material de origem, a Formação Pimenteiras do Grupo Canindé, porém, em rochas mais arenosas.

Tabela 03 – Atributos Morfológicos dos Perfis dos Solos da Área de Estudo (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).

Horiz.	Prof.	Cor Münsell	Textura	Estrutura	Consistência
Perfil 1 - Latossolo Vermelho - LV					
A	0- 10 cm	2,5YR 3/3	Argilosa	moderada a forte muito pequena a média grumosa	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
AB	10- 40 cm	2,5YR 4/6	Argilosa	forte muito pequena a média granular	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
Bw	40 cm+	2,5YR 4/8	Argilosa	forte muito pequena a média granular	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
Perfil 2 – Plintossolo Pétrico - FF					
Ac	0- 40 cm	2,5YR 3/2	Franco_argilo_arenosa cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas	moderada muito pequena a média grumosa	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
ABc	40- 60 cm	2,5YR 4/3	Franco_argilo_arenosa cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas	moderada a forte muito pequena a média granular, cascalhenta	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
Bc	60- 120 cm	2,5YR 4/8	Argilosa cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas	moderada a forte muito pequena a média granular	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
F	120 cm +	2,5YR 4/8	Concreções ferruginosas	Concreções ferruginosas	
Perfil 3 - Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA					
A	0- 15 cm	5YR 4/6	Franco_argilo_arenosa	moderada a forte muito pequena a média grumosa	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
AB	15- 35 cm	5YR 5/6	Argilo-arenosa	moderada a forte muito pequena a média granular	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
Bw	35 cm+	5YR 5/8	Argilo-arenosa	forte muito pequena a média granular	macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
Perfil 4 - Cambissolo Háptico - CX					
A	0- 30 cm	7,5YR 5/4	Argilosa muito cascalhenta	moderada média a grande blocos subangulares que se desfazem em pequenos blocos subangulares	macia, friável, muito plástica e pegajosa
Bi	30- 65 cm	7,5YR 5/8	Argilosa	moderada média a grande blocos subangulares que se desfazem em pequenos blocos subangulares	macia, friável, plástica e pegajosa
BC	65 – 100 cm	7,5YR 5/8	Argilosa	moderada a grandes blocos	macia, friável, plástica e pegajosa
C	100 cm+	7,5YR 5/8	Argilosa	estrutura original da rocha preservada	Firme, plástica e pegajosa

Continua...

Perfil 5 - Neossolo Quartzarênico - RQ					
A	0- 10 cm	2,5Y 5/2	Arenosa	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
C	10- 65 cm	5Y 6/3	Franco-arenosa	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
Cc	65 – 95 cm	5Y 6/3 – 10R 3/6 e 2,5Y 5/2	Franco-arenosa com calhaus de concreções ferruginosas	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
F	95 – 107 cm	10R 3/6	Concreções ferruginosas	Concreções ferruginosas	
Cr	107 cm+	5Y 6/3 – 10R 3/6 e 2,5Y 5/2	Franco-arenosa	estrutura original da rocha preservada	solta, não plástica e não pegajosa
Perfil 6 - Neossolo Regolítico - RR					
1A	0 - 20	5YR 3/4	Areia-franca	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
1C	20- 100 cm	7,5YR 5/6	Franco_argilo_arenosa	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
1Cc	100- 110 cm	5YR 3/4	Franco_argilo_arenosa concreções e calhaus de concreções ferruginosas	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
2Cr	110 – cm+	7,5YR 5/6	Argilosa	estrutura original da rocha preservada	Firme, plástica e pegajosa
Perfil 7 - Neossolo Quartzarênico - RQ					
A	0- 5 cm	7,5YR 4/2	Arenosa	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
C	5- 120 cm	7,5YR 5/8	Areia-franca	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
Cc	120– 135 cm	7,5YR 5/8	Arenosa com calhaus de concreções ferruginosas	grãos simples não coerentes	solta, não plástica e não pegajosa
Cr	135 cm+	7,5YR 5/8	Arenosa	estrutura original da rocha	solta, não plástica e não pegajosa

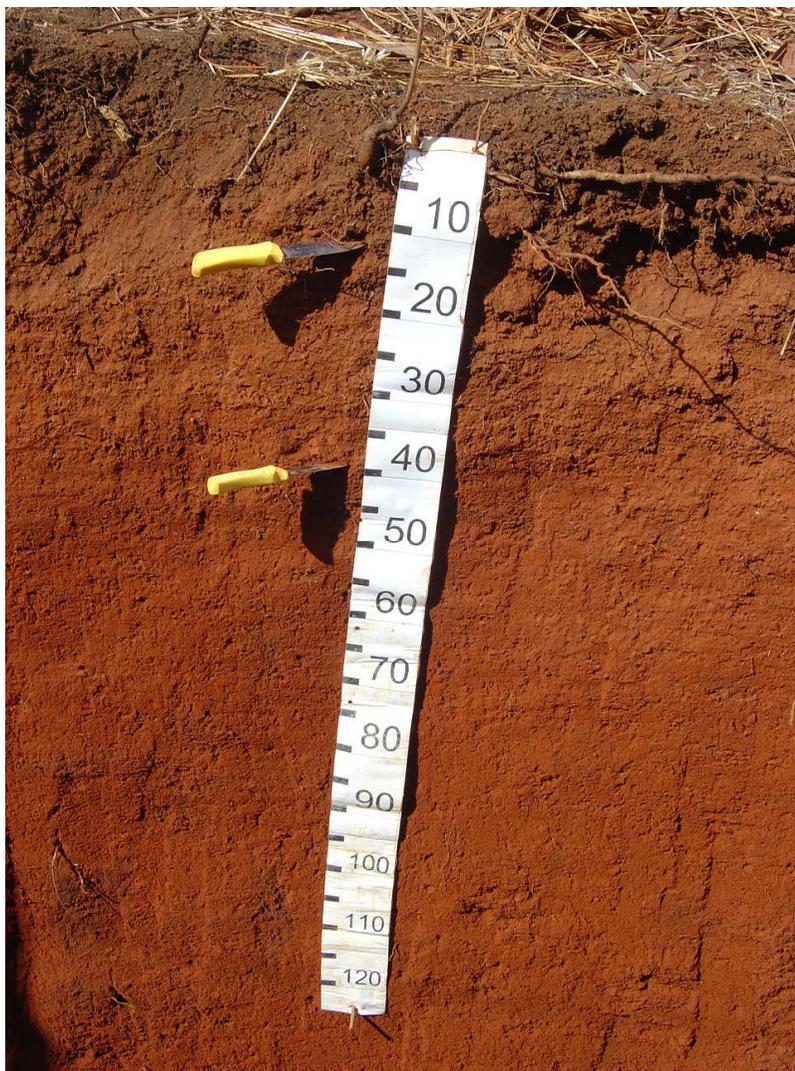


Foto 01 – Latossolo Vermelho Distrófico típico (Perfil 1).



Foto 02 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (Perfil 3).

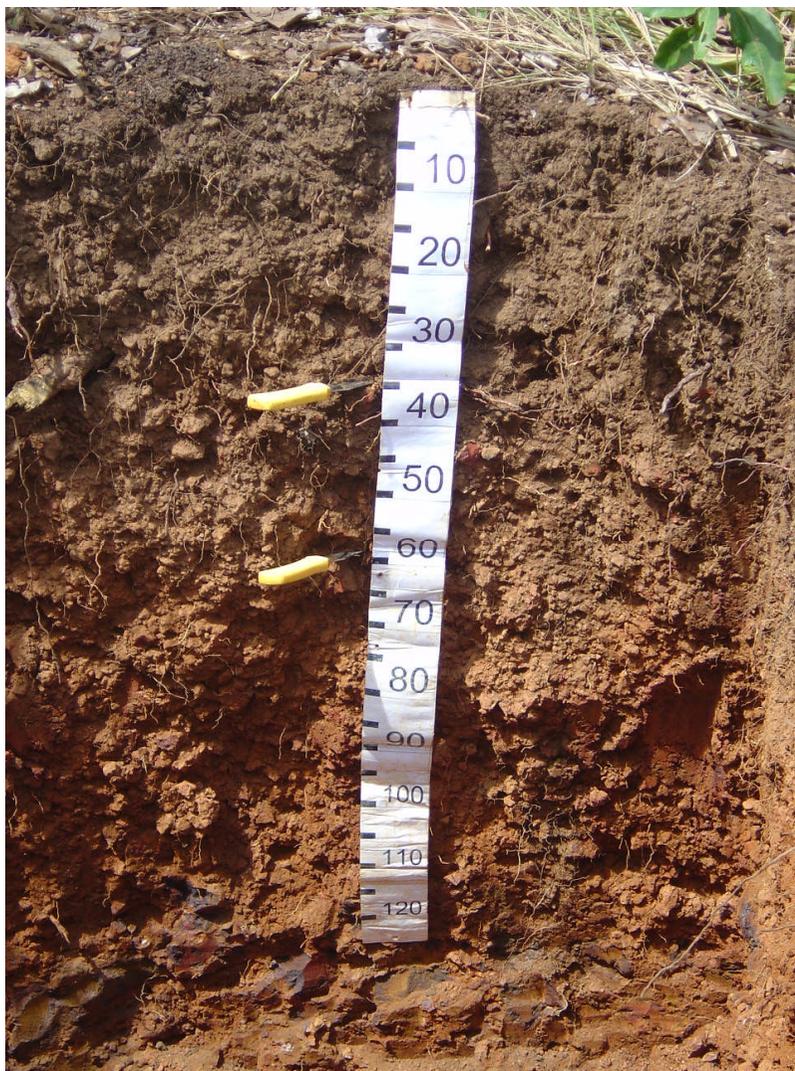


Foto 03 – Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (Perfil 2).



Foto 04 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (Perfil 4).

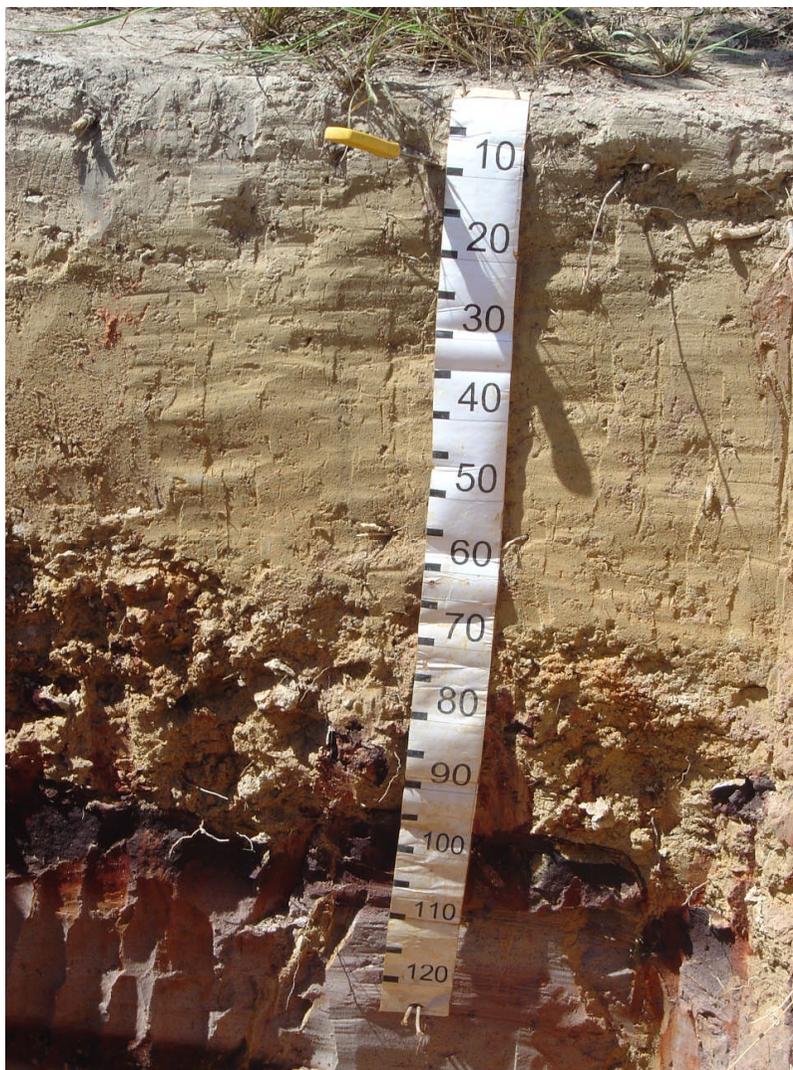


Foto 5 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 5).



Foto 06 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Perfil 7).



Foto 7 – Neossolo Regolítico Distrófico típico (Perfil 6).

Tabela 04 - Resultados das Análises Físicas dos Perfis dos Solos Estudados (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).

