

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

INGRID APARECIDA GOMES

**MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS DO FAXINAL TAQUARI DOS  
RIBEIROS: ABORDAGEM PEDOLÓGICA E ETNOPEDOLÓGICA**

PONTA GROSSA  
2011

INGRID APARECIDA GOMES

**MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS DO FAXINAL TAQUARI DOS  
RIBEIROS: ABORDAGEM PEDOLÓGICA E ETNOPEDOLÓGICA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado em Gestão do Território.

Orientação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Selma Regina Aranha Ribeiro.

Co-orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neyde Fabiola Balarezo Giarola.

PONTA GROSSA  
2011

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**INGRID APARECIDA GOMES**

**“MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS DO FAXINAL TAQUARI DOS RIBEIROS:  
ABORDAGEM PEDOLÓGICA E ETNOPEDOLÓGICA”**

Dissertação aprovada como requisito parcial obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador     Prof. Dra. Selma Regina Aranha Ribeiro

Prof. Dr. Luiz Gilberto Bertotti

Prof. Dra. Márcia Freire Machado de Sá

Ponta Grossa, 15 de Abril de 2011

Dedico a minha mãe Dirce Edvirges Gomes,  
ao meu irmão Demétrius José Gomes e ao meu  
amigo Rafael Evangelista.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Dirce e Ivo (*in memoriam*), pelo empenho e dedicação no decorrer de toda minha vida, que resultaram na educação e formação do caráter a qual disponho hoje.

À Profa. Dra. Selma Regina Aranha Ribeiro, por sua amizade, suas sugestões, esclarecimentos e incentivos durante a orientação desta pesquisa e pelo acompanhamento de minha formação acadêmica, pelo qual foram agregados muitos conhecimentos e experiências e pela paciência nos momentos difíceis.

À Profa. Dra. Neyde Fabiola Balarezo Giarola, pela co-orientação, pela contribuição com seus conhecimentos, disposição em atender e amizade.

Ao Técnico Agrícola do IAPAR Dácio Antônio Benassi, pela disposição e orientação dos trabalhos em campo, pelos conhecimentos adquiridos em prática.

Ao Projeto Gestão Participativa de Recursos Naturais em Faxinais, financiado pela CAPES-PNPD (coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dra. Sílvia Méri Carvalho) pelo auxílio financeiro para análises físico-químicas das amostras de solos.

A Profa. Dra. Sílvia Méri Carvalho por ensinar o caráter e ética profissional, pela paciência, atenção e disposição para ajudar desde a graduação.

Ao Prof<sup>o</sup>. Nicolas Floriani pelo gentil acolhimento, pelas conversas tão esclarecedoras e pela sincera amizade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

## RESUMO

Os faxinais são uma forma de organização camponesa tradicional característica da região Centro-Sul do Paraná, onde a ocupação do território social é determinada pelo uso comunitário das terras, apesar da propriedade da terra ser privada. Os faxinalenses apresentam técnicas próprias de uso e manejo dos solos, desenvolvidas a partir do conhecimento empírico local. O objetivo desta pesquisa foi realizar o mapeamento dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros, localizado no município de Rio Azul, estado do Paraná, com base no conhecimento da comunidade local e conhecimento científico. Informações advindas do Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica serviram de base para a caracterização da área de estudo e localização dos solos. A percepção e a maneira como os produtores faxinalenses classificavam e utilizavam os solos foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas (conversas informais) e observações em campo. O mapeamento preditivo dos etnosolos foi realizado por meio da técnica de classificação de Redes Neurais Artificiais (RNAs). Para o mapeamento pedológico formal foram utilizadas técnicas clássicas de fotointerpretação, complementadas por prospecções do solo em topossequência, observações complementares e correlações de campo. A caracterização científica dos solos foi realizada por meio de análises morfológicas, físicas e químicas de perfis e, a classificação, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Os resultados demonstraram que a comunidade local reconhece diferentes tipos de solos na área de estudo, de acordo com os seguintes atributos: cor, textura, taxas de infiltração de água, presença de rochas ou minerais, profundidade, demanda de força nas operações com tração mecânica ou animal. Foram definidas oito classes de solo segundo o conhecimento local: 1) Terra Branca Batumadeira; 2) Terra Branca Solta; 3) Terra Preta Batumadeira (ou Pesada); 4) Terra Preta Solta; 5) Terra Vermelha do Faxinal (ou do agricultor); 6) Terra Vermelha; 7) Terra de Cascalho; e, 8) Terra Roxa. De acordo com o SiBCS foram encontrados as seguintes classes de solos: CAMBISSOLOS, LATOSSOLOS e NEOSSOLOS. Os solos que dominam a região são os CAMBISSOLOS HÁPLICOS e os NEOSSOLOS LITÓLICOS, todos de baixa fertilidade natural e altamente susceptíveis à erosão. A técnica de RNA foi capaz de individualizar os etnosolos por meio da integração das variáveis de entrada Imagem SPOT5 e MDT (Modelo Digital do Terreno). A técnica de RNA foi capaz de separar os etnosolos por meio da integração de variáveis de entrada de diferentes origens e, quando comparada ao levantamento de solos tradicional, permitiu caracterizar a paisagem de modo mais detalhado e delimitar as unidades de mapeamento de solos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Levantamento de solos, Classificação de Solos, Geotecnologias, Redes Neurais Artificiais, Comunidades Tradicionais.

## ABSTRACT

The faxinais are a traditional form of peasant organization characteristic of South-Central region of Parana, where the occupation of the territory is determined by the social community use of land, although land ownership is private. The present faxinalenses techniques in their use and management of soils, developed from the local empirical knowledge. The objective of this research was to perform the mapping of soils of the Faxinal Taquari dos Ribeiros, located in Rio Azul - PR, based on knowledge of the local community and scientific knowledge. Information from the Remote Sensing and Geographic Information Systems were used for the characterization of the study area and location of soils. The perception and the way the producers *faxinalenses* classified and used the land was obtained through structured interviews (informal talks) and field observations. The mapping of predictive *etnosolos* was performed using the technique of classification of Artificial Neural Networks (ANN). For the formal pedological mapping techniques were used classic photo interpretation, supplemented by surveys of the soil toposequence, further observations and correlations of the field. The scientific characterization of the soils was performed by means of morphological, physical and chemical profiles, and classification, according to the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS). The results showed that the local community recognizes different types of soils in the study area, in accordance with the following attributes: color, texture, water infiltration rates, presence of rocks or minerals, depth, power demand in operations with mechanical traction or animal. We automatically send defined eight classes of land according to local knowledge: 1) *Terra Branca Batumadeira*, 2) *Terra Branca Solta*, 3) *Terra Preta Batumadeira (pesada)*, 4) *Terra Preta Solta*, 5) *Terra Vermelha do Faxinal (farmer)*, 6) *Terra Vermelha*, 7) *Terra de Cascalho*, and, 8) *Terra Roxa*. According to SiBCS were found the following soil classes: *CAMBISSOLOS*, *LATOSSOLOS* and *NEOSSOLOS*. The soils that dominate the region are the *CAMBISSOLOS* and *NEOSSOLOS*, all of low fertility and highly susceptible to erosion. The technique of RNA was able to individualize *etnosolos* through the integration of input image and SPOT5 and MDT (Digital Terrain Model). The technique of RNA was able to separate the *etnosolos* through the integration of input variables from different sources and, when compared to traditional soil survey allowed to characterize the landscape in more detail and define the mapping units of soils.

**KEY-WORDS:** Soil survey, Soil Classification, Geotechnologies, Artificial Neural Network, Traditional Community.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O espaço físico de um Sistema Faxinal .....	18
Figura 2 – Esquema de um neurônio biológico .....	24
Figura 3 – Localização do Faxinal Taquari dos Ribeiros, município de Rio Azul, Paraná .....	31
Figura 4 – Etapas de trabalho realizadas para localização, identificação e caracterização prévia da área de estudo.....	37
Figura 5 – Caracterização preliminar do Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	38
Figura 6 – Localização dos solos reconhecidos pela comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	39
Figura 7 – Localização das topossequências e perfis de solo analisados no Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	41
Figura 8 – Etapas de trabalho realizadas para obtenção das variáveis de entrada da RNA.....	44
Figura 9 – Variáveis de entrada para realização de testes de classificação digital dos solos reconhecidos pela comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	45
Figura 10 – <i>Croqui</i> da distribuição das amostras de treinamento da RNA .....	47
Figura 11 – Arquitetura da Rede Neural Artificial para classificação etnopedológica do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	48
Figura 12 – Modelo digital do terreno do Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	50
Figura 13 – Classes de declividade do relevo do Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	51
Figura 14 – Unidades etnopedológicas reconhecidas no Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	54
Figura 15 – Perfil topográfico dos solos da topossequência A.....	63
Figura 16 – Perfil topográfico dos solos da topossequência B.....	63
Figura 17 – Mapa pedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros .....	72
Figura 18 – Teste da RNA com a imagem SPOT5, MDT e Sub-bacias .....	76
Figura 19 – Teste da RNA com a imagem SPOT5 e Sub-bacias .....	77
Figura 20 – Teste da RNA com a imagem SPOT5 .....	78
Figura 21 – Mapa preditivo etnopedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de declividade e respectivos tipos de relevo .....	37
Tabela 2 – Unidades de paisagem .....	43
Tabela 3 – Etnosolos identificados no Faxinal Taquari dos Ribeiro e características da paisagem.....	55
Tabela 4 – Atributos morfológicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	56
Tabela 5 – Atributos físicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	59
Tabela 6 – Atributos químicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeios.....	61
Tabela 7 – Parâmetros utilizados para os testes de RNA.....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Técnicas empregadas para a determinação das classes de solos de acordo com o conhecimento da comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	40
Quadro 2 – Variáveis de entrada avaliadas nos testes de RNA.....	49
Quadro 3 – Classificação etnopedológica e pedológica dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros.....	73