Horizontes	Profundidades cm	Areia	Argila	Silte	Silte\Argila	Gradiente Textural B\A	*ADA (g kg ⁻¹)	Índice de Floculação %	Classes Texturais
Perfil 1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico - LVd									
A	0 - 10cm	385,3	435,5	179,2	0,41	-	165,9	61,9	Argilosa
Bw	40cm+	239,9	595,8	164,3	0,27	1,37	41,0	93,0	Argilosa
Perfil 2 - Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico - FFc									
Ac	0 - 40cm	583,9	324,8	91,3	0,28	-	102,4	68,47	Franco_argilo_a renosa
Bc	60 - 120cm	424,0	454,8	121,2	0,26	1,40	110,9	75,61	Argilosa
Perfil 3 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico - LVAd									
A	0 - 15cm	490,5	305,7	203,8	0,66	-	101,9	66,66	Franco_argilo_a renosa
Bw	35cm+	485,5	383,4	131,1	0,34	1,25	17,3	95,48	Argilo_arenosa
Perfil 4 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico - CXbd									
A	0 - 30cm	323,2	426,0	250,8	0,58	-	243,9	42,74	Argilosa
Bi	30 - 65cm	182,5	529,9	287,6	0,54	1,24	20,2	96,82	Argilosa
Perfil 5 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico - RQo									
A	0 - 10cm	846,9	80,3	72,8	-	-	-	-	Arenosa
C	10 - 65cm	708,7	160,7	130,6	-	-	-	-	Franco_arenosa
Perfil 6 - Neossolo Regolítico Distrófico típico - RRd									
1A	0 - 20cm	796,0	120,7	83,3	-	-	-	-	Areia_franca
1C	20 - 100cm	616,7	232,0	151,3	-	-	-	-	Franco_argilo_a renosa
Perfil 7 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico - RQo									
A	0 - 5cm	896,7	80,4	22,9	-	-	-	-	Arenosa
C	5 - 120cm	849,4	120,5	30,1	-	-	-	-	Areia_franca

*ADA = Argila Dispersa em Água

O Neossolo Quartzarênico (P5) apresentou textura arenosa a franco-arenosa e apresenta arenitos, diamictitos e siltitos arenosos da Formação Cabeças, também do Grupo Canindé, como materiais de origem. O Neossolo Regolítico (P6) e o Neossolo Quartzarênico (P7) desenvolveram-se a partir de litologias da Formação Poti do Grupo Balsas, predominando arenito no P7, com textura arenosa a areia-franca. No P6, ocorre estratificação de arenitos e folhelhos ou siltitos, originando textura franco-argilo-arenosa no horizonte subsuperficial.

De modo geral, o teor de argila tende a aumentar com a profundidade em direção aos horizontes diagnósticos dos solos estudados, uma tendência bem definida no Neossolo Regolítico, que preserva estratificação horizontalizada original das litologias de origem, com estratos superiores mais arenosos e inferiores mais argilosos.

A avaliação da textura, juntamente com a porosidade do solo, servem na inferência do potencial de compactação, principalmente em relação ao período da utilização e intensidade no uso de máquinas, da disponibilidade de água, da aeração, da condutividade do solo ao ar, à água e ao calor, da infiltração e da redistribuição da água, conforme Prevedello (1996). Sendo assim, a textura dos solos interfere sobremaneira no potencial agrícola dos solos.

Segundo Oliveira (2005), as classes texturais presentes ao longo do perfil de um solo determinam importantes implicações no comportamento agrícola e geotécnico dos solos, pois relacionam diretamente com o fluxo interno da água e com os fenômenos de coesão e adesão, de expansão e retração, de adsorção de íons, entre outros. Esses atributos, por sua vez, se manifestam direta e indiretamente na facilidade do preparo do solo para o plantio e nas práticas de cultivo adotadas; na dose de fertilizantes, corretivos e herbicidas; na quantidade de água para irrigação; na reserva de água para as plantas, e conseqüentemente, na fisiologia das mesmas; no dimensionamento da rede de drenagem; na erodibilidade dos solos; na capacidade filtrante dos solos, entre outros.

A relação silte/argila nos solos estudados apresentou valores muito baixos para os Latossolos e Plintossolos (P1, P2 e P3), mostrando elevado grau de intemperização destes solos, menores que o limite superior de 0,6 a 0,7 indicado para identificação de horizonte Bw para solos de textura argilosa e média, respectivamente (Embrapa, 2006). Quanto ao Cambissolo (P4), a relação silte/argila não foi um bom indicador para determinar o grau de intemperismo do solo e a classe de solo. A justificativa para o baixo valor da relação silte/argila pode ser o material de origem, uma rocha pelítica já pré-intemperizada, com baixos teores de silte, não apresentando

quantidade significativa para influenciar na formação dos solos da área de estudo, até mesmo nos Cambissolos. Almeida et al. (1997) observaram que a variação do material de origem no Cambissolo torna a relação silte/argila um indicador ineficiente para sua diferenciação, particularmente em litologias de origem sedimentar.

Em nenhum dos solos classificados, foi constatado gradiente textural que pudesse caracterizar a presença de horizonte B textural (Bt). Visto que os solos com presença de horizonte B, apresentaram relação B/A abaixo de 1,5, conforme parâmetros estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006).

Os dados dos índices de floculação proporcionam indicativos sobre o grau de estabilidade dos agregados, onde valores altos no índice de floculação implica em valores baixos de argila naturalmente dispersa em água. Nos solos avaliados, os teores de argila dispersa em água foram maiores no horizonte A em relação aos horizontes Bw (P1 e P3), Bc (P2) e Bi (P4), discordando de Costa et al. (2006) ao analisar um Cambissolo Húmico, o qual encontrou teores de argila dispersa em água menores no primeiro horizonte, sendo que esta diferença poderia estar relacionada com o conteúdo de matéria orgânica, cátions trocáveis, ciclos de umedecimento e secagem, atividade biológica, especialmente raízes, alguns destes favorecendo a floculação da argila. No presente trabalho, os dados menores de argila dispersa em água nos horizontes Bw em relação aos horizonte A, e conseqüentemente, com maiores índices de floculação nesses horizontes, concordaram com Resende et al. (2007) que relataram que os Latossolos, correspondentes a solos enriquecidos em sesquióxidos de Fe e Al, que são agentes agregantes dos solos, apresentam altos valores de índices de floculação, chegando muitas vezes a 100%, servindo como atributo acessório para definição da classe dos Latossolos. Moura Filho e Buol (1972) constataram que os Latossolos com maior grau de intemperismo apresentam formação de microagregados resistentes à dispersão, corroborados pelo trabalho de Ferreira et al. (1999), que demonstrou que os Latossolos gibbsíticos desenvolvem estrutura granular muito mais estável em relação aos Latossolos caulínicos. Justifica-se, assim, os maiores índices de floculação avaliados nos horizontes subsuperficiais dos solos com alto grau de intemperismo, conforme analisado pela relação silte/argila onde a mineralogia sesquióxida deve ter superado o poder agregante da matéria orgânica nos horizontes superficiais.

Nos perfis P5, P6 e P7 não foram analisados argila dispersa em água (ADA), visto de se tratarem de solos arenosos, o que representa baixa presença de argila, e ainda, horizonte A

seguido de horizonte C. Conseqüentemente o índice de floculação não foi calculado em função da dependência dos dados de ADA.

III.1.3 – Atributos Químicos dos Solos

Os resultados obtidos pelas análises químicas permitiram a caracterização química dos solos estudados, visando o conhecimento sobre sua fertilidade natural, bem como estabelecer relações com os respectivos materiais de origem, além de auxiliar a classificação no SiBCS (Embrapa, 2006)

Os solos apresentaram características químicas bem semelhantes, provavelmente em função dos materiais de origem, constituídos por rochas sedimentares pré-intemperizadas de natureza psamítica a pelítica. Os solos analisados, conforme mostra os dados da tabela 05, apresentaram valores baixos de pH em H₂O no horizonte A, caracterizando solos fortemente ácidos (P6), medianamente ácidos (P1, P2, P3, P4 e P7) a fracamente ácido (P5). Para o horizonte B ou C, conforme sua morfologia, configura-se da seguinte forma: fortemente ácido em (P5), medianamente ácidos (P2, P3, P6 e P7) e fracamente ácido (P1), segundo classes de acidez dos solos adotadas pela Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988).

O alumínio trocável (Al³⁺) e acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foram, geralmente, maiores nos horizontes A dos solos estudados, provavelmente em decorrência da presença de matéria orgânica. Para Resende et al. (2007), os Cambissolos sob vegetação de Cerrado freqüentemente apresentam altos teores de alumínio trocável, sendo atestado que o P4 foi o solo que apresentou o maior valor de Al³⁺ no horizonte Bi em relação aos outros perfis, com 1,30 cmolc kg⁻¹.

Foi constatado baixos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ em todos os solos estudados devido à pobreza química dos materiais de origem (folhelhos, siltitos e principalmente arenitos), não apresentando minerais primários portadores de elementos nutrientes, justificando-se assim, os baixos teores de soma de bases e saturação por bases, caracterizando todos os solos como distróficos, conforme Embrapa (2006).

Os teores de fósforo disponíveis foram baixos em todos os solos estudados, condição comum nos solos brasileiros, segundo Raij (1991). Esses baixos teores provavelmente estão relacionados ao baixo teor deste elemento no material de origem, além da fixação de fósforo por cargas positivas de sesquióxidos de ferro e alumínio, segundo descrito por Novais e Smyth (1999).

Tabela 05 - Resultados das Análises Químicas dos Perfis dos Solos Estudados (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7).

Horiz.	Prof. cm	pH H ₂ O	Complexo sortivo				P mg kg ⁻¹	S	t	T	m %	V	MO g kg ⁻¹	C
			Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	K ⁺								
Perfil 1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico - LVd														
A	0 - 10cm	5,48	0,7	1,33	10,72	0,16	1,57	0,86	2,19	11,58	60,81	7,42	68,81	39,84
Bw	40cm ⁺	5,72	0,00	0,00	1,13	0,01	1,57	0,01	0,01	1,08	0,00	1,10	11,00	6,35
Perfil 2 - Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico - FFc														
Ac	0 - 40cm	5,15	0,33	1,88	9,17	0,11	1,94	0,45	2,33	9,62	81,12	4,62	42,7	24,65
Bc	60 - 120cm	5,46	0,03	0,07	2,40	0,02	1,08	0,05	0,12	2,45	61,21	1,97	12,57	7,26
Perfil 3 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico - LVAd														
A	0 - 15cm	5,37	0,6	1,32	5,90	0,28	1,82	0,88	2,20	6,78	59,88	13,02	31,47	18,17
Bw	35cm ⁺	5,3	0,17	0,37	1,77	0,04	1,20	0,21	0,58	1,98	63,73	10,50	7,6	4,39
Perfil 4 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico - CXbd														
A	0 - 30cm	5,14	0,47	1,77	5,42	0,30	3,21	0,77	2,53	6,19	69,74	12,39	38,00	21,94
Bi	30 - 65cm	5,01	0,1	1,3	2,28	0,07	1,70	0,17	1,47	2,45	88,46	6,94	2,27	1,31
Perfil 5 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico - RQo														
A	0 - 10cm	5,9	0,6	0,16	1,71	0,54	3,89	1,14	1,33	2,95	12,25	39,91	6,57	3,79
C	10 - 65cm	4,85	0,3	0,92	1,5	0,02	2,32	0,32	1,24	1,82	74,10	17,60	1,82	1,05
Perfil 6 - Neossolo Regolítico Distrófico típico - RRd														
1A	0 - 20cm	4,94	0,27	0,75	3,58	0,11	3,09	0,38	1,13	3,95	66,20	9,50	7,72	4,46
1C	20 - 100cm	5,06	0,3	0,55	2,08	0,09	1,94	0,39	0,94	2,46	58,72	15,70	3,9	2,25
Perfil 7 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico - RQo														
A	0 - 5cm	5,03	0,57	0,73	3,5	0,14	4,13	0,71	1,44	4,21	50,89	16,88	7,69	4,44
C	5 - 120cm	5,16	0,2	0,25	1,3	0,06	1,45	0,26	0,51	1,56	48,37	16,47	1,59	0,92

S= soma de bases; t= CTC efetiva; T= CTC potencial; m= saturação de alumínio; V= saturação de bases; MO= matéria orgânica; C= carbono orgânico

A saturação por alumínio foi alta em quase todos os horizontes de todos os solos, sendo grande parte da capacidade de troca de cátions CTC (T) ocupada com o $H^+ + Al^{3+}$, aumentando, assim, a competição de Al^{3+} com os cátions de outros elementos, tanto nos minerais argilosos, quanto na matéria orgânica, tal como descrito por Muggler et al. (1996) que constataram que estes tipos de solos apresentaram CTC saturada pelo cátion Al^{3+} . Assim, os solos estudados foram classificados como álicos, além de distróficos.

Os teores de matéria orgânica nos horizontes A dos solos analisados variaram de 68,81 a 6,57 $g\ kg^{-1}$, onde os maiores valores ocorreram em solos argilosos e com cobertura vegetal mais densa em relação aos solos arenosos, com uma vegetação menos densa, concordando com Anjos et al. (1999). O Latossolo Vermelho (P1), sob vegetação nativa de Cerrado Denso a Típico foi o que obteve o teor mais elevado de matéria orgânica, com 68,81 $g\ kg^{-1}$, enquanto que nos Neossolos Quartzarênicos, P5 e P7, sob cobertura vegetal nativa de Cerrado Ralo a Campo, foram obtidos os menores valores de matéria orgânica, com 6,57 e 7,69 $g\ kg^{-1}$, respectivamente. Segundo Resende et al. (2007) e Vieira (1988), os Neossolos Quartzarênicos tendem a ter baixos teores de matéria orgânica, em função da baixa taxa de deposição orgânica. Para P3, Latossolo Vermelho-Amarelo foi encontrado o valor de 31,47 $g\ kg^{-1}$ de matéria orgânica, sendo que Araújo et al. (2007) encontraram teores um pouco mais altos para um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cerrado nativo, na profundidade de 0-5cm (45 $g\ kg^{-1}$) e 5-10cm (37 $g\ kg^{-1}$).

Os perfis de Neossolos P5, P6 e P7, que mostraram classes texturais franco-argilo-arenosa até arenosa, apresentaram os mais baixos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, de carbono orgânico. Tal como descrito por Bayer et al. (2000), a fração mineral arenosa confere baixa fixação da matéria orgânica, uma vez que a estrutura é quase ausente, apresentando-se como grãos simples não coerentes, além da elevada temperatura média anual (27⁰C) da região, que também, contribui para elevadas taxas de oxidação biológica do carbono orgânico do solo. Para os solos mais argilosos, existe uma maior fixação da matéria orgânica aumentando os teores de carbono orgânico.

Considerando os padrões de fertilidade preconizados pela Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988) os solos da área de estudo são dependentes da utilização de práticas de manejo químico, como calagem para correção da acidez, por vezes gessagem para minimizar a toxidez de Al e uso intensivo de fertilizantes, dadas as suas características químicas.

III.1.4 – Classificação dos Solos da Área Estudada

Com os dados obtidos pelas análises morfológicas, físicas e químicas realizadas, foi possível classificar os solos ao longo do transecto pedológico estudado, do P1 ao P7, até o quarto nível categórico do SiBCS (Embrapa, 2006), conforme descrito a seguir:

P1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico – LVd, textura argilosa, A moderado, fase não pedregosa, Cerrado Denso a Cerrado Típico, relevo plano.

P2 - Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico – FFc, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase pedregosa, Cerrado Típico, relevo plano.

P3 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico – LVAd, textura argilo-arenosa, A moderado, fase não pedregosa, Cerrado Típico, relevo plano.

P4 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – CXbd, textura argilosa, A moderado, fase pedregosa no horizonte A, Cerrado Típico, relevo ondulado.

P5 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico – RQo, textura franco-renosa, A moderado, fase não pedregosa Cerrado Ralo a Formações Campestres, relevo plano.

P6 - Neossolo Regolítico Distrófico típico – RRd, textura franco-arenosa, A moderado, fase não pedregosa Cerrado Típico, relevo suave ondulado.

P7 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico – RQo, textura areia franca, A fraco, fase não pedregosa Cerrado Ralo a Formações Campestres, relevo plano.

III.2 – Caracterização do Relevo da Área Estudada

III.2.1 Altimetria

O Mapa de Classes Altimétricas que foi gerado, encontra-se representado na figura 04. As cores mais claras representam as cotas mais baixas e as cores mais escuras, as cotas mais altas, sendo que um dos pontos mais altos encontra-se na Serra do Felicíssimo.

A tabela 06 mostra a quantificação das áreas ocupadas pelas classes altimétricas.

A análise dos dados de altimetria permitiu constatar que não ocorreram grandes amplitudes na área de estudo, sendo comprovados pelos seus valores mínimos e máximos. A figura 05 representa o histograma de frequência da distribuição da altitude, constatando que a maior frequência altimétrica foi computada entre 320 e 325 metros.

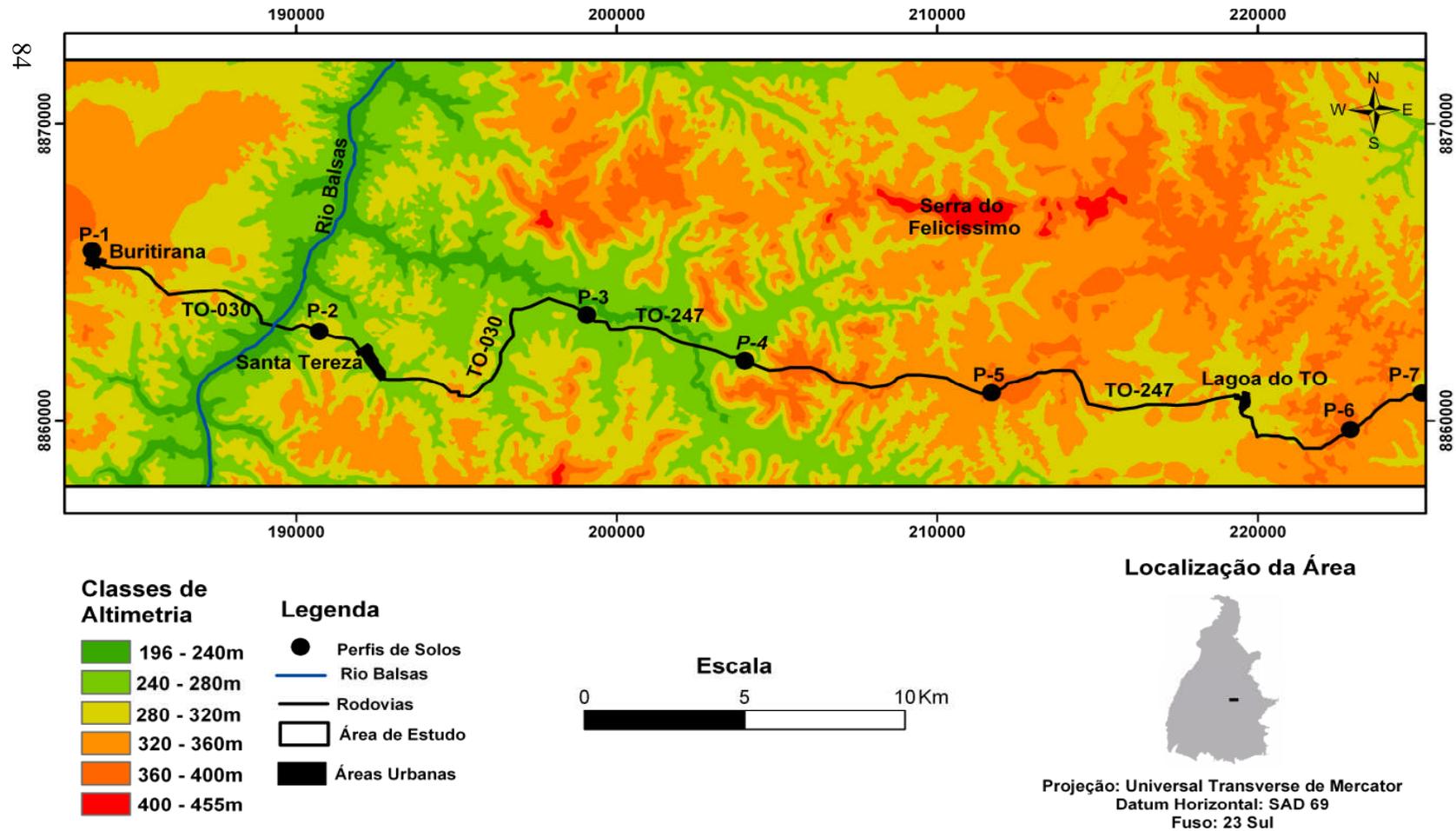


Figura 04 – Mapa de Classes Altimétricas da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Tabela 06 – Quantificação das Áreas das Classes Altimétricas da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Classes de Altimetria	Área		
	ha	km ²	%
196 - 280 m	20870,00	209,00	33,5
280 - 320 m	22549,00	225,24	36,0
320 - 360 m	5638,00	56,00	9,0
360 - 400 m	10394,00	104,00	17,0
400 - 440 m	2392,00	24,00	4,0
440 - 456 m	381,00	4,00	0,5
Total	62224,00	622,24	100,00

ha = hectares; km² = quilômetros quadrados; % = porcentagens.

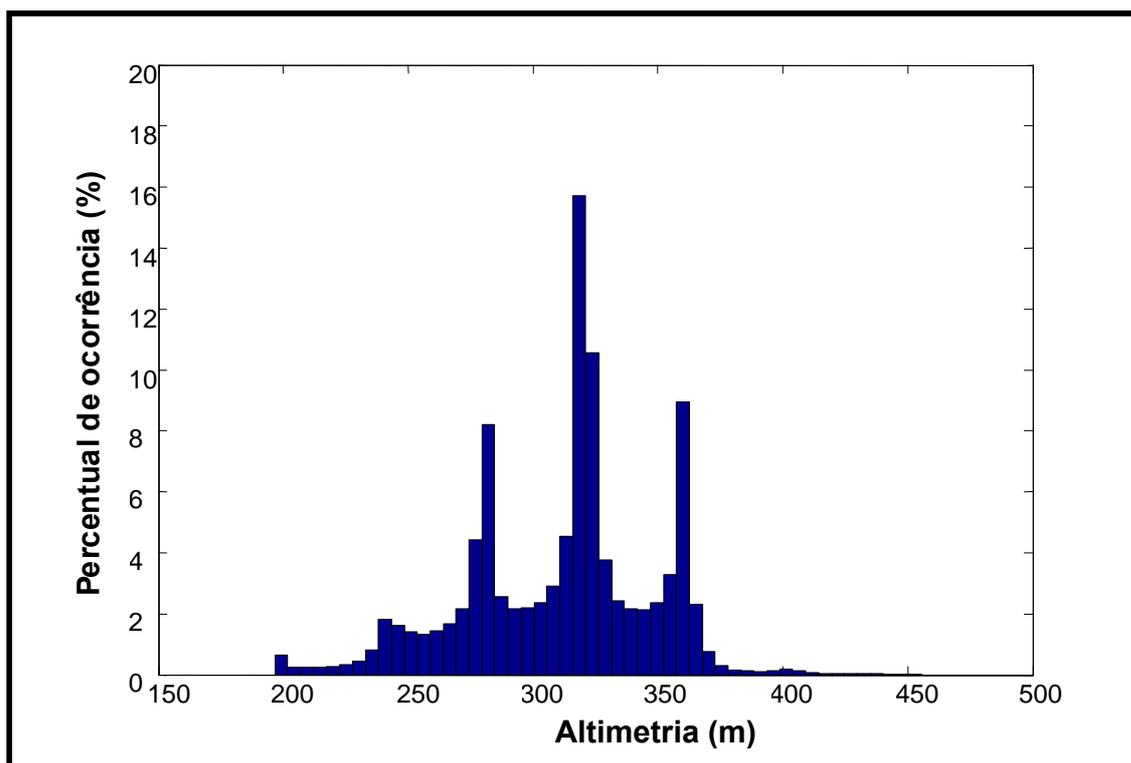


Figura 05 – Histograma de Frequência com a Percentagem de Ocorrência dos Valores Altimétricos na Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO

III.2.2 - Declividade

O Mapa de Classes de Declividade da área estudada, elaborado a partir do Modelo Numérico do Terreno (MDT) apresentado na figura 06, ilustra a representação temática da distribuição das classes de declividade estabelecidas. Uma das áreas mais declivosas da área estudada encontra-se na Serra do Felicíssimo, onde ocorre as mais altas altitudes (Figura 04).

De forma geral, predomina na área, relevos planos a suave ondulados, correspondentes às classes de declividade 0 a 3% e 3 a 8%, respectivamente. Ao analisar os dados da quantificação das áreas ocupadas pelas classes de declividade, tabela 07, constatou-se que ocorre uma amplitude no relevo, de zero a 64%. A tabela 07 apresenta a quantificação das áreas de ocorrências das classes de declividade na área de estudo.

O histograma de distribuição das classes de declividade (figura 07) permite verificar que a maior frequência da declividade na área de estudo ocorre na classe de zero a 3%, caracterizando relevo plano, seguida pela classe de 3 a 8% de declividade, correspondente ao relevo suave ondulado e vai decrescendo até seu valor mínimo, na classe de 45% a 64% de declividade.

III.3 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras

O procedimento de correção geométrica realizado na imagem TM/Landsat 5 de 2006, que engloba a área de estudo, alcançou o Erro Médio Quadrático (RMS – *Root Mean Square*) de 0,6340 pixel, estando de acordo com os parâmetros de qualidade de georreferenciamento preconizados por Tucker et al. (2004) e SULSOFT (2006).

Após os procedimentos de pré-processamentos digitais de imagem, como a correção geométrica, o realce linear a 2%, e o recorte da cena para a correspondente área de estudo, realizou-se a classificação automatizada da imagem, utilizando as bandas na composição colorida em 4R5G3B.

A classificação não-supervisionada utilizando o algoritmo ISODATA apresentou dificuldades de individualização de algumas classes de uso e ocupação das terras, em virtude da semelhança na resposta espectral de alguns alvos como Solo Exposto, que pode se confundir com Pastagem, Agricultura e Área Urbana, e ainda, Mata Galeria com Mata Ciliar, Campo Nativo com Pastagem, conforme já constatado por vários autores, tais como Sano e Ferreira (2005).

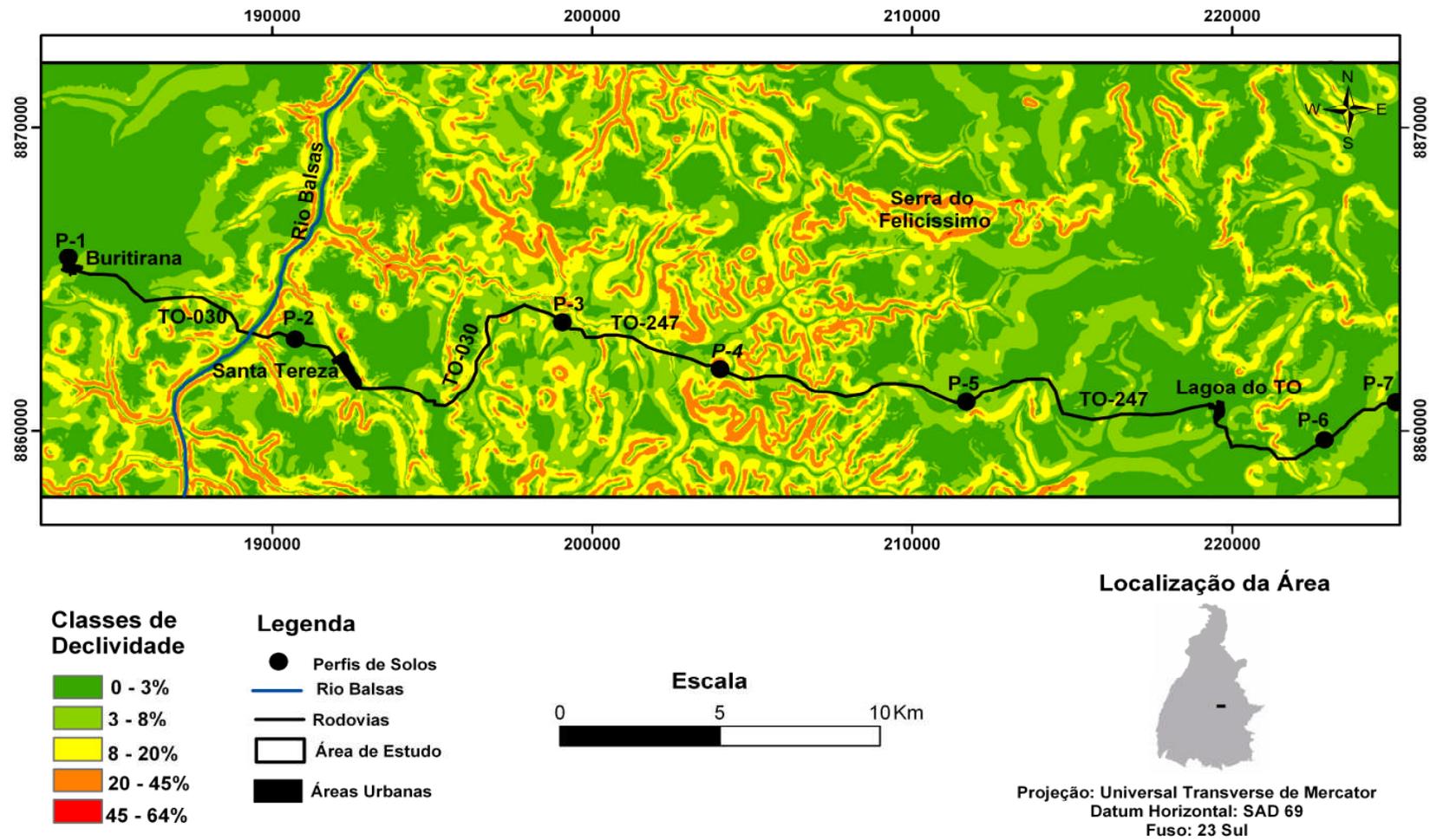


Figura 06 – Mapa de Classes de Declividade da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Tabela 07 – Quantificação das Áreas das Classes de Declividade da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Classes de Declividade	Área		
	ha	km ²	%
0-3 %	26759,00	267,60	43,00
3-8%	18596,00	186,00	30,00
8-20%	12695,00	127,00	20,00
20-45%	4164,00	41,54	6,98
45-64%	10,00	0,10	0,02
Total	62224,00	622,24	100,00

ha=hectares; km² = quilômetros quadrados; % = porcentagens.