## **LISTA DE SIGLAS**

**RNA** – Redes Neurais Artificiais

**SIG** – Sistemas de Informação Geográfica

**GPS** – *Global Positioning System*

**MDT** – Modelo Digital do Terreno

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo geral .....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
<b>2 REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL.....</b>	<b>17</b>
2.1 O Sistema Faxinal.....	17
2.2 Etnopedologia e Pedologia .....	19
2.3 Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica.....	21
2.4 Redes Neurais Artificiais.....	24
2.5 Mapeamento Preditivo de Solos .....	26
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>30</b>
3.1 Geologia .....	32
3.2 Geomorfologia.....	32
3.3 Clima .....	33
3.4 Vegetação .....	33
3.5 Solos .....	34
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>35</b>
4.1 Trabalhos de laboratório e de campo .....	36
4.2 Caracterização e classificação informal dos solos.....	39

4.3	Caracterização e classificação formal dos solos.....	41
4.4	Rede Neural Artificial no mapeamento preditivo etnopedológico.....	43
4.4.1	Coleta de amostras e variáveis de entrada da Rede Neural Artificial.....	46
4.4.2	Arquitetura, aprendizado e processamento da Rede Neural Artificial.....	48
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
5.1	Características do relevo local.....	50
5.2	Caracterização e classificação informal dos solos.....	52
5.3	Caracterização e classificação formal dos solos.....	55
5.4	Classificação etnopedológica e classificação pedológica.....	73
5.5	Mapeamento preditivo etnopedológico .....	75
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As comunidades tradicionais apresentam conhecimentos próprios sobre os solos que utilizam. Na região Centro-Sul do Estado do Paraná, particularmente no Faxinal Taquari dos Ribeiros, localizado no município de Rio Azul, os agricultores possuem uma maneira própria de classificar os solos que cultivam, desenvolveram ao longo dos anos uma terminologia particular em função da observação de feições morfológicas do solo. Os solos são tipificados de acordo com as técnicas de manejo, do uso de maquinário agrícola, da ocorrência de encrostamento superficial, das taxas de infiltração de água e do grau de permeabilidade. Dessa forma, os produtores faxinalenses foram capazes de transmitir seus conhecimentos acumulados de gerações por meio da comunicação oral e de maneira eficiente, mesmo sem possuir algum material escrito na forma clássica de um manual.

O conhecimento dos produtores faxinalenses acerca dos solos é desconhecido pela maioria dos técnicos que trabalham com as ciências do solo e prestam serviços na área de abrangência deste estudo, neste sentido, é possível realizar uma associação deste conhecimento local com a classificação científica sintetizada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

A abordagem etnopedológica pode contribuir para uma articulação e integração entre os saberes locais, característicos das populações rurais, com os saberes pedológicos formais, os quais são compartilhados por pesquisadores com instrução formal em ciência do solo.

Para obter o conhecimento dos aspectos físicos de uma área é necessário conhecer os recursos naturais e o entendimento da interação e correlação entre eles. Os levantamentos de solos apoiados no reconhecimento dos atributos morfológicos (qualitativos) dos solos, em relação à paisagem e variáveis ambientais, são à base do mapeamento de solos. Com as informações obtidas por meio da etnopedologia, pode-se gerar etno-mapas pedológicos a

partir dos conhecimentos da comunidade local e correlacionar estes com os mapas de classificação formal já existentes.

Apesar do grande volume de informações existentes no Brasil sobre caracterização e classificação dos atributos dos solos e sua distribuição na paisagem, surgem vários problemas, quanto às distintas formas de uso, o que remete ao entendimento das variadas práticas de cultivo segundo as culturas locais. A diversidade das linguagens nas taxonomias reflete a diversidade de usos materiais e imateriais que cada coletividade atribui a um determinado recurso, sendo muitas vezes incompatíveis com outros sistemas de conhecimentos e práticas: agricultores, extensionistas, pesquisadores, etc (ALVES et al., 2006).

Esta diversidade, até pouco tempo – últimos trinta anos - subjugada e menosprezada pela racionalidade técnico-científica, inclui a expressão dos conhecimentos tradicionais, que mostram-se relevantes para pesquisas que tenham como foco a relação sociedade-natureza. Esse problema é ainda maior se pensarmos que a distância disciplinar existente entre as ciências naturais e humanas impede sobremaneira o diálogo com outros saberes, como o saber local sobre o ambiente relacionado com os estudos que são desenvolvidos pelas ciências naturais (FLORIANI et al., 2010).

Em mapeamentos de solos em nível de comunidades rurais, é fundamental entender como os agricultores compreendem a paisagem, de modo a evitar produzir resultados que não atendam as necessidades locais. Essa compreensão pode ser feita por meio de estudos etnográficos enquanto conhecimento sistemático das práticas sociais e modo de vida (CORREIA; LIMA; ANJOS, 2004).

No Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR), a diversidade dos solos não é expressa de forma adequada nos mapeamentos existentes. Por exemplo, na escala espacial de uma comunidade como a do referido faxinal, menos de 1% dos solos estão mapeados em escalas generalizadas como 1: 250.000, sendo assim, as propostas de manejo sustentável das terras

ficam comprometidas, posto que não expressam as potencialidades e limitações produtivas das terras, de acordo com os manejos empreendidos.

Torna-se veemente, portanto, encontrar alternativas acessíveis de levantamentos e mapeamento de solos, compatíveis com escalas locais (LARACH, 1993). Uma alternativa plausível: o conhecimento dos agricultores sobre a paisagem. Nesse sentido, pretende-se estabelecer uma estratificação dos solos a partir do conhecimento dos agricultores faxinalenses segundo critérios locais e gerar um mapeamento preditivo de etnosolos por meio de Redes Neurais Artificiais e um mapeamento pedológico formal.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi realizar o mapeamento dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros, com base no conhecimento da comunidade local e no conhecimento científico.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Delimitar as unidades de paisagem para fins de mapeamento de solos mediante técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica.
- Classificar as unidades de mapeamento de solo segundo sistema informal, por meio de Redes Neurais Artificiais;
- Classificar e caracterizar os solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros, município de Rio Azul, Paraná, de acordo com o conhecimento dos agricultores locais e conhecimento científico formal.

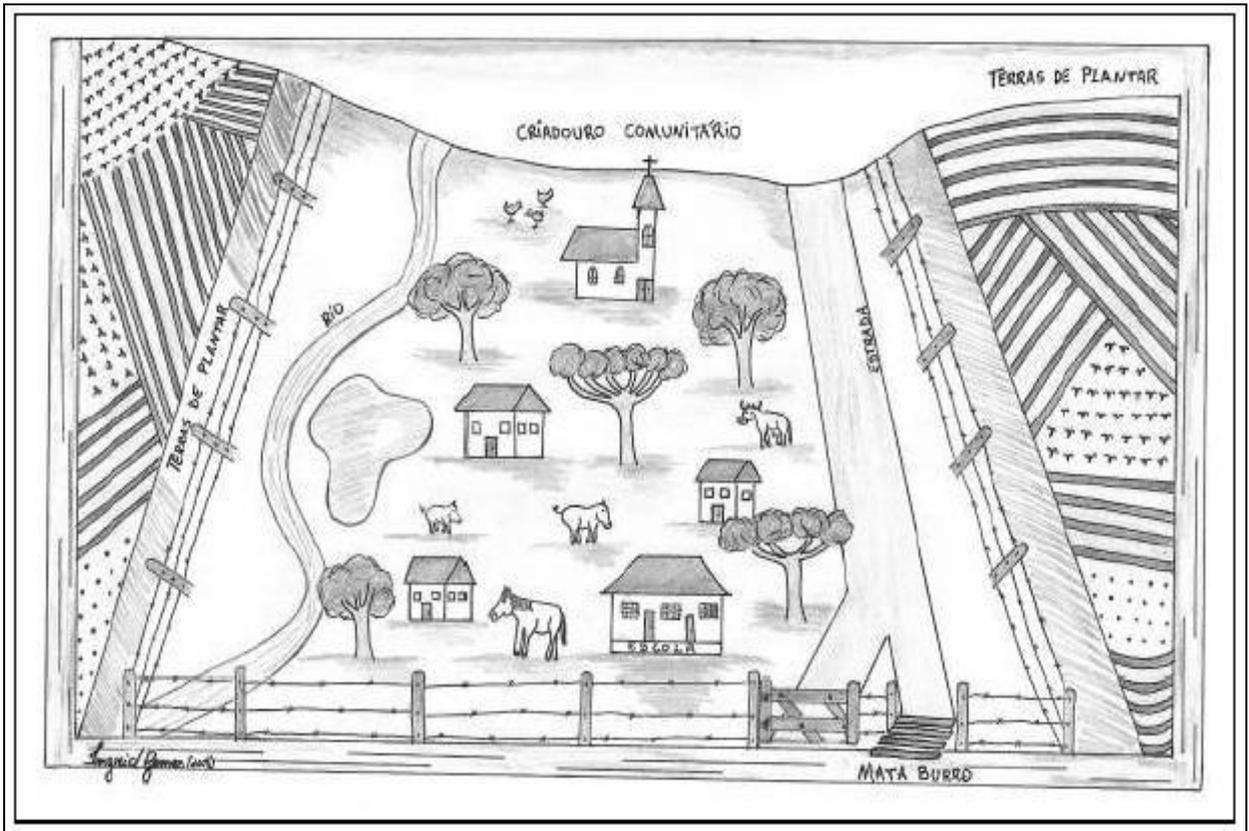
## 2 REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

### 2.1 O SISTEMA FAXINAL

O Sistema Faxinal é caracterizado pela sua forma de ocupação territorial e sua organização social, pelos espaços determinados pelo uso da terra em comum, embora a propriedade da terra seja particular. Segundo Chang (1988) o Sistema Faxinal é uma forma de organização e produção camponesa tradicional típica da região Centro-Sul do Paraná e caracterizado pela produção animal coletiva no criadouro comunitário, pela produção agrícola para fins de subsistência e comercialização, pelo extrativismo florestal de baixo impacto, com o qual se preserva a mata da araucária e outras espécies nativas.