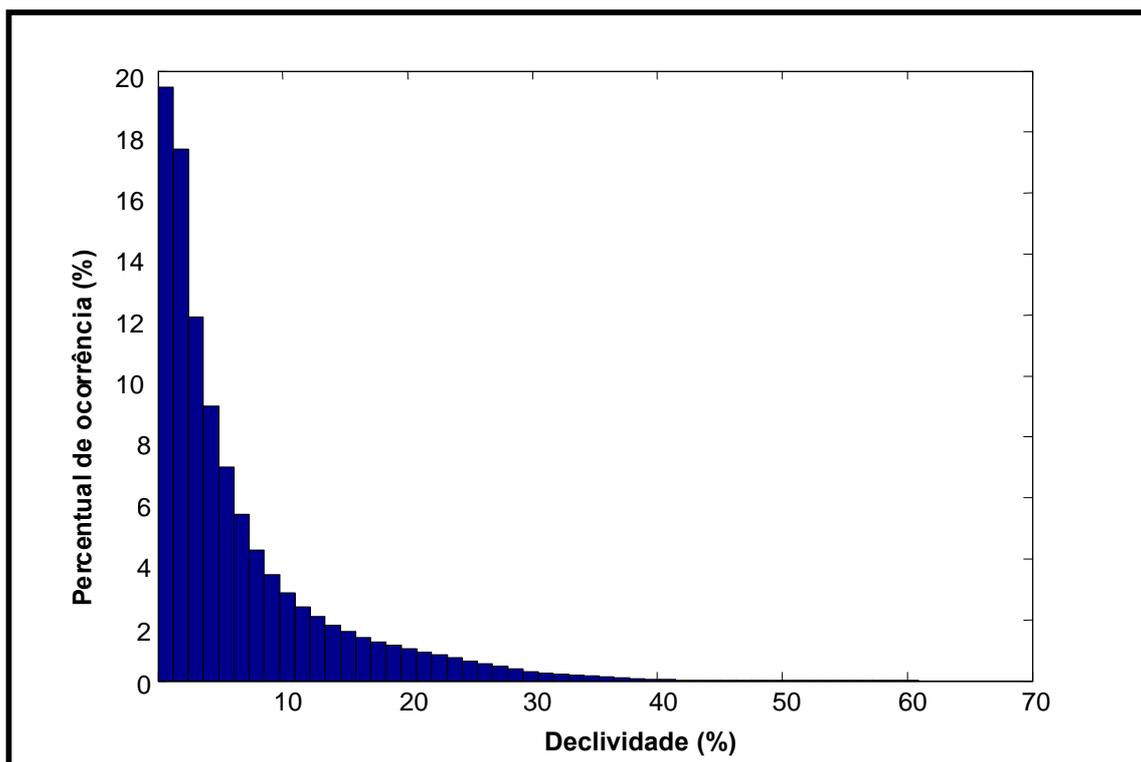


Figura 07 – Histograma de Frequência com a Percentagem de Ocorrência dos Valores de Declividade na Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

O desempenho da classificação não supervisionada ISODATA foi avaliado na área de estudo por meio do cálculo do coeficiente Kappa, segundo Congalton e Green (1999). Para estimar a exatidão global empregaram-se os valores obtidos na matriz de erros representada na figura 08. Para o coeficiente Kappa, utilizou-se a equação 01:

$$K = \frac{N \sum x_{ii} - \sum x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+} x_{+i}} \quad (01)$$

$$K = \frac{[120 \times (81)] - [(10 \times 11) + (12 \times 9) + (14 \times 20) + (15 \times 18) + (11 \times 4) + (9 \times 10) + (27 \times 39) + (14 \times 1) + (5 \times 5) + (3 \times 3)]}{120^2 - [(10 \times 11) + (12 \times 9) + (14 \times 20) + (15 \times 18) + (11 \times 4) + (9 \times 10) + (27 \times 39) + (14 \times 1) + (5 \times 5) + (3 \times 3)]} = 0,6225 \quad (0,6225 \times 100 = 62,25\%)$$

Para a exatidão global, foi usada a equação 02: $EG = A / N * 100 \quad (02)$

$$EG = (81 / 120) * 100 = 67,5\%$$

Figura 08 – Matriz de Erros da Classificação ISODATA da Imagem TM/Landsat 5 Ano 2006 da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

CLASSES DO MAPEAMENTO	CLASSES DA VERDADE TERRESTRE										Total de Pontos	Erros de Inclusão %
	Mata	Cerrado Denso	Cerrado Típico	Cerrado Ralo	Veg. Secun dária	Agricul tura	Campo/ Pasta gem	Solo Exposto	Corpos d'Água	Área Urbana		
Mata	10										10	0
Cerrado Denso	1	7	2	2							12	41,7
Cerrado Típico		1	10	3							14	28,6
Cerrado Ralo			1	10			4				15	33,4
Vegetação Secundária		1	6		3		1				11	72,7
Agricultura						9					9	0
Campo/Pastagem			1	3			23				27	14,9
Solo Exposto					1	1	11	1			14	99,9
Corpos d'Água									5		5	0
Area Urbana										3	3	0
Total de Pontos	11	9	20	18	4	10	39	1	5	3	120	
Erros de Omissão %	9,1	22,3	50	44,5	25	10	41,1	0	0	0		
Coeficiente Kappa	62,25%											
Exatidão Global	67,5%											

A área de estudo mostrou-se bastante heterogênea nos aspectos fisionômicos da cobertura vegetal nativa, mapeadas com as diversas classes do Cerrado como Cerrado Típico e Cerrado Ralo, além da classe Vegetação Secundária, tal como demonstram os erros de inclusão e omissão, apresentados na figura 08. Outra confusão de classes de uso e ocupação foi verificada entre a classe Campo/Pastagem e Solo Exposto, possivelmente em função do estresse hídrico da classe Campo/Pastagem na época de seca com a diminuição da biomassa verde, que coincide com a época da obtenção da imagem de satélite estudada (mês de agosto), resultando no aumento da contribuição da resposta espectral do solo nas classes ocupadas por Campo Nativo ou Pastagem Nativa e Plantada. A dificuldade em separar algumas dessas classes está relacionada ao comportamento espectral semelhante dessas classes conforme constatado por vários autores, podendo-se citar Sano e Ferreira (2005), entre outros. Nesta situação, conforme mostram os dados da figura 08, o desempenho da exatidão global calculado foi de 67,5% e do coeficiente Kappa de 62,25%, o que enquadrou a classificação como muito boa, conforme parâmetros de avaliação adotado por Landis e Koch (1977).

De acordo com Brites et al. (1996), o índice de exatidão global é sempre superior ao índice Kappa em virtude de considerar apenas os valores da diagonal principal da matriz de erros, ignorando a ocorrência de concordância casual entre as classes. Enquanto que o coeficiente Kappa, ao calcular a concordância casual, inclui, nos cálculos, os valores da diagonal principal, reduzindo assim, os valores deste índice, concordando, neste estudo, com os resultados encontrados por Ponzoni e Rezende (2002), onde o índice de exatidão global foi superior ao índice Kappa na classificação da cobertura vegetal em Altamira no estado do Pará.

Considera-se que o desempenho geral da classificação, demonstrado pela exatidão global e coeficiente Kappa, poderia ser melhor, com o aumento do número de amostras coletados no campo para compor a verdade de campo, cuja restrição neste trabalho foi imposta pela dificuldade de acesso a alguns pontos da área, em virtude da mesma encontrar-se, na sua maioria, em estado de preservação e sem infra-estrutura de acesso (estradas, pontes e outros).

O Mapa de Uso e Ocupação das Terras encontra-se apresentado na figura 09. A quantificação das áreas para cada classe que compõem a área de estudo acha-se apresentada na tabela 08.

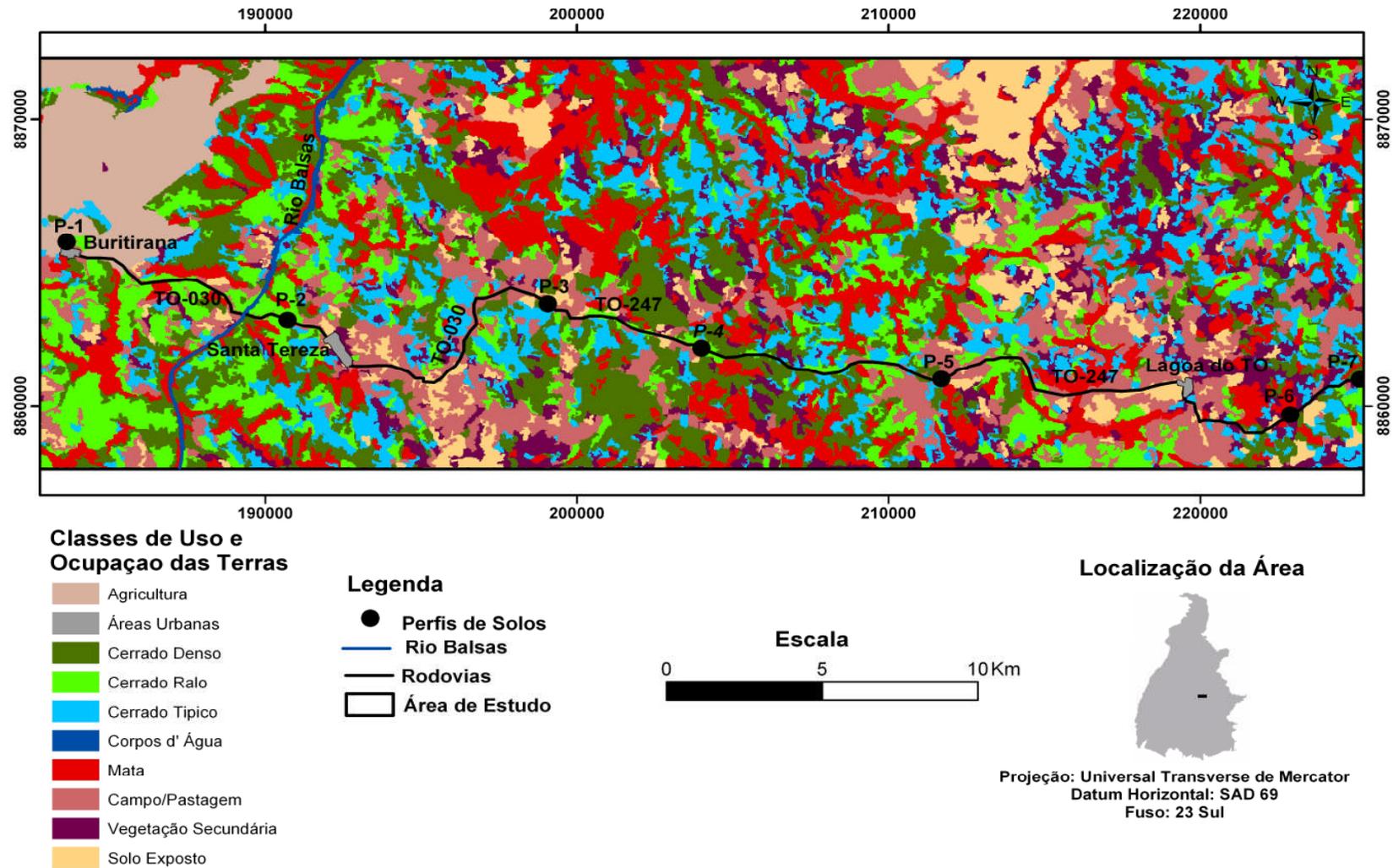


Figura 09 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Por meio da análise da quantificação das classes mapeadas de uso e ocupação das terras, constatou-se que a área de estudo encontra-se com mais da metade da sua área total preservada, com cobertura vegetal natural, perfazendo um total de 63,5%, correspondente ao somatório das classes de Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Mata, sem considerar a contribuição de Campo, pois encontra-se associado à classe Pastagem Nativa e Plantada. De acordo com o Mapa de Cobertura e Uso das Terras de 1996 (SEPLAN, 2005), na área de estudo encontravam-se mapeados apenas o Cerrado Nativo e Pastagem Plantada e ou Pastagem Natural, mostrando que ocorreu, neste período, um avanço da substituição da vegetação nativa por atividades antrópicas, tais como Agricultura, Pastagem e Áreas Urbanas.