O Sistema Faxinal é considerado um modelo de organização social singular e traz consigo uma série de questões inerentes a uma sociedade. A ocupação das terras segue uma série de interesses e significados atribuídos pela lógica de uso comunitário, envolvendo questões políticas e econômicas da época em que foram formadas. Essas comunidades contribuem com a manutenção da paisagem florestal nativa, principalmente do bioma floresta com Araucária, sendo importantes pelo modo de vida tradicional de suas populações marcadas pela sociabilidade particular tanto no uso comum da terra como das relações de afinidade (BARRETO, 2008).

O espaço físico do Faxinal é identificado pelo seu sistema de manejo particular, que separa as terras de plantar do criadouro comunitário, como representado na Figura 1.



**FIGURA 1:** O espaço físico de um Sistema Faxinal  
**ELABORADO POR:** GOMES, 2009

O criadouro comunitário é constituído por vales com relevo suavemente ondulados apresentando cursos d'água. O ambiente natural é alterado pela pastagem extensiva e é neste espaço que residem os membros da comunidade. Além da criação coletiva de animais, outras atividades são realizadas neste local, como a extração de madeira e o cultivo de pequenas hortas para fins de subsistência. Segundo Sahr (2005) as terras de plantar são localizadas fora do criadouro comunitário e usadas de forma individual, sejam próprias ou arrendadas e situam-se nas adjacências do criadouro.

No final da década de 1990 havia cerca de cento e cinquenta Faxinais no Estado do Paraná e, atualmente, restam quarenta e quatro Faxinais, que ainda mantêm o sistema de criadouro comunitário e o uso deste espaço de forma coletiva com alguma atividade produtiva, como pastagem. (SAHR; CUNHA, 2005).

Em termos histórico, social e de produção econômica, o Sistema Faxinal representa a realidade agrícola da porção Centro-Sul do Estado do Paraná (SILVA, 2005), entretanto é pouco conhecido pela sociedade científica, em relação às ciências do solo. Existe uma deficiência em termos de pesquisa em relação aos solos dos faxinais, contudo há uma necessidade de abranger os estudos nessa área, pois poucas são as literaturas encontradas que abordam esta discussão.

## 2.2 ETNOPEDOLOGIA E PEDOLOGIA

O conhecimento físico-territorial constitui a base para o aproveitamento dos recursos naturais e o desenvolvimento da sociedade. As comunidades rurais tradicionais, na sua maioria, desenvolveram suas próprias técnicas de uso e manejo dos solos, mantendo pouco ou nenhum contato com os órgãos oficiais responsáveis pelas atividades rurais.

Segundo Alves e Marques (2005), etnopedologia é o conjunto de estudos interdisciplinares dedicados ao entendimento das interfaces existentes entre os solos, a espécie humana e os outros componentes dos ecossistemas. A etnopedologia é uma ciência híbrida e segue a estruturação de diversas outras ciências sociais e naturais, principalmente aquelas relacionadas às ciências do solo, a geomorfologia, a mineralogia, a edafologia, a geografia rural, a agronomia e a agroecologia, além da antropologia social.

Para Mikkelsen e Langohr (2004) o conhecimento do agricultor quanto à classificação e qualidade do solo que ele utiliza, é resultado do conhecimento acumulado de anos que passou por várias gerações. Essas experiências foram adquiridas a cada safra, aprendendo com os erros e acertos, sempre tendo como parâmetros sua produtividade que está diretamente ligada à estabilidade ambiental. A etnopedologia está relacionada não somente

aos conhecimentos que o produtor tem acerca dos solos, mas também dos recursos naturais diretamente ligados à pedopaisagem, levando em consideração a cultura local.

Não obstante, a ciência pedológica está apenas recentemente abrindo-se ao diálogo com outros saberes não científicos. Além disso, o ensino da pedologia tem recentemente saído do âmbito acadêmico-formal, incorporando métodos didático-pedagógicos que lhe possibilitem transitar em ambientes de aprendizagem informais, de maneira que o seu conteúdo possa ser discutido amplamente por um público diverso (PEREIRA et al., 2005).

A ciência pedológica, com toda sua importância, ainda não é capaz de transferir informações a respeito dos solos de modo que todos os interessados possam entender. A classificação brasileira de solos é alvo de interesse pela necessidade decorrente de levantamentos pedológicos, pois áreas como meio ambiente, agricultura, conservação, manejo e uso do solo (etc), carecem de conhecimento das unidades de solos para o desenvolvimento de suas atividades.

É fundamental que seja considerada a existência de diferentes formas de conhecimento sobre os solos entre grupos sociais, sejam de agricultores familiares, comunidades tradicionais, técnicos, pedólogos, dentre outros, como forma de incluir esses saberes pedológicos nas estratégias de manejo dos solos, viabilizando uma melhor aplicação dos resultados das pesquisas, as quais podem ser detalhadas por meio do uso das Geotecnologias.

O uso de Geotecnologias, tais como: Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica e *Global Positioning System* (GPS), assim como o processamento de imagens digitais é uma realidade que se mostra essencial e eficiente na realização de diversos projetos em todas as áreas que necessitam de informações nas ciências exatas, naturais e tecnológicas.

### 2.3 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O potencial de informações que podem ser obtidas com as técnicas de Geoprocessamento tem permitido condições de extração de informações georreferenciadas de parcelas do espaço geográfico. O uso do Geoprocessamento para o mapeamento de solos serve como subsídio para planejamentos agrícolas, levantamento de uso da terra, manejo, monitoramentos ambientais e outros (SANTOS; QUINTANILHA; FUKUMORI, 2005).

As técnicas de Geoprocessamento, como o Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornam-se uma prática imprescindível para os estudos de análise ambiental, tendo em vista a necessidade de monitoramento de áreas que estão sujeitas às constantes intervenções humanas e à possível recuperação das que já sofreram algum tipo de alteração (BARBOSA; SOARES; MEDEIROS, 2006).

A partir da década de 1930, o Sensoriamento Remoto e SIG passaram a ser usados nos levantamentos pedológicos, com a utilização de fotografias aéreas como mapa base, sendo que na década de 1960, um novo impulso ocorreu com o desenvolvimento de novas técnicas cartográficas que foram inseridas como suporte aos mapeamentos pedológicos, possibilitando o estudo fisiográfico dos solos (ANDRADE e MARQUES, 1998).

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações são derivadas da detecção e mensuração das modificações impostas sobre os campos de força eletromagnéticos, acústicos ou potenciais (NOVO; REIS; ESPINDOLA, 2004).

Segundo Jensen (2000) o Sensoriamento Remoto pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra. As imagens adquiridas por Sensoriamento Remoto e suas técnicas de extração de informações a respeito do espaço físico territorial são utilizadas por técnicos e cientistas das mais diversas áreas os

quais necessitam ter conhecimento e detalhamento da superfície física, sem a necessidade do contato físico com o objeto em estudo.

Os dados de Sensoriamento Remoto permitem realizar um estudo e o imageamento de regiões de difícil acesso devido à declividade, desta forma, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre por meio da receptividade (JENSEN, 2000).

As informações adquiridas por Sensoriamento Remoto são representadas na forma de imagem, seja ela fotográfica, orbital, radar ou uma imagem obtida usando laser. A imagem é formada a partir da variação da intensidade da energia proveniente dos diferentes pontos da superfície terrestre (CENTENO, 2004). As imagens obtidas por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto refletem a situação geográfica real no momento da aquisição da imagem, representando os modelos da superfície terrestre. As imagens produzidas são caracterizadas pelas resoluções: espacial, espectral, radiométrica, temporal e pela largura da faixa imageada.

Os componentes do Sensoriamento Remoto são modernos sensores capazes de transmitir, receptor, armazenar e processar dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios físico, espacial e temporal, por meio de registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e os elementos terrestres (ROCHA, 2007).

Os dados extraídos do Sensoriamento Remoto podem ser trabalhados de forma organizada com o uso do SIG, podendo ser tanto semânticos quanto alfanuméricos, de ordem quantitativa ou qualitativa, os quais serão inseridos de acordo com o objetivo de estudo. Essa estruturação aumenta a capacidade de análise e monitoramento da realidade territorial, de forma a economizar tempo e custos (SILVA, 2005).

As informações geradas pelo Sensoriamento Remoto e estruturadas em um SIG servem para subsidiar o processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação, proporcionando a tomada de decisões por meio de criação de cenários futuros,

podendo aplicar-se o planejamento de estratégias sobre determinado aspecto da realidade, proporcionando à visão geral da área, a localização da área de interesse, a preparação de roteiro para ida campo, a geração de banco de dados semânticos e numéricos, relacionando-os com os mapas de diversos temas (MIRANDA et al., 1995).

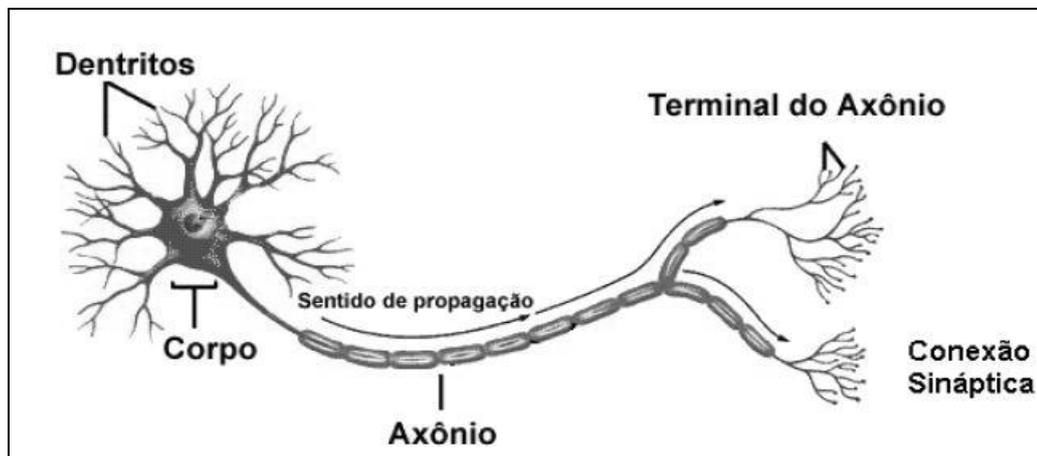
SIG é um método que permite a coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos, com a capacidade de inserir e integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários, de cadastro urbano e rural, de imagens de satélite, de redes e modelos numéricos de terreno (BURROUGH, 1986). A origem do SIG não foi a partir de uma única área do conhecimento; além da área da computação, outras três ciências contribuíram de forma significativa para o avanço de SIG, como a Cartografia Assistida por Computador (CAM), o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Análise Espacial (VIEIRA; DELAZARI, 2006).

O SIG e Sensoriamento Remoto são suportes importantes para o planejamento e gestão ambiental, pois tornam possível automatizar e integrar dados para o manejo sustentável dos recursos naturais e ordenamento territorial, (BOCCO; VELÁSQUEZ; TORRES, 2000), por exemplo, para as comunidades tradicionais. São instrumentos base para construção de sistemas inteligentes e de apoio à tomada de decisão, que em conjunto fortalecem a avaliação e o monitoramento dos recursos, servindo de base material para o desenvolvimento.

Com a integração do Geoprocessamento com dados advindos do Sensoriamento Remoto e dados temáticos aplicados na estrutura de Redes Neurais Artificiais é possível estabelecer relações de variáveis representantes do meio físico e fenômenos ambientais (ANTONIO, 2009). Sendo assim, com as estruturas computacionais, nesta pesquisa, procurou-se adequar a Rede Neural Artificial para a classificação das unidades de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR).

## 2.4 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

As Redes Neurais Artificiais (RNA) fazem parte da Inteligência Artificial e são definidas como um conjunto de técnicas de programação que procura resolver problemas em informática, usando algoritmos, que se assemelham ao comportamento humano (HAYKIN, 1999). Segundo Ribeiro (2003), a RNA é um modelo matemático que se assemelham às estruturas neurais biológicas e que têm capacidade computacional adquirida por meio do aprendizado e generalização, a Figura 2 mostra o esquema de um neurônio biológico.



**FIGURA 2:** Esquema de um neurônio biológico  
**FONTE:** Adaptado de MEDEIROS<sup>1</sup>, 2003

Os Dentritos têm por função receber os estímulos transmitidos pelos outros neurônios; o Corpo, também denominado de Soma, é responsável por coletar e combinar informações vindas de outros neurônios; o Axônio é constituído de fibra tubular, que é responsável por transmitir os estímulos a outros neurônios; a Conexão Sináptica é a região onde dois neurônios se encontram resultando ou não uma interligação, por meio de impulsos nervosos resultantes de processo bioquímico, podendo ser inibitórios ou excitatórios em função do tipo do neurotransmissor.

<sup>1</sup> MEDEIROS, L. F. de. **Redes Neurais em Delphi**. Bookstore Livraria Ltda, Florianópolis- SC, 2003.

A partir do conhecimento da estrutura e do comportamento dos neurônios naturais foram extraídas suas características fundamentais, utilizadas na criação de modelos de neurônios artificiais que simulam os reais. Estes neurônios artificiais são utilizados na formação das Redes Neurais Artificiais (OSÓRIO, 1991).

O funcionamento de um neurônio biológico pode ser modelado como sendo um circuito binário, o qual possui entradas binárias com valores de 0 a 1, que são combinadas por um soma ponderada, gerando a entrada efetiva do neurônio determinando a continuação desse estímulo. As entradas de um neurônio artificial podem ser comparadas exatamente como estímulos do neurônio biológico (SILVA et. al, 2008).

Uma RNA é composta por vários neurônios distribuídos em camadas. A primeira é a camada de entrada e tem a função de armazenar os dados de entrada na rede. As camadas intermediárias são as camadas escondidas, nelas ocorrem os processamentos da rede. A última camada, é definida como camada de saída, recebe os valores processados pela rede (RIBEIRO, 2003). A ponderação dos sinais de entrada, realizada pela função de ativação é que ativa o neurônio e faz com que envie um sinal de saída. Este sinal de saída é propagado de acordo com a topologia de interconexão da rede de neurônios.

O diferencial da RNA de outros classificadores é a capacidade de aprendizagem (treinamento) que apresenta, em generalizar o aprendizado a partir de exemplos, em situações antes não confrontadas ou não apresentadas, ou seja, mostra-se eficiente para realização de tarefas complexas (HAYKIN, 2001). O método de aprendizagem é uma das partes mais relevantes do sistema de RNA, consiste numa repetição até que o erro para o conjunto de treinamento alcance valor mínimo ou limite previamente determinado. Para solução de um determinado problema, é feita a repetição de um conjunto de treinamentos, ajustando a matriz e pesos de entrada de forma que a camada de saída coincida, ou seja, menor que o erro médio quadrático esperado (HAYKIN, 2001).

Algumas técnicas de classificação com RNA estão sendo empregadas nas Ciências do Solo, principalmente para previsão de atributos do solo. No Brasil os trabalhos mais recentes de classificação de solos com RNA são de Ribeiro (2003), Chagas (2006) e Sirtoli (2008), os quais realizaram classificações e predição de unidades de solos.

Classificar os solos por meio de Redes Neurais Artificiais, de forma específica, tem como propósito básico aperfeiçoar as técnicas convencionais no intuito de diminuir o consumo de recursos e possibilitar a descrição do solo, gerando modelos de mapeamento de solos demonstrando grande potencialidade para apoiar a cartografia pedológica, pois oferecem unidades preliminares de mapeamento para auxiliar nas atividades de campo e levantamentos (SIRTOLI, 2008).

A utilização de RNA emerge como uma alternativa vantajosa aos classificadores de imagens baseados em conceitos estatísticos, uma vez que nenhuma hipótese prévia sobre a distribuição dos dados a serem classificados é exigida (RIBEIRO, 2003). Como no caso desta pesquisa, devido ao número de unidades etnopedológicas reconhecidas pelos produtores faxinalenses, surgiu a necessidade de extrapolar espacialmente essas unidades para toda área de estudo, a qual foi realizada mediante o uso de RNA.

## 2.5 MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS

A espacialização e delimitação do espaço físico-territorial são de grande importância para o desenvolvimento do homem, uma vez que pode subsidiar ações de planejamentos e gestão orientando a forma adequada do uso da terra. Segundo Braga (2009) a identificação e mapeamento dos solos são a base para o planejamento agrícola, levantamento do uso da terra, estudos de terras para irrigação, monitoramentos ambientais e outros.

O levantamento de solos no campo constitui um método que consiste no estudo, identificação, compilação, análise e interpretação de dados referentes às propriedades e interrelações que os caracterizam e os definem estabelecendo limites, distribuição e arranjo espacial, sendo um processo lento com alto custo, principalmente em regiões com relevo diversificado (LARACH, 1993).

O levantamento de solos pelo método tradicional é a forma mais popular de mapeamento e inventário de solos e, em muitos casos, é a única maneira pela qual a distribuição dos solos na paisagem é representada. A interpretação visual de fotografias aéreas ou imagens orbitais de forma qualitativa é um procedimento totalmente dependente do pesquisador, tornando-se subjetivo e passível de erros, além de exigir muito tempo (PINTO et. al., 1999). Neste sentido, o mapeamento digital dos solos está avançando rapidamente e tornando-se cada vez mais importante, uma vez que, diminui as idas a campo, tempo e dinheiro devido à crescente disponibilidade de materiais auxiliares, facilitando o reconhecimento de áreas de difícil acesso.