Tabela 08: Quantificação das Classes de Uso e Ocupação das Terras da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Classes	Área (ha)	Área (Km²)	Área (%)
Agricultura	3480,00	34,80	5,6
Área Urbana	86,00	0,86	0,1
Cerrado Denso	12309,00	123,09	19,8
Cerrado Ralo	7743,00	77,43	12,4
Cerrado Típico	8598,00	85,98	13,8
Corpos d'Água	266,00	2,66	0,4
Mata	10863,00	108,63	17,5
Campo/Pastagem	8939,00	89,39	14,4
Vegetação Secundária	5756,00	57,56	9,3
Solo Exposto	4184,00	41,84	6,7
Total	62224,00	622,24	100,00

Segundo Guarda (2006), no mapeamento da expansão urbana da cidade de Palmas-TO, utilizando imagens orbitais em uma série temporal de 15 anos (1990 a 2005), foi constatado a presença das classes Matas, Cerradão, Cerrado, Campo, Pastagem e Área Urbana, que coincidem com as várias das classes deste estudo, uma vez que a área estudada por Guarda (2006) encontra-se adjacente à área deste trabalho. Também, nas proximidades da área deste estudo – região de

Santa Tereza do Tocantins, na microbacia Santa Cruz, município de Porto Nacional no estado do Tocantins, Barros et al. (2007) encontraram muitas das classes mapeadas neste estudo, sendo elas: Matas Ripárias, Cerradão, Cerrado, Agricultura, Pastagem, Solo Exposto e Corpos d'Água, confirmando assim, a representatividade do bioma Cerrado e sua subdivisão mapeadas neste trabalho.

A classe Mata, com exceção do Cerradão, representa Mata de galeria e Mata ciliar, sendo que seu mapeamento foi associado a extensão da rede de drenagem composta por pequenos e médios rios, onde se associa esse tipo de cobertura vegetal.

Na avaliação do Mapa de Uso e Ocupação das Terras foi constatado que a classe Agricultura apresentou 5,6% e se concentrou em uma pequena parte da área de estudo, relacionada ao solo classificado como Latossolo Vermelho. Este solo apresenta boas condições físicas, o que favorece a instalação de cultivos agrícolas, sendo constatado nas visitas de campo, onde são cultivados arroz, soja e milho. Estas culturas representam as mais produzidas no Estado no ano de 2003, conforme dados disponíveis na SEPLAN (2007).

A classe Pastagem Nativa e Plantada associada com Campo perfaz um total de 14,4% da área de estudo, mostrando a tendência de vocação da atividade pecuária nesta região, associada, em grande parte, aos Plintossolos.

A classe Corpos d'Água contribui com 0,4% da área e tem, como seus principais representantes, o rio Balsas e o córrego Brejo Grande.

As Áreas Urbanas representam somente 0,1%, representadas pelo Distrito de Buritirana (município de Palmas), Santa Tereza do Tocantins e Lagoa do Tocantins.

III.4 – Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação da Aptidão Agrícola das Terras na área estudada foi interpretada por meio do quadro-guia correspondente ao clima da região tropical-úmido, segundo Ramalho Filho e Beek (1995) e demonstrado na tabela 09. E se constituíram em:

Perfis 1 e 3 – Latossolo Vermelho Distrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico.

Tabela 09 - Quadro-Guia de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (região de clima tropical-úmido), dos Solos da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Tipo de Solo	Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															Grupos e Classes de Aptidão
	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Susceptibilidade à Erosão			Impedimento à Mecanização			
										(relevo, textura e IF*)			(relevo, cascalho e textura)			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Latossolo Vermelho Distrófico típico (P1)	F	M ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2 (b)c
Plintossolo Pétrico Concrec. latossólico (P2)		M ₁			L/M			N			L			F		4p
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (P3)	F	M ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2 (b)c
Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (P4)		F ₁			L/M			N			F ₁			F		4 (p)
Neossolo Quartzarênico Órtico típico (P5)	MF			F			N			F			L			5 (n)
Neossolo Regolítico Distrófico típico (P6)		F ₁			L/M			N			F ₁			L		4p
Neossolo Quartzarênico Órtico típico (P7)	MF			F			N			F			L			5 (n)

* IF = Índice de Flocculação

As terras ocupadas pelos Latossolos foram as que obtiveram a melhor classificação da aptidão agrícola, se enquadrando em 2 (b)c, caracterizadas como terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível B e inapta no nível de manejo A, tanto para o Latossolo Vermelho (P1) como para Latossolo Vermelho-Amarelo (P3), concordando com o mapeamento da maioria das classes dos Latossolos da região do Distrito Federal, realizado pela Embrapa (1978).

O principal fator limitante dos Latossolos é a baixa fertilidade, conforme discutido nos atributos químicos demonstrados pelos baixos teores de soma e saturação de bases e CTC, somando-se a limitação quanto à água disponível para as plantas no período da seca no estado do Tocantins, que ocorre de junho a outubro.

Em contrapartida, são solos profundos, com boas condições de drenagem, desenvolvidos em relevo plano a suave ondulado, dificilmente ultrapassando 8% de declividade, o que facilita a mecanização. São portadores de boas propriedades físicas, bem estruturados, de acordo com Oliveira et al. (1992), dificultando a instalação de processos erosivos, quando bem manejados, segundo recomendações descritas por Bertoni e Lombardi Neto (1990).

Esses solos desenvolvem-se em baixas altitudes na área estudada, em torno de 350 metros, constituindo fator limitante para alguns tipos de culturas, que necessitam de um clima mais ameno, o que poderia ser compensado na região do bioma Cerrado por altitudes mais elevadas. Barros (2006) constatou a importância de desenvolvimento de estudos de zoneamentos agroclimáticos para que dados sistematizados possam estar contribuindo para a implantação ou não de determinadas culturas.

Esta caracterização dos Latossolos denota um grande potencial agrícola para o estado do Tocantins, principalmente para culturas de ciclos curtos. Segundo SEPLAN (2005), tais solos ocupam 22% da área total do Estado, representando uma das classes de solos de maior ocorrência no Estado, onde somente os Plintossolos e os Solos Concrecionários apresentam maior ocorrência territorial. No entanto, de acordo com estudos da Embrapa (2000), os Latossolos correspondem a 35% do total da área no Estado.

Perfil 2 - Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico.

As terras correspondentes ao Plintossolo foram classificadas no Sistema de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) como 4p, caracterizadas como terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem plantada, com manejo no nível B.

Representam terras com alta limitação de fertilidade e com forte limitação para a mecanização, devido à presença abundante e comum de cascalhos, particularmente constituídos por concreções ferruginosas, apesar de evoluírem em relevo plano a suave ondulado. Mostram boas condições de oxigenação e moderada deficiência em água, porém, não permitem uma melhor classificação da aptidão agrícola que está condicionada ao grau de limitação mais forte.

Como esta classe de solos associada aos denominados Solos Concrecionários, constituem os solos de maior representatividade no Estado, ocupando 34% do território, segundo SEPLAN (2005), justifica-se assim a grande vocação do Estado para criação de animais.

Perfil 4 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico.

As terras ocupadas pelo Cambissolo, tal como descrito no P4, representativo desta classe de solos, foram classificadas na classe de aptidão agrícola 4 (p), caracterizando terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada, no manejo B. Apresentam limitações quanto à fertilidade, suscetibilidade à erosão, em função do relevo mais acidentado, pois estes solos são desenvolvidos em classes de declividades maiores que 12%. Assim, a mecanização apresenta restrições fortes em relação ao relevo, além da ocorrência de cascalhos frequentes no horizonte superficial. A limitação da fertilidade nesta classe jovem de solo é justificada pelos materiais de origem (argilitos, folhelhos e siltitos da Formação Pimenteiras do Grupo Canindé) de gênese sedimentar, já pré-intemperizados no processo de diagênese. Muitas vezes esses solos são classificados no grupo 6, que corresponde às terras destinadas à preservação da flora e fauna, em função da grande fragilidade para degradação das mesmas, no entanto, a melhor classificação da aptidão agrícola em estudos de planejamentos de uso, deve ser considerada. Porém, estes solos não contribuem para o desenvolvimento agropecuário do estado, pois segundo a SEPLAN (2005), os Cambissolos representam apenas 1,5% dos solos do estado do Tocantins.

Perfis 5 e 7 - Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos.

Na porção leste da área de estudo, as terras constituídas pelos Neossolos Quartzarênicos caracterizados nos perfis representativos P5 e P7, se enquadraram na classe de aptidão agrícola 5 (n), consideradas como terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem natural, concordando com a SEPLAN (2004), na classificação da Aptidão Agrícola das Terras da Região do Bico do Papagaio, região norte do estado do Tocantins, para os Neossolos Quartzarênicos.

As terras classificadas com classe de aptidão 5 (n) possuem forte restrição em três dos

cinco fatores limitantes, com exceção à deficiência de oxigênio e a declividade do terreno, pois se desenvolvem em relevo plano a suave ondulado. Porém, constituem solos muito susceptíveis aos processos erosivos, configurando um ambiente frágil do ponto de vista de resistência à erosão, sendo constatado que a textura arenosa e a estruturação em grãos simples, favorecem a instalação dos processos erosivos, principalmente quando mal manejados. É comum essas classes de solos serem classificadas no grupo 6, que corresponde às terras destinadas à preservação da flora e fauna. Correspondem a 19% dos solos no estado do Tocantins, de acordo com SEPLAN (2005) e Embrapa (2000).

Perfil 6 - Neossolo Regolítico Distrófico típico.

De acordo com a caracterização do solo em seu respectivo ambiente, descrito no perfil 6 e classificado como Neossolo Regolítico, segundo o Sistema de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) as terras correspondentes foram caracterizadas como classe 4 (p), que correspondem às terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada, no manejo de nível B. A grande limitação desse solo está relacionada à deficiência de fertilidade, a suscetibilidade à erosão e mecanização em virtude da textura arenosa nos horizontes superficiais. No entanto, esta classe de solo apresenta uma peculiaridade, é constituída por um horizonte C de textura arenosa nos primeiros 110 cm, sendo sucedido por outro horizonte C de textura argilosa, intercalados por uma camada constituída por concreções ferruginosas, o que denota processo de ferrólise. Em função destas características morfológicas e genéticas, com presença de horizontes C de composição e texturas diferentes que denotam uma estratificação sedimentar reliquia das litologias originais, este solo torna-se distinto dos Neossolos Quartzarênicos avaliados nos P5 e P7. Assim, a deficiência de água é amenizada pelo forte gradiente textural entre os dois horizontes, conferindo uma melhora na sua aptidão, uma vez que aumenta a disponibilidade de água para as plantas. A correlação da vegetação nativa no ambiente próximo a este perfil, contribui como parâmetro auxiliar, onde se verifica desenvolvimento de Cerrado Típico, o que pode ser interpretado como uma melhoria no potencial agrícola. Este solo se tornou uma exceção na área de estudo, em relação ao mapeamento do IBGE (2006a), que não consta sua ocorrência, possivelmente em função da pequena escala do mapeamento, que foi de 1:250.000.

III. 5. Relações entre Classes de Solos e Vegetação Nativa

A correlação dos solos com a vegetação nativa associada pode ser também utilizada como um indicativo de potencial agrícola das terras. Assim, pode-se considerar que os solos com desenvolvimento de vegetação mais densa possuem um maior potencial agrícola, conforme destacado por Ramalho Filho e Beek (1995).

A associação dos Latossolos (P1 e P3) com a vegetação nativa de Cerrado Denso a Cerrado Típico e Cerrado Típico foi verificada nas áreas com desenvolvimento de Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, respectivamente, conforme mostra o Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO gerado, concordando com a classificação da Aptidão Agrícola definida neste trabalho, se enquadrando nas melhores terras para uso agrícola.

Para os Perfis P2, P4 e P6, caracterizados como Plintossolo Pétrico, Cambissolo Háptico e Neossolo Regolítico, a cobertura vegetal mapeada foi Cerrado Típico, constituído por indivíduos mais espaçados entre si, com biomassa verde intermediária. Representam, então, terras com algum tipo de limitação, sendo que as terras avaliadas correspondentes se enquadraram para o uso de pastagem plantada.

Nos Perfis P5 e P7 representados pelos Neossolos Quartzarênicos, observou-se desenvolvimento de vegetação com baixos índices de área foliar, mapeada neste trabalho como Cerrado Ralo, por vezes associado às formações campestres. Esta vegetação apresenta baixa proteção do substrato, em função da menor proteção dos solos em relação à erosividade da chuva e aos efeitos da erosão eólica, uma vez que, nestes tipos de solos, dificultam o desenvolvimento de árvores de maior porte, com um sistema radicular mais aprofundado, além de outras limitações tal como, por exemplo, a menor retenção de água disponível para as plantas. Isso proporciona a indicação do baixo potencial agrícola, com desenvolvimento de plantas adaptadas ao déficit nutricional e hídrico. As terras correspondentes foram classificadas para o uso menos intensivo, sendo indicado para pastagem natural. A análise visual da imagem de satélite nas áreas correspondentes permite a verificação de alta reflectância justificada pela ausência ou baixa biomassa verde e a alta contribuição de exposição do solo, no caso em questão, Neossolos Quartzarênicos, constituídos basicamente por areia, principalmente na época do imageamento do

produto utilizado neste trabalho, que foi, no mês de agosto, que coincide com o período da estação seca, com ocorrência de estresse hídrico.

Portanto, considera-se que a utilização de imagens de satélite de média resolução espacial (TM/Landsat 5) na geração de mapas de uso e ocupação das terras é uma alternativa de auxílio no mapeamento de solos. Na área estudada, o Mapa de Uso e Ocupação das Terras foi elaborado em escala 1:100.000, com maior detalhamento que os mapeamentos de solos disponíveis, tanto do IBGE (2006a) quanto da SEPLAN (2005), na escala 1:250.000. Assim, a vegetação original pode ser utilizada como um indicador das potencialidades das terras. Entretanto, deve-se ter cuidado no uso da sua predição, uma vez que a vegetação por si só não é suficiente para avaliar o potencial das terras, haja vista uma mesma classe de vegetação pode se desenvolver em mais de uma classe de solo.