O mapeamento preditivo de solos se inicia com o desenvolvimento de um modelo numérico ou estatístico das relações entre as variáveis e os atributos dos solos, os quais são submetidos a uma base de dados geográfica para gerar o mapa de predição de solos (FRANKLIN, 1995). O desenvolvimento das técnicas de Mapeamento Preditivo de Solos é influenciado pelos processos de classificação de solos. O propósito da taxonomia de solos é fornecer uma maneira objetiva de classificar sistematicamente os solos e foi adotada quando as informações sobre os solos eram abstraídas ao nível de perfil modal (classificadas em algum sistema taxonômico, como a *Soil Taxonomy*), porque era impossível catalogar e apresentar toda a variabilidade de solos (CAMBELL e EDMONDS, 1984). Para mapear unidades taxonômicas de solos, os mesmos devem ser entendidos como uma entidade

espacial, um *pedon*<sup>2</sup>. Na prática, esta percepção espacial do solo resulta em um mapa cujas classes são unidades homogêneas, com variabilidade, limites e formas definidos (BURROUGH; McDONNELLI, 1998).

O mapeamento preditivo de solos tem como princípio básico aperfeiçoar as técnicas convencionais para diminuir o consumo de recursos e possibilitar a descrição do solo, de forma geral ou detalhada dependendo do objetivo do trabalho, proporcionando uma base sólida para reconhecimento e monitoramento das áreas, assim como para um melhor uso e manejo (CORREIA, 2005).

A concepção de um método para levantamento e mapeamento de uma determinada região, visando atingir diferentes tipos de usuários e propósitos, prevê a reprodução da informação em diferentes escalas a fim de ser utilizada em vários níveis de tomada de decisão. A escala de mapeamento é a proporção entre a representação gráfica de um objeto e a medida correspondente de sua dimensão real, é uma prática de observação e elaboração das várias faces e dimensões do real por representações e fragmentação (BAIRRAL, 2000).

A escolha da escala dependerá, primeiramente, dos objetivos do trabalho e do tamanho da área a ser mapeada. Por exemplo, os mapeamentos exploratórios abrangem extensas áreas, são úteis no preparo de programas nacionais de desenvolvimento, as escalas adequadas para este tipo de mapeamento ficam entre 1: 750.000 a 1:2.500.000. Para mapeamento de reconhecimento, por exemplo, para fins de planejamentos regional, de bacias hidrográficas, nacional e estadual, as escalas são de 1:50.000 e 1: 750.000. Por fim, os mapeamentos em escalas maiores como 1:50.000 ou acima, abrangem diferentes intensidades de detalhamento (detalhado, semidetalhado e ultradetalhado), atendem a situações específicas, a decisões pontuais e se restringem a pequenas áreas (IBGE, 2006).

---

<sup>2</sup> *Pedon* é o menor volume de solo que expressa todas as características do solo.

A maioria dos levantamentos pedológicos são realizados em escalas pequenas (1:100.000; 1:350.000; 1:600.000), com informações decodificadas que só pedólogos ou técnicos treinados e com experiência de campo são capazes de compreender. A pedologia, é uma ciência relativamente recente (tem pouco mais de um século), estuda o solo tendo como base o seu perfil. O levantamento pedológico consiste em dois componentes: mapa e relatório técnico. O mapa mostra a distribuição espacial dos solos na paisagem, enquanto o relatório aborda as suas características morfológicas, químicas, físico-hídricas e mineralógicas (PRADO, 1995).

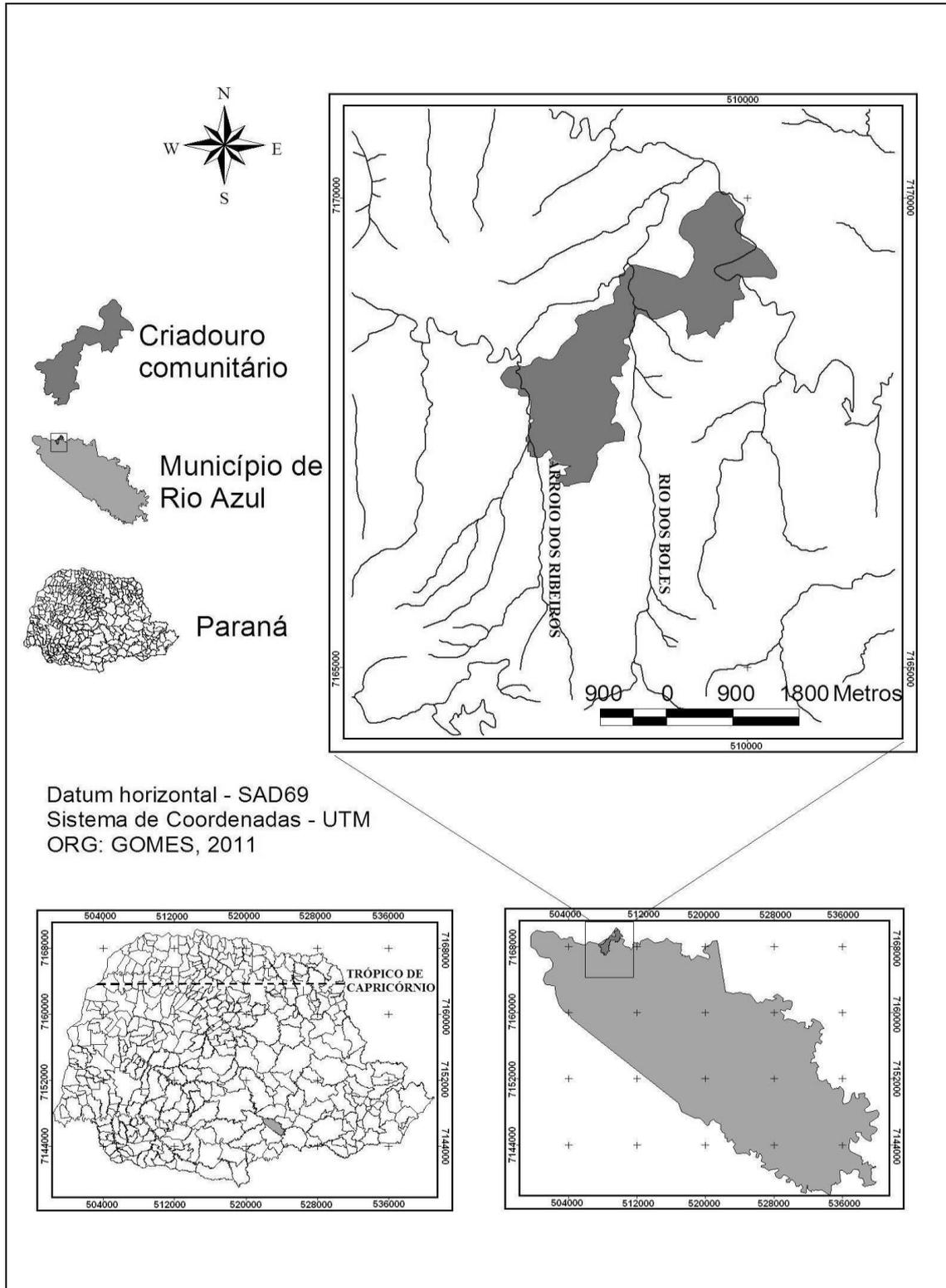
No Brasil, há carência de informações sobre a distribuição dos solos na paisagem que auxiliem os trabalhos de planejamento rural e urbano (MCBRATHNEY et. al., 2003). Os mapeamentos existentes são realizados pelo método tradicional de levantamento de solos e produzem mapas subjetivos em escalas 1: 750.000 e 1:2.500.000, por exemplo, com emprego restrito para a organização do espaço e do planejamento em níveis regional e local.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada no Faxinal Taquari dos Ribeiros, localizado no município de Rio Azul, estado do Paraná, entre as coordenadas média aproximada de 50° 72' 54 Sul e 71° 68' 18,5 Oeste, a cerca de 20 km da área urbana de Irati (Figura 3). O município de Rio Azul faz limite com os municípios de Irati, Mallet, Rebouças, Inácio Martins, Cruz Machado e São Mateus do Sul.

O Faxinal Taquari dos Ribeiros está situado às margens da Serra da Esperança, a qual tem forte influência na geomorfologia do local, principalmente nas características do material de origem, na modelagem do relevo, na formação dos solos (profundidade, cor, teor de matéria orgânica no perfil, drenagem do perfil, grau de diferenciação do perfil), no escoamento superficial da água e erosão, na drenagem natural e variação do lençol freático, na temperatura da região (CAMARGO, 1998).

No Faxinal Taquari dos Ribeiros existem oitenta e cinco residências, que acomodam um total de cento e vinte famílias e um efetivo populacional de aproximadamente trezentas e cinquenta pessoas. A área do criadouro comunitário é de aproximadamente 234 hectares. A comunidade faxinalense apresenta características comunitárias tradicionais em que a produção e a criação de animais são coletivas. Nas áreas de plantio há cultivo de milho, feijão e batata para agricultura de subsistência de base familiar e o cultivo de fumo é para exportação, praticado há quase quatro décadas.



**FIGURA 3:** Localização do Faxinal Taquari dos Ribeiros, município de Rio Azul, Paraná.

### 3.1 GEOLOGIA

A geologia da região é dominada por rochas sedimentares provenientes da Bacia do Paraná, pertencentes às formações Teresina e Rio do Rasto, com presença de intrusões basálticas e aluviões recentes (MINEROPAR, 2005). **A Formação Teresina** é constituída por argilitos cinza-escuros a esverdeados, com intercalações rítmicas de siltitos cinza-escuros, róseos a avermelhados e camadas (ou lentes) de calcário. Como estrutura primária (sedimentar) característica desta unidade ocorrem laminações *flaser*, além de laminação ondulada, microlaminação cruzada, gretas de contração, marcas onduladas e diques de arenitos. Nas camadas calcíferas é comum a ocorrência de oólitos e estruturas estromatolíticas (MINEROPAR, 2005). Já a **Formação Rio do Rasto** é representada por sedimentos clásticos de cores variegadas, onde predominam as tonalidades arroxeadas, esverdeadas e avermelhadas. Predominam siltitos com desagregação esferoidal, argilitos, arenitos finos e níveis carbonáticos (locais). Essas rochas encontram-se intercaladas em camadas e grande extensão lateral, com espessuras que variam de centímetros a alguns metros. Enquanto os siltitos e arenitos se mostram com estratificações cruzadas de pequeno porte, laminação plano-paralela ou maciços, as camadas siltico-argilosas apresentam laminação plano-paralela, ondulada, lenticular e *flaser*. Os fósseis encontrados nesta unidade são de restos de anfíbios, pelecípodos, conchostráceos e palinomorfos (MINEROPAR, 2005).

### 3.2 GEOMORFOLOGIA

O Faxinal Taquari dos Ribeiros situa-se em uma região de relevo acidentado, com densa hidrografia, destacando o Rio Imbituvão, Rio das Antas e o Rio dos Patos, pertencentes à bacia do Rio Tibagi. A área de estudo “margea” a Serra da Esperança, a qual serve de base

para a transição do Segundo Planalto para o Terceiro Planalto Paranaense. Esta especificidade promove o surgimento de feições geomorfológicas de uma área de transição, onde surgem solos oriundos de rochas basálticas, devido à grande concentração de diques de diabásio e solos oriundos da decomposição das rochas sedimentares (BARTEKO; ANDRADE; ANTONELI, 2010).

### 3.3 CLIMA

Segundo a classificação de Köppen (1936), o clima da região é classificado como Cfb, subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, sem estação seca definida, com tendência a concentração de chuvas no verão e geadas severas no inverno. A região apresenta verões amenos, invernos com ocorrências de geadas frequentes, não apresentando estação seca. A temperatura média anual é de 18 °C (média da máxima de 24,2 °C e média da mínima de 11,0 °C); a média mensal de precipitação pluviométrica é de 193,97mm e a média mensal de umidade relativa do ar é de 79,5 % (IRATI, 2004).

### 3.4 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal da região foi, originalmente, constituída por Floresta Ombrófila Mista, atualmente ainda há remanescentes da vegetação nativa preservada, caracterizada principalmente pela existência da *Araucária angustifolia*, ou popularmente conhecida como “Pinheiro do Paraná” (EMBRAPA, 1997). As áreas são destinadas ao cultivo de fumo para fins comerciais e cultivo de milho, mandioca, cebola, batata, para fins de subsistência.

### 3.5 SOLOS

Os solos da região Centro-Sul do Paraná são derivados principalmente das rochas sedimentares da formação Teresina (argilitos, siltitos e folhelhos) e rochas ígneas intrusivas (diabásios). Ocorrem, predominantemente, solos jovens, rasos, de baixa fertilidade natural, assentados em relevo ondulado a forte ondulado. Os solos mais comumente encontrados são CAMBISSOLOS e NEOSSOLOS; que estão associados às porções mais elevadas do terreno. Apresentam certo grau de evolução, porém não o suficiente para o intemperismo completo dos minerais primários como feldspato, mica, augita e outros (BENASSI, 2008).

O uso agrícola intensivo e o manejo inadequado dos solos, aliado às características dos solos e da paisagem, aceleram o processo erosivo, principalmente dos horizontes superficiais (IAPAR, 2006).

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os *softwares* e o material utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa. Os demais procedimentos metodológicos são descritos nos itens subsequentes.

Os *softwares* utilizados para a elaboração desta pesquisa foram:

- **ARCVIEW 3.2/ARCGIS 9:** produzido pela *Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI®)*, é um SIG com o qual é possível criar mapas utilizando dados matriciais e vetoriais; possui ferramentas para o usuário trabalhar ao mesmo tempo com mapas, Tabelas e gráficos.

- **ENVI 3.6:** produzido pela *The Environment for Visualizing Images Copyright (C) 2002, Research Systems, Inc.*, é um *software* para processamento digital de imagens.

Os materiais utilizados para a elaboração desta pesquisa foram os seguintes:

- Folha Topográfica de Rio Azul SG22-X-C-IV-1 na escala 1:50.000 no formato digital com extensão jpg. Com o programa ENVI 3.6 foi realizada a georreferência da carta topográfica, sendo coletados quatro pontos de controle a partir da mesma carta no formato analógico, os quais foram acrescentados na carta digital, para que esta fosse georreferenciada.

- Ortoimagem da mesma região, supracitada, do sensor SPOT5, do ano de 2005, com resolução espacial de 5m na qual foi obtida por fusão, pelo método *sharpening*, entre as bandas multiespectrais com resolução espacial de 10m e a pancromática de 5m, cedida pelo Paranacidade<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Serviço Social Autônomo – PARANACIDADE: órgão estadual que presta assistência institucional e técnica aos municípios, promovendo o desenvolvimento de atividades dirigidas à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico e social; captando e aplicando recursos financeiros para o processo de desenvolvimento urbano e regional do Estado do Paraná.

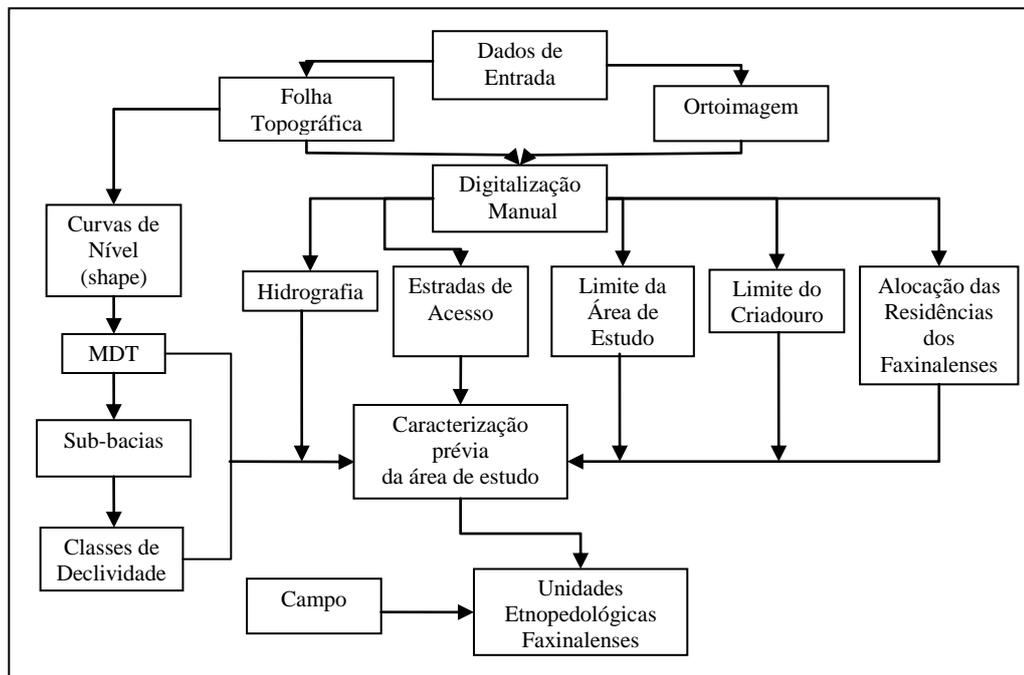
- Receptor “*Global Positioning System*” (GPS) de navegação da marca *Garmin* modelo *GPS5*, o qual foi utilizado para a obtenção de coordenadas planas aproximadas dos etnosolos identificados pelos faxinalenses.
- Clinômetro, usado para determinar/medir a declividade do relevo em campo.
- Imagem multiespectral do satélite SPOT5 de 2005 (cedida pelo Paranacidade), com quatro bandas espectrais. Sendo as três primeiras bandas do visível, com resolução espacial de 10 metros. Foram usadas somente as três primeiras bandas (do visível) com resolução espacial de 10 metros. Com o programa ENVI 3.6 foi realizada a transformação geométrica desta imagem bruta, sendo coletados vinte pontos de controle a partir da ortoimagem, os quais foram acrescentados na imagem bruta SPOT5, para que esta fosse transformada geometricamente.
- Foram utilizadas as curvas de nível com equidistância de vinte metros (também cedida pelo Paranacidade), para gerar o Modelo Digital do Terreno, as Sub-bacias e a declividade da região, no *software* ARCGIS 9.

#### 4.1 TRABALHOS DE LABORATÓRIO E DE CAMPO

A Figura 4 mostra a sequência de atividades e etapas realizadas na forma de diagrama de blocos com o desígnio de localizar, identificar e caracterizar a área de estudo, tanto em laboratório como em campo.

Com as curvas de nível com equidistância de vinte metros e os respectivos pontos cotados, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT) (no *software* ARCVIEW 3.2), referentes ao mapa topográfico, folha Rio Azul, na escala 1:50.000, por meio de *Triangular Irregular Network* (TIN). O TIN é um modelo topológico de dados, utilizado para representar um MDT. O modelo TIN constitui um conjunto de faces triangulares interconectadas. Para cada um dos três vértices, os valores das coordenadas x y (que representam a localização) e da

coordenada z (que representa a altimetria), são codificados, formando uma triangulação dos pontos (SABIN, 1980).