III.6 – Caracterização das Unidades Pedoambientais

A avaliação das principais classes de solo de ocorrência no estado do Tocantins ao longo dos perfis do transecto pedológico percorrido foi realizada conjuntamente com as características do meio físico e cobertura vegetal associados, por meio das observações realizadas no campo, auxiliadas pelos mapas gerados, particularmente os Mapas de Classes de Declividade e de Uso e Ocupação das Terras da área de estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO, considerada uma área ambientalmente representativa do estado do TO. Esta avaliação conjunta permitiu a individualização de Unidades Pedoambientais representativas que foram espacializadas em um mapa em escala 1:250.000, embasado no mapeamento disponível de solos do Estado, em mesma escala, realizado pelo IBGE (2006a) e SEPLAN (2005), com apoio dos mapas gerados e da imagem de satélite TM/Landsat 5 utilizada neste trabalho.

Assim, foi possível caracterizar quatro Unidades Pedoambientais, designadas a seguir:

1) Unidade Pedoambiental I: Domínios dos Latossolos.

Na área de estudo, esta Unidade encontra-se localizada na região noroeste, sendo facilmente identificada na imagem de satélite, devido à conversão da vegetação nativa por áreas agrícolas, por vezes com presença de pivô-central. As classes de solos predominantes são os Latossolos Vermelhos Distróficos típicos (LVd) e secundariamente os Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos típicos (LVAd). O LVd é representado pelo perfil pedológico P1, em

concordância com o mapeamento pedológico disponível do IBGE (2006a) e SEPLAN (2005). Estes solos foram caracterizados como pobres em nutrientes, profundos, com boas condições físicas, contribuindo para uma maior retenção de água e sem impedimentos de drenagem e na utilização de maquinário. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado, em classes de declividade de zero até 8%. As áreas com declividade de zero a 3% correspondem a 80% do total da área do Pedoambiente I e 19,5% correspondem de 3 a 8% de declividade, sendo o restante, 0,5%, superior a 8% de declividade. Constituem terras pertencentes à classe de aptidão 2(b)c, ou seja, regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no B e inapta no nível A. Representam terras com alta intensidade de uso na área estudada.

Bernardes (2006), no Complexo de Serra Negra (MG), utilizando metodologia pedogeomorfológicas caracterizou também um pedoambiente similar, onde a maior parte das atividades agrícolas ocorrem em ambientes dominados pelos Latossolos devido às características físicas destes solos.

A vegetação nativa associada é o Cerrado Denso a Típico, que pode ser devidamente caracterizada em imagens de satélite de média resolução espacial. A presença de uma vegetação mais densa pode estar condicionada à profundidade do solo, às suas boas condições físicas com a maior permanência de água no sistema, propiciando a permanência de uma biomassa vegetal mais densa, conforme constatado nos fragmentos remanescentes deste Pedoambiente, não utilizado com agricultura. Como representam terras com elevado potencial agrícola para culturas de ciclo curto, a vegetação nativa já se encontra praticamente substituída por lavouras anuais, com utilização de alto nível tecnológico na agricultura, por vezes com utilização de sistema de irrigação por pivô-central.

Na área de estudo, a Unidade Pedoambiental I corresponde a 7% do total e representa 44,77 Km².

É importante ressaltar que as práticas conservacionistas para o uso agrícola nesta Unidade Pedoambiental devem ser incentivadas, tais como: sistema de plantio direto, integração lavoura-pecuária, agricultura orgânica e sistemas agroflorestais, pois todas elas visam o recobrimento do solo permanentemente por vegetação viva ou morta. Tais sistemas de cultivo, segundo Goedert (2005), protegem o solo contra o impacto das gotas da chuva, o selamento superficial, diminuem o escoamento da água na superfície, decrescendo ou evitando a instalação de processos erosivos, em comparação ao sistema de cultivo convencional. A cobertura vegetal permanente favorece o

aumento da matéria orgânica e, como conseqüência, ocorre a melhoria da estrutura do solo, dando uma maior estabilidade aos seus agregados. Proporciona, também, a diminuição da densidade do solo, ocasionando o aumento de macro porosidade e porosidade total. A presença da matéria orgânica auxilia, também, na disponibilização de nutrientes, além de provocar o incremento da atividade biológica (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Com o aumento da infiltração da água da chuva nos solos, conseqüentemente ocorre o acréscimo da água disponível às plantas e a reposição dos mananciais subterrâneos, diminui a evaporação da água do solo e a amplitude térmica do solo, deixando a temperatura mais amena, acarretando, assim, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), uma melhora na qualidade do solo dos agroecossistema que utilizam práticas conservacionistas.

2) Unidade Pedoambiental II – Domínios dos Plintossolos.

Esta Unidade Pedoambiental encontra-se adjacente à anterior, na sua porção os solos dominantes são os Plintossolos Pétricos, representado pelo perfil estudado P2, em concordância com o mapeamento de solos do IBGE (2006a) e SEPLAN (2005) utilizados como mapas pedológicos básicos, seguido por associações com Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos com inclusões de Latossolos Vermelhos. O rio Balsas percorre toda esta Unidade no sentido sul/norte. Estes solos, particularmente o Plintossolo Pétrico, apresentam horizonte superficial cascalhento, com cascalhos de concreções ferruginosas e outras composições, o que dificulta o desempenho das operações de manejo destes solos, além da presença de horizonte subsuperficial litoplântico. Além da ocorrência destas características, que já constituem uma forte limitação do potencial de uso agrícola, estes solos são também pobres em nutrientes. O relevo predominante neste Pedoambiente é plano a suave ondulado com 66% da área do mesmo, com declividades variando de zero a 8%, seguido pela classe de declividade de 8 a 20%, que representa 25,5% do total da área deste Pedoambiente, sendo que o restante do total encontra-se superior a 20% de declividade. Apresenta terras pertencentes à classe de aptidão 4p, ou seja, regular para pastagem plantada no nível de manejo B.

A vegetação nativa associada é o Cerrado Típico a Cerrado Ralo, que pode ser caracterizada pelas imagens de satélites, sendo que na sua maior parte encontra-se preservada na cena TM/Landsat 5 utilizada. Representam terras com intensidade média de uso, onde a vegetação nativa, em pequenas áreas, foi substituída pela pastagem para a criação de bovinos.

Na área de estudo, a Unidade Pedoambiental II corresponde a 25% do total e representa

155,32 Km², seguindo a tendência de distribuição destes solos no Estado, que segundo a SEPLAN (2005), é de 34% constituídos de Plintossolos associados aos solos Concrecionários, confirmando, também, a vocação para a pecuária, conforme verificado durante as campanhas de campo. Nesta Unidade Pedoambiental, deve ser evidenciada a preocupação com a lotação de animais, que reflete na conservação do solo. Como a aptidão agrícola foi considerada regular no nível de manejo B, devem ser consideradas as práticas conservacionistas de correção e adubação do solo, além de incentivo da adoção de algumas práticas simples de plantio, principalmente o plantio em nível nas áreas de maior declividade.

Estudando os geoambientes na planície do Médio Araguaia no estado do Tocantins, Martins et al. (2006), constataram a presença de um geoambiente na borda da bacia denominado de Patamares Laterizados do Médio Araguaia, constituído por Plintossolos Pétricos, os quais corroboram com as caracterizações feita neste estudo para a Unidade Pedoambiental II.

3) Unidade Pedoambiental III – Domínios dos Neossolos Litólicos.

Esta Unidade Pedoambiental localiza-se na região central da área de estudo, limitando a oeste com a anterior. Os Neossolos Litólicos são solos jovens, rasos com horizonte A sobre C ou R, apresentado horizonte A cascalhento nesta Unidade. Na área estudada, ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declividade variando de 8 a 64%, o que corresponde a 44,5% do total da área deste Pedoambiente. Os solos apresentam grande suscetibilidade à erosão, a mecanização é dificultada tanto pelo declive acentuado como pela presença de cascalhos no horizonte superficial. Nesta unidade, os processos morfogenéticos são mais intensos que os processos pedogenéticos, tornando-a mais vulnerável, principalmente quando ocupada com atividades antrópicas. As terras desta Unidade ocupam o grupo de aptidão agrícola 6, destinadas à preservação da flora e da fauna, diante das limitações analisadas.

Dias et al. (2002), utilizando metodologia pedogeomorfológica, caracterizaram oito Geoambientes no Parque Estadual de Ibitipoca, MG. Desses oito Geoambientes, dois deles foram estratificados em fortes declives denominados de Cristas Ravinadas e Escarpas com predomínio de solos Litólicos e Cambissolos, constatando fragilidades nestes ambientes declivosos, os quais devem ser destinados a preservação.

Faz parte desta Unidade, a classe de solo caracterizada pelo perfil P4, Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, que se configura em segundo lugar na associação de classes de solos definida pelo mapeamento realizado pelo IBGE (2006a), sendo que os Neossolos Litólicos

ocorrem como classes dominantes nesta associação, fato confirmado nas campanhas de campo. Os Cambissolos Háplicos são solos rasos, pouco desenvolvidos, com horizonte A sobre Bi, pobres em nutrientes, em função dos materiais de origem, constituídos por argilitos e quartzitos já pré-intemperizados na sua formação.

Ocorrem, também, neste Pedoambiente, em pequenas áreas descontínuas o desenvolvimento de Latossolos Vermelho-Amarelos, representado pelo perfil estudado P3, que não puderam ser individualizadas como outra unidade pedoambiental pela limitação da escala trabalhada. Assim, esta classe de solo foi adicionada aos Neossolos Litólicos na forma de associação de classes de solo. Ocorrem em áreas onde o relevo encontra-se plano a suave ondulado, com declividade entre zero até 8%, o que corresponde a uma área descontínua de 55% do total da área desta Unidade Pedoambiental, o que não implica que neste intervalo das classes de declividade corresponda somente aos Latossolos Vermelho-Amarelos.

Esta dificuldade de mapeamento das áreas com desenvolvimento dos Latossolos Vermelho-Amarelos foi verificada tanto no levantamento realizado pela SEPLAN (2005) como pelo IBGE (2006a), onde os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos constitui uma associação com os Neossolos Litólicos. A dificuldade de delimitar tais solos é decorrente do relevo que se encontra bastante fragmentado, ocupando pequenas áreas planas a suave onduladas nesta Unidade.

As terras correspondentes às áreas ocupadas pelos Latossolos Vermelho-Amarelos nesta Unidade Pedoambiental são pertencentes à classe de aptidão agrícola 2(b)c, ou seja, regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no B e inapta no nível A. No entanto, conforme constatado nas campanhas de campo, encontram-se utilizadas com pastagem plantada. Acredita-se que o tamanho das áreas seja o fator limitante para o uso mais intensivo.

A vegetação nativa associada neste Pedoambiente é o Cerrado Típico a Cerrado Ralo, com algumas inclusões de matas, que podem ser delimitadas em imagens de satélite. Como representam terras com alta limitação para o uso agrícola, a vegetação nativa apresenta-se bastante conservada.

Na área de estudo, a Unidade Pedoambiental III corresponde a 33% do total da área e representa 206,07 Km².

4) Unidade Pedoambiental IV – Domínios dos Neossolos Quartzarênicos.

Esta Unidade encontra-se localizada na região leste da área de estudo, limitada a oeste

pela Unidade Pedoambiental III. É constituída por Neossolos Quartzarênicos, representados pelos perfis estudados P5 e P7, em associação com o Neossolo Regolítico, representado pelo perfil P6.

Em relação ao mapeamento do IBGE (2006a) e da SEPLAN (2005), o P5 representa a primeira classe de solos da associação de classes de solos destes levantamentos pedológicos, já P6 e P7 estão classificados como Plintossolos Pétricos pelo mapa de solos realizado pelo IBGE (2006a).

Estes solos constituem solos jovens, mas profundos, muito pouco estruturados, muito arenosos, o que facilita a perda de água por percolação. Exceção é feita no Neossolo Regolítico (P6), conforme comentários anteriormente descritos na Avaliação da Aptidão Agrícola, ou seja, apresenta preservada estratificação horizontalizada original com textura arenosa nos horizontes superficiais e de textura mais argilosa nos horizontes subseqüentes, o que contribui com uma maior retenção de água no sistema.

Ocorrem em relevo plano a suave ondulado, que corresponde à classe de declividade de zero a 8% compreendendo 89% do total da área deste Pedoambiente.

As terras correspondentes pertencem à classe de aptidão agrícola 5 (n), ou seja, classe de aptidão restrita para pastagem natural. Configura-se, assim, em um pedoambiente frágil, com baixa intensidade de uso. A vegetação nativa associada varia de Cerrado Ralo até formações campestres, sendo que a textura arenosa dos solos dificulta o estabelecimento de uma vegetação mais densa. Com relação ao uso agropecuário das terras, é semelhante à Unidade Pedoambiental II, onde deve-se ater a capacidade de lotação de animais e à implantação de práticas conservacionista modestas, principalmente por considerar este Pedoambiente mais restrito e mais frágil diante das atividades de uso agropecuário.

Não foi verificado ao longo do transecto pedológico estudado, a ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos e Plintossolos Pétricos Concrecionários argissólicos, mapeados na área deste Pedoambiente pelo IBGE (2006a).

Na área de estudo, a Unidade Pedoambiental IV, corresponde a 35% do total e representa 216,07 Km².

Metodologias pedogeomorfológicas, a fim de identificar, mapear e caracterizar, semelhante a desenvolvida neste trabalho, têm sido utilizadas com sucesso por experientes pesquisadores como Resende et al. (2002); Dias et al. (2002); Cunha et al. (2005); Martins et al. (2006) para a estratificação de ambientes, tendo como objetivo o entendimento e

conseqüentemente o melhoramento do uso e da conversação dos mesmos.

A tabela 10 apresenta um resumo das características das Unidades Pedoambientais, com enfoque para os atributos pedológicos, geomorfológicos, geológicos, vegetativos e a aptidão agrícola das terras da área de estudo.

A representatividade da área selecionada para o estudo em relação ao uso agropecuário das Unidades Pedoambientais definidas foi constatada, uma vez que foi verificada que, nas terras da área estudada, na região de Santa Tereza do Tocantins, predomina a criação de animais (bovinos), com exceção da área correspondente à Unidade Pedoambiental I, onde se verifica a instalação de agricultura anual de alto nível tecnológico, em concordância com a aptidão agrícola das suas terras.

As terras pertencentes à Unidade Pedoambiental II foram classificadas em classe de aptidão agrícola regular para pastagem plantada, 4 p, que corresponde a 25% da área estudada e a Unidade Pedoambiental IV, apresenta terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem natural, 5 (n), compreendendo 35% da área. Estas duas Unidades Pedoambientais totalizam 60% da área de estudo. As individualizações destas Unidades Pedoambientais concordam com a tendência ou vocação de uso pecuário da área, onde a principal atividade é a pecuária, conforme verificado nas campanhas de campo, também em harmonia com a aptidão agrícola das terras.

Deve-se ressaltar que nas Unidades Pedoambientais caracterizadas, a legislação ambiental deve ser obedecida quando da utilização dos recursos naturais pelos seus proprietários, tal como alocar áreas destinadas à reserva legal e a conservar as áreas de preservação permanente, além das demais leis que dispõem sobre o meio ambiente.

Os dados obtidos neste mapeamento permitiram verificar a necessidade de maior detalhamento dos mapas de solos disponíveis e também a realização do mapeamento da aptidão agrícola das terras no Estado, a fim de fornecer dados de maior exatidão para subsidiar as atividades de planejamento de uso sustentável das terras.

O mapa individualizando as diferentes Unidades Pedoambientais mapeadas é ilustrado na figura 10.

Tabela 10 - Caracterização das Unidades Pedoambientais da Área de Estudo - Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

Unidades Pedoambientais	Solos	Geomorfologia	Geologia	Vegetação	Aptidão Agrícola	Área (%)
Unidade Pedoambiental I	Domínio dos Latosolos	80% Plano	Formação Pimenteiras	Cerrado Denso a Típico	2(b)c	7%
Unidade Pedoambiental II	Domínio dos Plintossolos	66% Plano a Suave Ondulado	Formação Pimenteiras e Serra Grande	Cerrado Típico a Ralo	4p	25%
Unidade Pedoambiental III	Domínio dos Neossolos Litólicos	44,5% Ondulado a Forte Ondulado	Formação Pimenteiras	Cerrado Típico a Ralo	6	33%
Unidade Pedoambiental IV	Domínio dos Neossolos Quartzarênicos	89% Plano a Suave Ondulado	Formação Cabeças, Formação Poti e Formação Longá	Cerrado Ralo a Formações Campestres	5(n)	35%

Onde: 2(b)c = terras regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no B e inapta no nível A; 4p = terras regular para pastagem plantada no nível de manejo B; 5(n) = terras restrita para pastagem natural; 6 = terras destinadas a preservação da flora e da fauna.

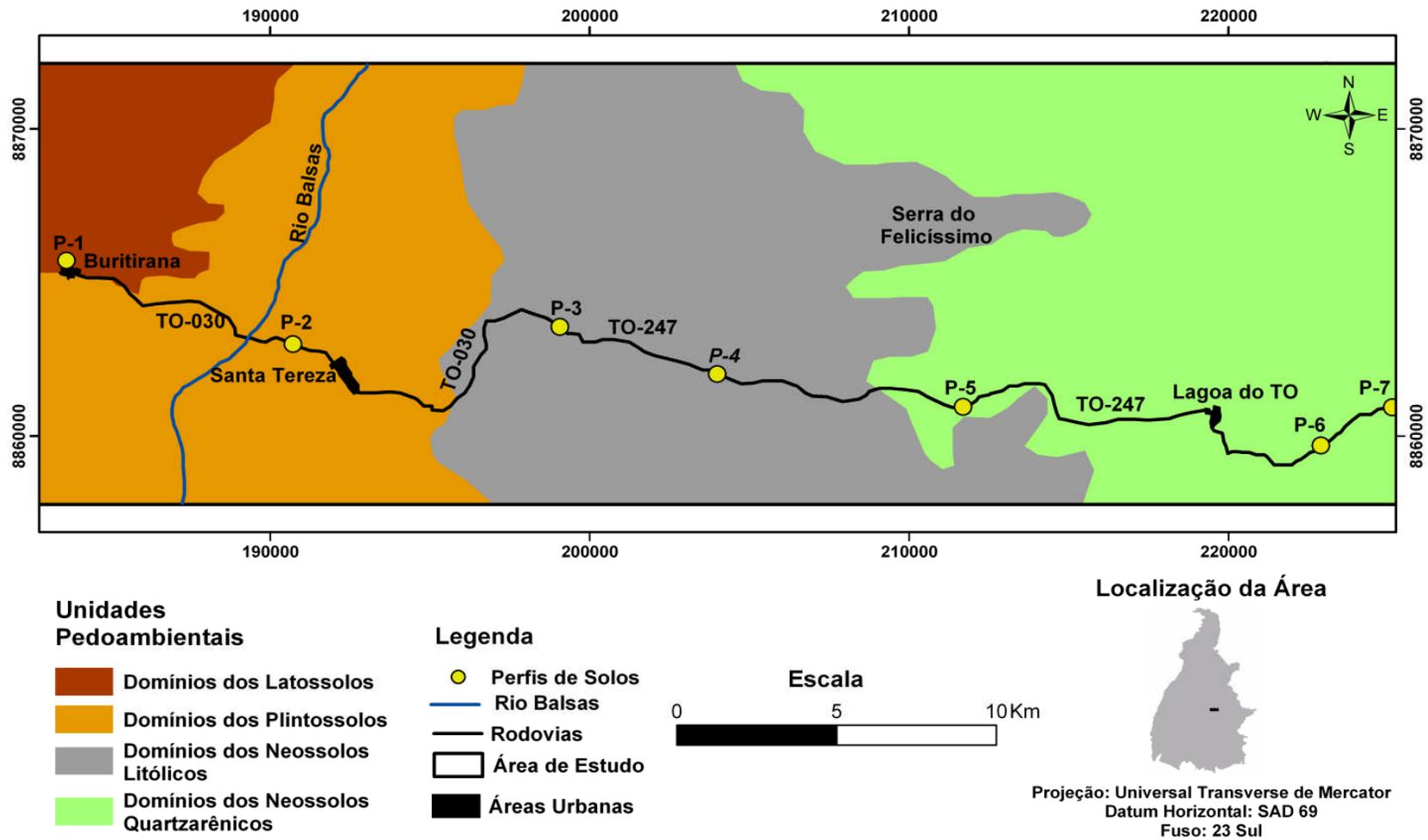


Figura 10 – Mapa de Unidades Pedoambientais da Área de Estudo – Região de Santa Tereza do Tocantins, TO.

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram gerados dados sobre os recursos naturais, como: solos, geomorfologia, geologia, uso, ocupação e aptidão agrícola das terras, que podem contribuir para o planejamento sustentável das terras do estado do Tocantins, seja por meio do Licenciamento Florestal da Propriedade Rural ou por qualquer outra forma de gestão ambiental. Recomenda-se que o estudo dos recursos do meio físico seja associado à caracterização da vegetação nativa, devendo ser estendido para todo o Estado, com a inserção das informações obtidas no banco de dados do Naturatins, subsidiando assim, o monitoramento ambiental da propriedade rural.

Quanto à cobertura vegetal na área estudada, foi constatado que este recurso natural avaliado isoladamente da sua inter-relação com os recursos do meio físico, não é suficiente para avaliar o potencial de utilização das terras.

Os mapeamentos temáticos disponíveis dos recursos naturais do meio físico do estado do Tocantins foram produzidos em escala de reconhecimento (1:250.000). Sendo assim, recomendam-se esforços no sentido de elaboração de levantamentos com maior detalhamento da escala, para que possam ser utilizados com maior acurácia na gestão ambiental do Estado.

V – CONCLUSÕES

- 1- Os solos foram caracterizados ao longo de um transecto pedológico e classificados em: Latossolo Vermelho Distrófico típico, Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Neossolo Regolítico Distrófico típico e Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Os solos estudados são os de principais ocorrências no Estado.
- 2- Foram mapeadas dez classes de uso e ocupação das terras, compostas por fitosionomias do bioma Cerrado e áreas de uso antrópico, constatando-se que 63,5% do total da área se encontram com cobertura vegetal natural; 14,4% correspondem a Campo/Pastagem; 5,6% estão utilizados com Agricultura; 0,1% representam as Áreas Urbanas; 0,4% são constituídos por Corpos d'Água; 6,7% encontram-se com Solo Exposto e 9,3% estão ocupados por Vegetação Secundária. A principal atividade agropecuária é representada por criação de bovinos e subordinadamente ocorre implantação de agriculturas anuais.
- 3- A avaliação da aptidão agrícola das terras ao longo do transecto estudado permitiu a

classificação em 2(b)c, 4p, 4(p) e 5(n), com o predomínio das terras pertencentes às classes de aptidão para pastagem plantada e natural. As terras da classe 2(b)c estão associadas ao desenvolvimento dos Latossolos. Foi constatado também, grande ocorrência de Neossolos Litólicos, os quais são destinados a preservação da flora e da fauna, sendo enquadrado no grupo 6 de aptidão agrícola.

- 4- Foram individualizadas quatro Unidades Pedoambientais com características diferenciadas em relação à pedologia, geomorfologia, aptidão agrícola e associação das terras com a vegetação nativa: (1) Domínios dos Latossolos; (2) Domínios dos Plintossolos; (3) Domínios dos Neossolos Litólicos e (4) Domínios dos Neossolos Quartzarênicos.
- 5- Os atributos dos solos estudados, como profundidade, textura e relevo associado à pedregosidade foram os melhores delimitadores das Unidades Pedoambientais propostas, juntamente com a vegetação nativa associada. A Unidade Pedoambiental I é destinada à agricultura anual, a Unidade Pedoambiental II apresenta utilização indicada para pastagem plantada, a Unidade Pedoambiental III destina-se a conservação ambiental e a Unidade Pedoambiental IV mostra uso adequado para pastagem natural.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. A.; KAMPF, N.; ALMEIDA, R. Caracterização mineralógica de Cambissolos originados de rochas pelíticas nos patamares do alto rio Itajaí e no planalto de Lajes (SC). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 21, p. 181-190, 1997.

ALVARENGA, B. S.; D'ARCO, E.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R. O ensino de conceitos e práticas de espectroradiometria laboratorial: estudo de caso com solos do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p.739-747.

ANJOS, L. H. C. dos; Pereira, M. G.; Ramos, D. P. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. de O.(eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto alegre, Genesis, 1999. Cap 6.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p.1099-1108, 2007.

BARROS, M. A. **Geotecnologias como contribuição ao estudo agroecossistema cafeeiro de Minas Gerais em nível municipal**. São José dos Campos: INPE, 2006, 157p. Dissertação de Mestrado.

BARROS, E. K. E.; MARTINS, A. K. E.; BONATTO, F.; FARIA, V. M. L. Mapeamento do conflito de uso em área de preservação permanente na microbacia Santa Cruz, município de Porto Nacional-TO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.3739-3745.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN – NETO, L. Efeitos de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.559-607, 2000.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica**. Lavras: UFLA, 2006, 119p. Dissertação de Mestrado.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BRASIL. Portaria n. 303, de 30 de julho de 2003. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/guia/detalhes.cfm?id=76819&tipo=7&cat_id=39&subcat_id=159> Acesso em 11/09/2007.

BRITES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Comparação de desempenho de três índices de exatidão aplicados a classificação de imagens orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO

DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...São José dos Campos: INPE, 1996. CD-ROM.**

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª aproximação.** Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101p. (Informativo técnico, 1).

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles e practices.** New York: Lewis publishers, 1999. 133p.

COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; ERNANI, P. R.; BAYER, C.; MERTZ, L. M. Alterações físicas e químicas num cambissolo húmico nativo após a correção de acidez. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v, 5, n. 2, p. 118-130, 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE. 2001, 124p. (INPE-8454-RPQ/722).

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma seqüência Arenítico-Basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 81-90, 2005.

DIAS, H. C. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; VENTORIM, L. B. Geoambiente do Parque Estadual do Ibitipoca município de Lima Duarte – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, nov/dez. 2002.

DSG – DIRETORIA DE SERVIÇOS GEOGRÁFICOS DO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – **Carta Planialtimétrica. Folha SC.23-Y-A-1 (Santa Tereza - escala 1:100.000).** Rio de Janeiro: DSG, 1978.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro: Embrapa - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Boletim Técnico, n. 53, 1978. 455 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, 1997. 247p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. In: LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, S. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Aptidão agrícola do estado do Tocantins**. Fortaleza: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, n. 47, 2000. p.1-3.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 507-514, 1999.

GOEDERT, W. J. **Qualidade do solo em sistemas de produção agrícola**. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife-PE. Solos, Sustentabilidade e Qualidade Ambiental – SBCS. Viçosa: SBCS. v. 1, 2005. p. 1-20.

GUARDA, S. D. M. **Expansão urbana do entorno do lago do município de Palmas-TO (1990, 1993, 1999, 2002, 2005): acompanhamentos por dados de sensoriamento remoto**. Palmas: UFT, 2006, 129p. Dissertação de Mestrado.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-379.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hidrology**, v. 106, p. 211-232, 1989.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de pedologia do estado do Tocantins. Folha SC-23-Y-A (Ponte Alta do Norte - escala 1:250.000)**. Bahia: IBGE - Gerência de recursos naturais e ambientais, 2006a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de geologia do estado do Tocantins. Folha SC-23-Y-A (Ponte Alta do Norte - escala 1:250.000)**. Bahia: IBGE - Gerência de recursos naturais e ambientais, 2006b.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de geomorfologia do estado do Tocantins. Folha SC-23-Y-A (Ponte Alta do Norte - escala 1:250.000)**. Bahia: IBGE - Gerência de recursos naturais e ambientais, 2006c.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetal do estado do Tocantins. Folha SC-23-Y-A (Ponte Alta do Norte - escala 1:250.000)**. Bahia: IBGE - Gerência de recursos naturais e ambientais, 2006d.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986, 327p.