**FIGURA 4:** Etapas de trabalho realizadas para localização, identificação e caracterização prévia da área de estudo

As sub-bacias foram geradas no *software* ARCGIS 9, a partir do MDT (TIN) obtido pelas curvas de nível. As mesmas curvas de nível foram transformadas em pontos (ainda no *software* ARCGIS 9), onde cada ponto apresenta valores de coordenadas x, y e z.

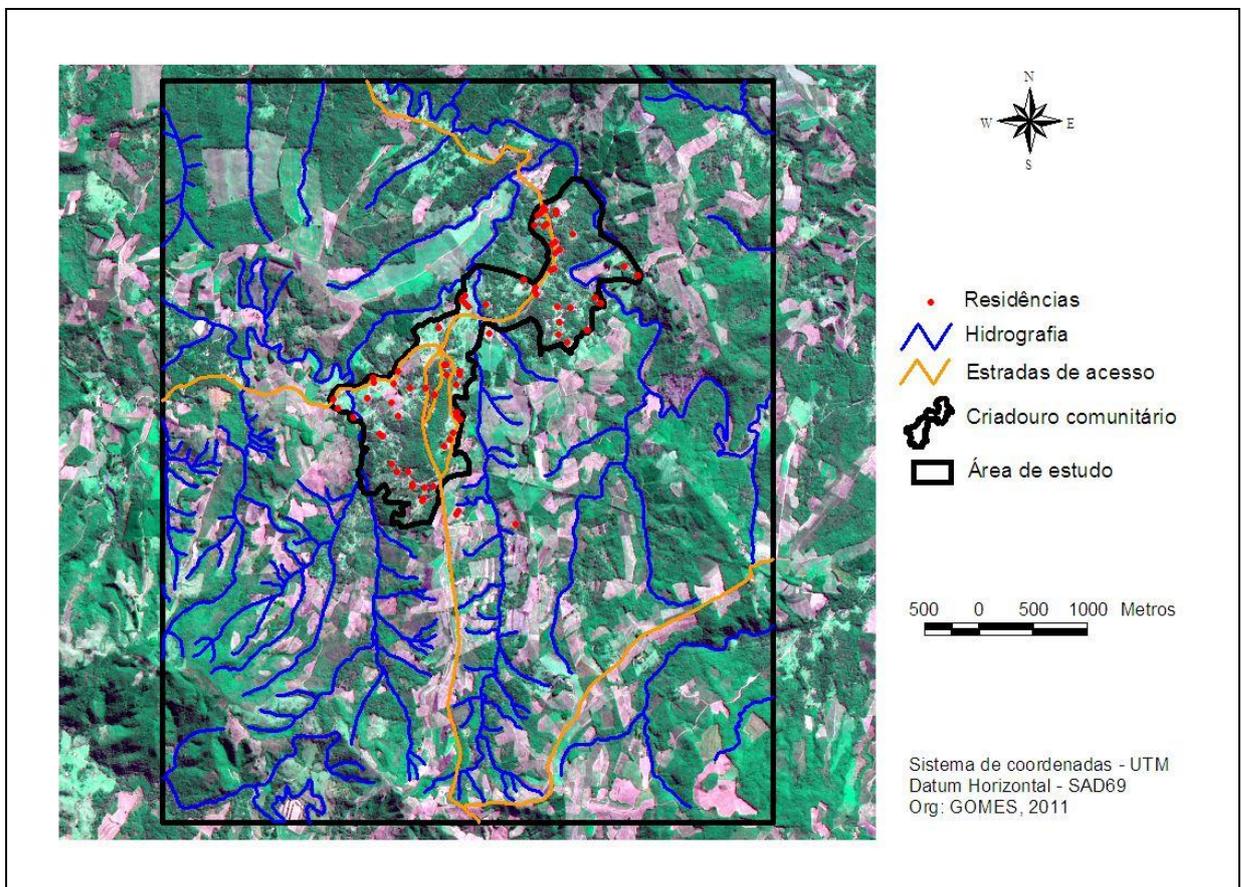
Como um fator determinante na formação dos solos e na definição da paisagem, a declividade foi gerada a partir do MDT, no *software* ARCVIEW 3.2. As classes de declividade utilizadas seguiram as categorias estabelecidas por EMBRAPA (1997) e são apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1** – Classes de declividade e respectivos tipos de relevo

Classe de declividade <sup>4</sup> (%)	Tipo de relevo
0–3	Plano
3–8	Suave ondulado
8–12	Ondulado
12–24	Forte ondulado
24–45	Montanhoso
> 45	Escarpado

<sup>4</sup> EMBRAPA, 1997.

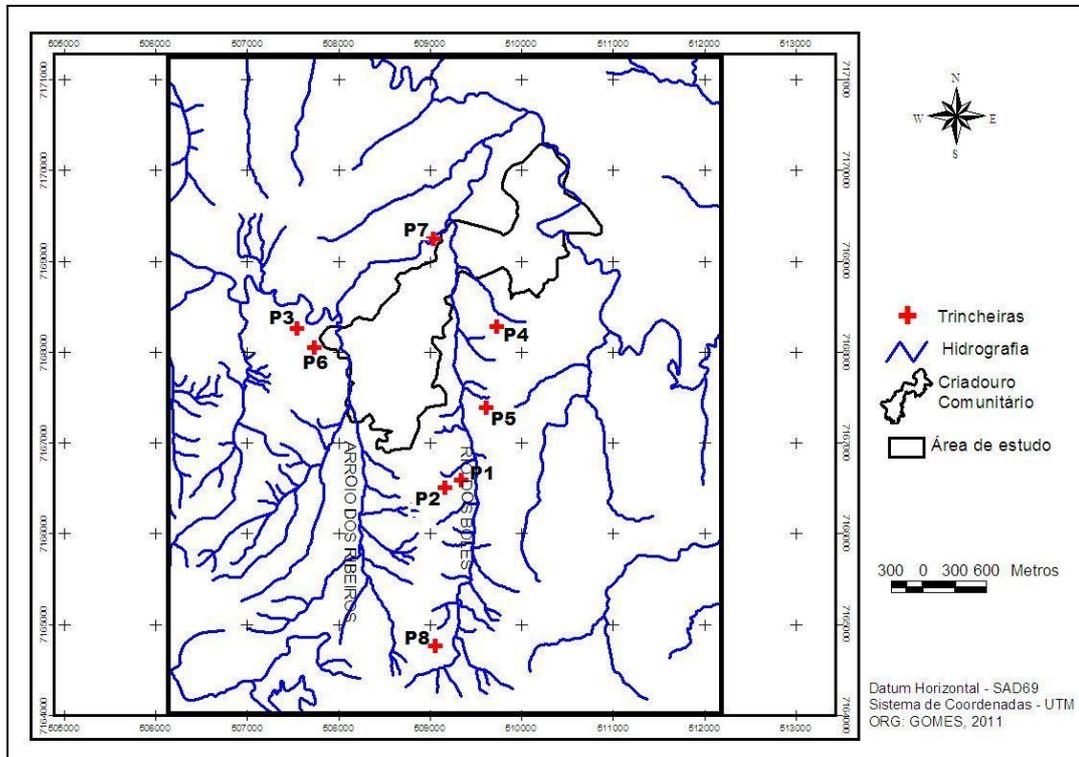
A partir dos dados de entrada (ortoimagem e folha topográfica) foram digitalizadas, manualmente, a hidrografia e as principais entradas de acesso ao Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR). Nesta etapa também foram delimitados a área de estudo e o criadouro comunitário, e alocadas espacialmente às residências, tendo como base a ortoimagem e as visitas a campo. Isto resultou em uma caracterização preliminar da área de estudo (tendo como base a ortoimagem), manipulada em laboratório e no campo, com a intenção de, ao entrevistar os faxinalenses, localizar as unidades etnopedológicas indicadas (Figura 5).



**FIGURA 5:** Caracterização preliminar do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Na sequência, foram caracterizados e alocados espacialmente os tipos de solos reconhecidos pelos faxinalenses, como subsídio para a elaboração de um *croqui* dos solos da área de estudo (Figura 6). Esse primeiro grupo de solos também foi submetido à caracterização científica formal (pedológica) conforme Santos et al. (2005) e EMBRAPA

(2006) com o intuito de estabelecer uma correspondência entre os solos científicos e as unidades etnopedológicas.



**FIGURA 6:** Localização dos solos reconhecidos pela comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INFORMAL DOS SOLOS

A percepção dos agricultores e a maneira como classificam, utilizam e manejam os solos foram diagnosticadas por meio de pesquisas participativas, apoiadas em entrevistas semiestruturadas (RIBEIRO et al.; 1997; VERDEJO, 2006), análises de perfis de solo e mapas de localização, elevação e representação da área. As técnicas empregadas no levantamento de informações são apresentadas no Quadro 1.

TÉCNICA EMPREGADA	INFORMAÇÃO COLETADA
Entrevista Semiestruturada	- caracterização e classificação de solos;
Análise de perfis de solo	- avaliação dos horizontes e camadas do perfil de solo - diferenças entre os horizontes (descrição); - importância dada a cada horizonte pelos agricultores.
Sensoriamento Remoto e SIG	- localização, espacialização, caracterização, descrição da área de estudo.