KÖPPEN, W. **Klimakarte der Erde. Grundriss der Klimakunde**. Berlin and Leipzig. 2nd Ed., 1931.

LACERDA, M. P. C.; NASCIMENTO, R. O.; BARBOSA, I. O. Determinação de pedoformas na estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA AGUA, 16., 2006., Aracaju. **Anais...Aracaju, 2006**. CD-ROM.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33 n. 3, p.159-179, 1977.

LOBO, G. A. S. **Aplicação de geotecnologias no planejamento de uso de áreas rurais**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2002, 144p. Dissertação de Mestrado.

MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipuca na planície do Médio Araguaia – Estado do Tocantins. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 297-310, 2006.

MENESES, P. R. **Processamento digital de imagens**. Apostila do curso de especialização em geoprocessamento. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2003. 84p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília: MMA, 2000, 200p.

MOURA FILHO, W.; BUOL, S. W. Studies of a Latossol Roxo (Eutrústox) in Brazil: micromorphology effect on ion release. **Experientiae**, Viçosa, v. 13, n. 7, p. 235-247, 1972.

MUGGLER, C. C.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M. Características pedológicas de ambientes agrícolas nos chapadões do rio Corrente, sudeste da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n. 3, p.221-232, 1996.

MUNSELL. **Soil color charts**. Baltimore: Munsell Color Company, 1994. 28p.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data product**. California. 2007a. S11W08. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtmdataprelimdescriptions.html>>. Acesso 30/01/2007.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **MrSide data image**. California, 2007b. Disponível em: <<http://www.jpl.nasa.gov>> Acesso 30/01/2007.

NATURATINS - INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS. **Base cartográfica digital na escala 1:100.000**. Palmas: NATURATINS. 2004.

NOVAES, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para o reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574p.

PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. P. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p.403-410, 2002.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward-discovery, 1996. 446p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe agropecuário**, v. 9, n. 105, p.3-25, 1983.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; REZENDE, S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, maio\junho. 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2007. 304p.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P. (eds.) **Cerrado Ambiente e Flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 1998. p. 89-152.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Monitoramento semi detalhado (escala 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e propostas metodológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.3309-3316.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100 p.

SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE DO TOCANTINS. **Zoneamento Ecológico-Econômico. Folha SB.22-Z-D (Araguaína - Aptidão Agrícola das Terras), escala 1:250.000**. Palmas: SEPLAN. 2004. 32p.

SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE DO TOCANTINS. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. 2005. 48p.

SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE DO TOCANTINS. **Indicadores Sócio Econômicos do Tocantins: aspectos econômicos**. Disponível em: < http://www.seplan.to.gov.br/site/desenvolvimento/dpi/boi/Aspectos%20Economicos_tudo.pdf>. Acesso em: 4/12/2007.

SULSOFT. **Guia do ENVI**. 2006. Disponível em: < <http://www.sulsoft.com.br>>. Acesso em: 05/01/2006.

TOCANTINS - Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução n. 07 de 09 de agosto de 2005**. Disponível em: <<http://www.naturatins.to.gov.br/modulos/home/index.php>>. Acesso em 11/09/2007.

TUCKER C. J.; GRANT. D. M.; DYKSTRA. J.D. NASA`s Global Orthorectified Landsat Data Set. **Photogrammetric engineering and remote Sensing**, v.70, n.3, p.313-322, 2004.

VENTTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

VIEIRA, L. S. **Manual de ciências do solo com ênfase aos solos tropicais**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988. 464p.

ANEXO 01

DESCRIÇÃO GERAL E MORFOLÓGICA DOS PERFIS

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 1

DATA – 07.03.07

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura argilosa A moderado fase Cerrado Denso a Típico relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LVd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia TO - 030 (Palmas – Buritirana). Chegando no Distrito de Buritirana, vira-se na segunda rua à esquerda, passando em frente à Casa de Farinha, vira-se novamente a esquerda e percorre-se cerca de 50 metros. Município de Palmas, TO, coordenadas em UTM 183.635mE e 8.865.772mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, com declive aproximado de 2%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE – 367 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pimenteiras do Grupo Canindé.

CRONOLOGIA – Devoniano.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, folhelhos e siltitos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano a suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa (Cerrado)

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverso seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A** 0-10 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3 úmido); argilosa; moderada a forte muito pequena a média grumosa; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
- AB** 10 – 40 cm, vermelho (2,5YR 4/6 úmido); argilosa; forte muito pequena a média granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Bw** 40 cm⁺, vermelho (2,5YR 4/8 úmido); argilosa; forte muito pequena a média granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.

RAÍZES – Muitas e fina no horizonte A e comuns e finas no AB e Bw

Observações: Ligeira compactação de 0 a 50 cm.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 2

DATA – 07.03.07

CLASSIFICAÇÃO – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico
textura argilosa A moderado fase pedregosa Cerrado Típico relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – FFc

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia TO - 030 (Palmas – Santa Tereza), percorre-se 6 km depois do Distrito de Buritirana no lado direito da rodovia. Município de Santa Tereza, coordenadas em UTM 190.721mE e 8.862.998mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, declive aproximado de 2%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE – 330 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pimenteiras do Grupo Canindé.

CRONOLOGIA – Terciário-Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, folhelhos e siltitos.

PEDREGOSIDADE – Pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não Rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano a suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa (Cerrado).

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverso seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ac** 0-40 cm, vermelho-escuro-acinzentado (2,5YR 3/2 úmido); franco_argilo_arenosa muito cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas; moderada muito pequena a média grumosa, entremeada com grande quantidade de calhaus; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
- ABc** 40-60 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/3 úmido); argilosa muito cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas; moderada a forte muito pequena a média granular, entremeada com grande quantidade de calhaus; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara .
- Bc** 60-120 cm, vermelho (2,5YR 4/8 úmido); argilosa muito cascalhenta e com calhaus de concreções ferruginosas; moderada a forte muito pequena a média granular, entremeada com grande quantidade de calhaus e matacões; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e difusa.
- F** 120 cm⁺, vermelho (2,5YR 4/8 úmido), predomínio de nódulos e calhaus de concreções ferruginosas transição ondulada e difusa.

RAÍZES – Muitas e finas no horizonte Ac e poucas no ABc e Bc.

Observações: Horizontes Ac, ABc e Bc presença de cascalho e calhaus e no Bc matacões e concreções com volume estimado em mais de 50% do volume.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 3

DATA – 07.03.07

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
textura argilo_arenosa A moderado fase Cerrado Típico relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LVAd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia TO - 247, trecho Santa Tereza – Lagoa do Tocantins, percorre-se cerca de 8 km depois da cidade de Santa Tereza. Município de Santa Tereza, coordenadas em UTM 199.080mE e 8.863.572mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, declive aproximado de 2%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE –277 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pimenteiras do Grupo Canindé.

CRONOLOGIA – Devoniano.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, folhelhos e siltitos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano a suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa de Cerrado.

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverso seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A** 0-15 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6 úmido); franco_argilo_arenosa; moderada a forte muito pequena a média grumosa; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
- AB** 15 – 35 cm, vermelho (5YR 5/6 úmido); argilo_arenosa; moderada a forte muito pequena a média granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Bw** 35 cm⁺, vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido); argilo_arenosa; forte muito pequena a média granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.

RAÍZES – Muitas e finas no horizonte A e comuns e finas no AB e Bw.

Observações: Ligeiramente compactado nos horizontes A e AB.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 4

DATA – 08.03.07

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico textura argilosa cascalhenta no horizonte superficial A moderado fase Cerrado Típico relevo ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXbd.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia TO - 247, trecho Santa Tereza – Lagoa do Tocantins, percorre-se 12 km depois de Santa Tereza, lado esquerdo da rodovia. Município de Santa Tereza, coordenadas em UTM 203.936mE e 8.862.034mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em corte de estrada, declive aproximado de 18%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE –330 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pimenteiras do Grupo Canindé.

CRONOLOGIA – Devoniano.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, folhelhos e siltitos.

PEDREGOSIDADE – Pedregoso no horiozonte A.

ROCHOSIDADE – Moderadamente rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado Típico a Ralo.

USO ATUAL – Vegetação nativa Cerrado.

CLIMA – *Aw* tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverso seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A** 0-30 cm, bruno (7,5YR 5/4 úmido); argilosa muito cascalhenta; moderada média a grande blocos subangulares que se desfazem em pequenos blocos subangulares; macia, friável, muito plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.
- Bi** 30 – 65 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); argilosa; moderada média a grande blocos subangulares que se desfazem em pequenos blocos subangulares; cerosidade comum e moderada; macia, friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e gradual.
- BC** 65-100 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); argilosa; moderada a grande blocos; macia, friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e gradual.
- C** 100 cm⁺, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); estrutura original da rocha preservada; firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Poucas e finas no Horizonte A e raras e finas no Bi e BC.

Observações: Horizonte A cascalhenta subangular, com calhaus subangulares, estimado em mais de 50% do volume.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 5

DATA – 08.03.07

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico textura franco_arenosa A moderado fase Cerrado Ralo a Formações Campestres relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RQo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia TO - 247, trecho Santa Tereza – Lagoa do Tocantins, percorre-se 25 km depois de Santa Tereza, do lado direito da rodovia Município de Lagoa do Tocantins, com coordenadas em UTM 211.703mE e 8.860.939mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, declive aproximado de 3%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE – 382 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cabeças do Grupo Canindé.

CRONOLOGIA – Devoniano.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, diamictitos e siltitos arenosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano a suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa de Cerrado.

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverno seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A** 0-10 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2 úmido); arenosa; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- C** 10-65 cm, oliva-claro-acinzentado (5Y 6/3 úmido); franco_arenosa; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Cc** 65 – 95 cm, coloração variegada, composta de oliva-claro-acinzentado (5Y 6/3 úmido) e vermelho-escuro (10R 3/6 úmido); bruno-acinzentado (2,5Y 5/2 úmido); franco_arenosa com presença de calhaus de concreções ferruginosas; grãos simples não coerentes, transição ondulada e gradual.
- F** 95 – 107 cm, vermelho-escuro (10R 3/6 úmido), transição ondulada e gradual.
- Cr** 107 cm⁺, coloração variegada, composta de oliva-claro-acinzentado (5Y 6/3 úmido) e vermelho-escuro (10R 3/6 úmido); bruno-acinzentado (2,5Y 5/2 úmido); estrutura original da rocha preservada, solta, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES – Comuns e finas no horizonte A e raras e finas no C.

Observações: Horizonte A compactado, próximo a uma estrada vicinal.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 6

DATA – 07.03.07

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico textura franco_argiso_arenosa A moderado fase Cerrado Típico relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RRd

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Na Rodovia TO -247 no trecho Lagoa do Tocantins – Ponte Alta do Tocantins, percorre-se cerca de 1,5 km depois de Lagoa do Tocantins, vira-se à esquerda na rodovia, antes da entrada para o balneário, segue-se por aproximadamente 3 Km e vira-se à esquerda na placa Cajá, e trafega-se cerca de 1 Km. Município de Lagoa do Tocantins, coordenadas em UTM 222.869mE e 8.859.711mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL –

Descrito e coletado em trincheira, declive aproximado de 4%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE – 390 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Poti do Grupo Balsas.

CRONOLOGIA – Devoniano.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, folhelhos e siltitos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente a moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa de Cerrado.

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverno seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- 1A 0-20 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4 úmido); areia_franca; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- 1C 20-100 cm, bruno-acinzentado (7,5YR 5/6 úmido); franco_argilo_arenosa; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada difusa.
- 1Cc 100-110cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4 úmido); franco_argilo_arenosa com presença de concreções e calhaus de concreções ferruginosas, grãos simples não coerentes solta, não plástica e não pegajosa irregular, transição ondulada difusa.
- 2Cr 110 cm⁺, bruno-acinzentado (7,5YR 5/6 úmido); argilosa; estrutura original da rocha preservada (argilito com estratificação horizontalizada preservada), firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Poucas e finas no horizonte 1A e 1C.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 7

DATA – 07.03.07

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico textura areia_franca A fraco fase Cerrado Ralo a Formações Campestres relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RQo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Na Rodovia TO -247 no trecho Lagoa do Tocantins – Ponte Alta do Tocantins, percorre-se cerca de 1,5 km depois de Lagoa do Tocantins, vira-se à esquerda na rodovia, antes da entrada para o balneário, segue-se por aproximadamente 3 Km e vira-se à esquerda na placa Cajá, e trafega-se cerca de 3,7 Km. Município de Lagoa do Tocantins, coordenadas em UTM 226.308mE e 8.861.200mN (fuso 23sul).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, declive aproximado 2%, sob vegetação nativa de Cerrado.

ALTITUDE – 340 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Poti do Grupo Balsas.

CRONOLOGIA – Carbonífero.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos, siltitos e folhelhos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado *stricto sensu*.

USO ATUAL – Vegetação nativa de Cerrado.

CLIMA – Aw tropical chuvoso de savana, caracterizado por verão úmido e inverso seco da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Helena Maria de Paula Santana e Marilusa Pinto Coelho Lacerda.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0-5 cm, bruno (7,5YR 4/2 úmido); arenosa; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.

C – 05-120 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); areia_franca; grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.

Cc – 120-135 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); arenosa com presença de calhaus de concreções ferruginosas, grãos simples não coerentes; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.

Cr – 135 cm⁺, bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido); arenosa; estrutura original da rocha (arenito estratificado horizontalmente), grãos simples não coerentes, solta, não plástica e não pegajosa.