**QUADRO 1** – Técnicas empregadas para a determinação das classes de solos de acordo com o conhecimento da comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros

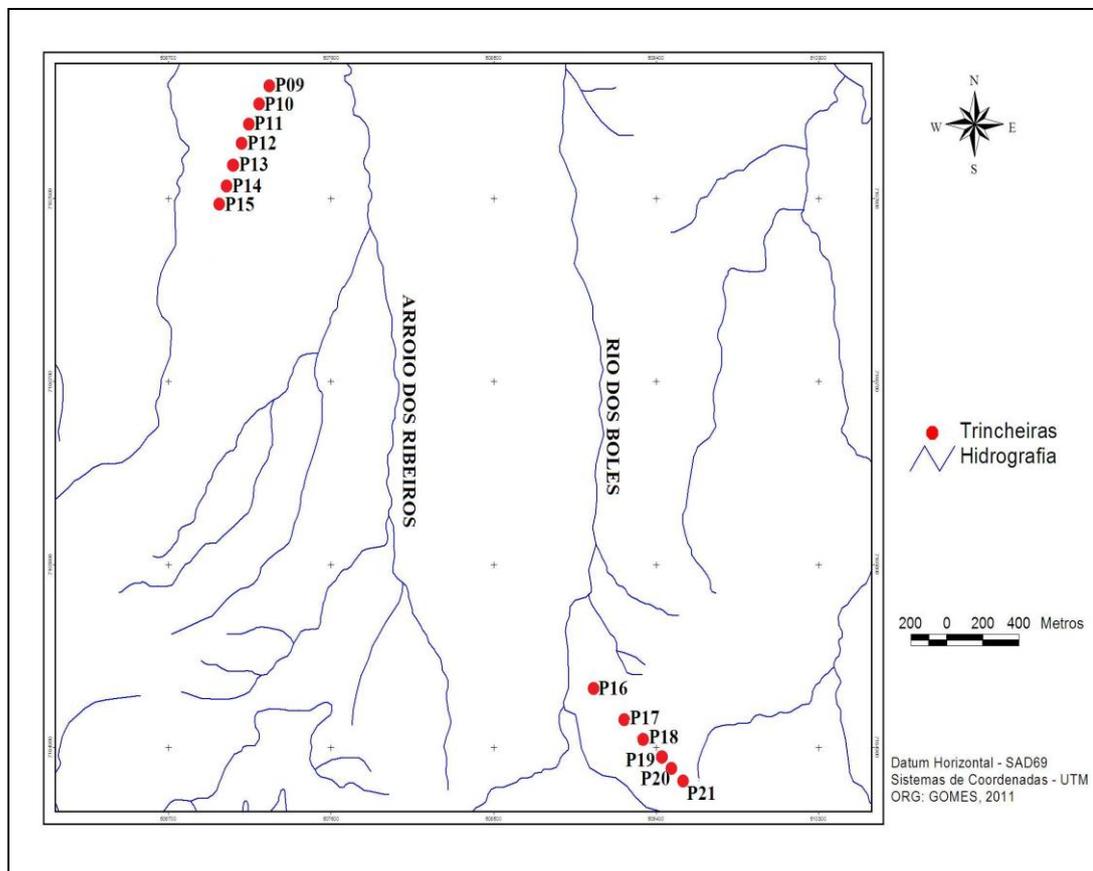
A entrevista semiestruturada consistiu na elaboração de um roteiro, com perguntas abertas onde o agricultor falava livremente sobre os solos conhecidos em sua comunidade e, em parte, direcionado pelo entrevistador para o tema desejado. A entrevista ocorria individualmente, em cada unidade de exploração agrícola.

Sob orientação do pesquisador e com o auxílio do *croqui* (Figura 7), o agricultor localizava sua propriedade e identificava as manchas com os diferentes tipos de solos existentes na propriedade e apontava as características e limitações apresentadas pelos mesmos ao uso e manejo. Para cada solo identificado pelo produtor faxinalense também foi feita a caracterização do relevo e o tipo de uso adotado. A declividade foi medida com o auxílio de clinômetro e, a altitude, com um receptor *GPS* de navegação.

Do total de habitantes da área de estudo (cinquenta pessoas) foram entrevistados trinta (30%) dos moradores (quinze entrevistados), às margens do Rio dos Boles e Arroio dos Ribeiros. Este percentual representou uma amostra satisfatória e eficiente para alcançar o objetivo da pesquisa, conforme Benassi (2008).

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO FORMAL DOS SOLOS

A partir da análise preliminar dos solos, informações obtidas do MDT, classes de declividade e caminhamentos em campo, foram selecionadas duas topossequências representativas da área de estudo (Figura 7), para identificar e localizar na paisagem os solos que ocorrem na área do Faxinal, bem como correlacioná-los com os tipos de solos reconhecidos pela comunidade local.



**FIGURA 7** – Localização das topossequências e perfis de solo analisados no Faxinal Taquari dos Ribeiros

Em cada topossequência foram abertas trincheiras para análise morfológica de perfis de solos e coleta de amostras indeformadas para determinação dos atributos físicos e químicos essenciais para a classificação taxonômica. A disposição das trincheiras ao longo das topossequências seguiu a ruptura do relevo, ou seja, sempre que havia mudança no relevo

abria-se uma trincheira para análise e descrição do perfil de solo. Para os solos profundos as trincheiras apresentavam 2,0 m de profundidade e, para os solos mais rasos, a profundidade variava em função da profundidade do material de origem. As outras dimensões das trincheiras foram de, aproximadamente, 1,5 m de comprimento por 1,2 m de largura.

Após a abertura das trincheiras, foi realizado o exame morfológico dos perfis conforme Santos et al. (2005). Foram determinados os horizontes, sub-horizontes e ou, camadas, diferenciadas pela variação perceptível das características morfológicas como: a transição dos horizontes; a cor (Sistema *Munsell* de cores); a estrutura; porosidade; cerosidade; consistência (seca e úmida); cimentação; nódulos e concreções; presença de microorganismos; presença de raízes (SANTOS et. al., 2005). Foi usada uma faca para facilitar a percepção das alterações das características citadas e para remover o efeito de espelhamento causado pela lâmina da pá utilizada para limpar a face do perfil.

Depois de individualizados os horizontes, determinaram-se a profundidade e a espessura dos mesmos com o auxílio de uma trena, procurando fazer coincidir o zero da trena com o topo do horizonte superficial. Após a descrição dos horizontes, foram coletadas amostras de solo deformadas (cerca de 500g) e acondicionadas em sacos plásticos para a posterior determinação dos atributos físicos e químicas do solo (EMBRAPA, 1997). Os solos foram enquadrados no sistema taxonômico formal, utilizando como referência o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006).

Mediante o método de sobreposição dos *layers*: MDT, mapa de declividade e hidrografia, realizado no ARCVIEW 3.2, foram obtidas as unidades de paisagem da área de estudo. As unidades de paisagem podem ser identificadas pelos aspectos que as caracterizam interiormente, bem como pelas características que as diferenciam de seu entorno, sendo esses aspectos a expressão do sistema dinâmico de vários fatores interligados, podendo ser definidas por uma síntese de numerosas características e justificada pela redundância ou repetição, que fornecem uma relativa

homogeneidade do sistema assim constituído (DALBEM et. al., 2005). A Tabela 2 apresenta a descrição de cada unidade de paisagem identificada a partir dos trabalhos de laboratório e de campo.

**TABELA 2** – Unidades de paisagem

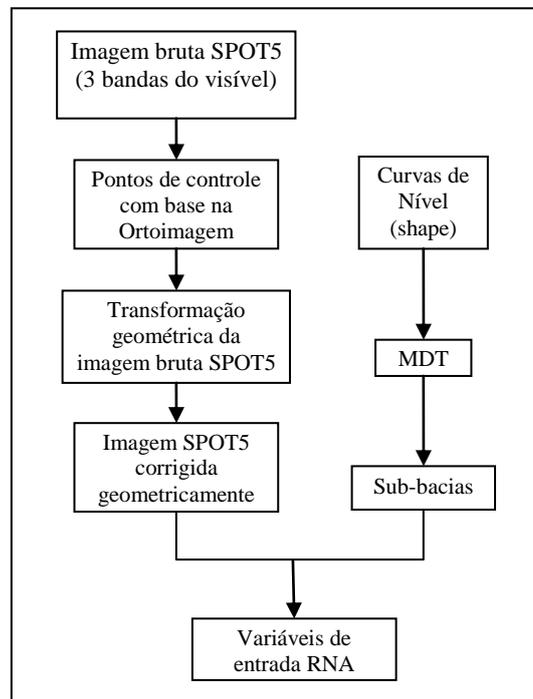
<b>UNIDADES DE PAISAGEM</b>	<b>RELEVO</b>	<b>DECLIVIDADE (%)</b>	<b>ELEVAÇÃO (m)</b>	<b>PADRÃO DA REDE HIDROGRÁFICA</b>
Unidade 1	Plano	0 - 3	960 - 980	Sem hidrografia
Unidade 2	Escarpado	> 45	930 – 960	Sem hidrografia
Unidade 3	Montanhoso	24 – 45	900 – 930	Hidrografia com padrão paralelo
Unidade 4	Forte Ondulado	12 - 24	880 - 900	Hidrografia com padrão dendrítico
Unidade 5	Suave Ondulado	3 – 8	850 a 880	Hidrografia com padrão paralelo
Unidade 6	Plano	0 – 3	800 a 850	Hidrografia com padrão paralelo
Unidade 7	Ondulado	8 – 12	850 a 880	Sem hidrografia
Unidade 8	Plano	0 - 3	880 - 900	Sem hidrografia

A partir das unidades de paisagem foram delimitadas as unidades de mapeamento de solos para fins de elaboração do mapa pedológico da área do Faxinal.

#### 4.4 REDE NEURAL ARTIFICIAL NO MAPEAMENTO PREDITIVO ETNOPELÓLOGICO

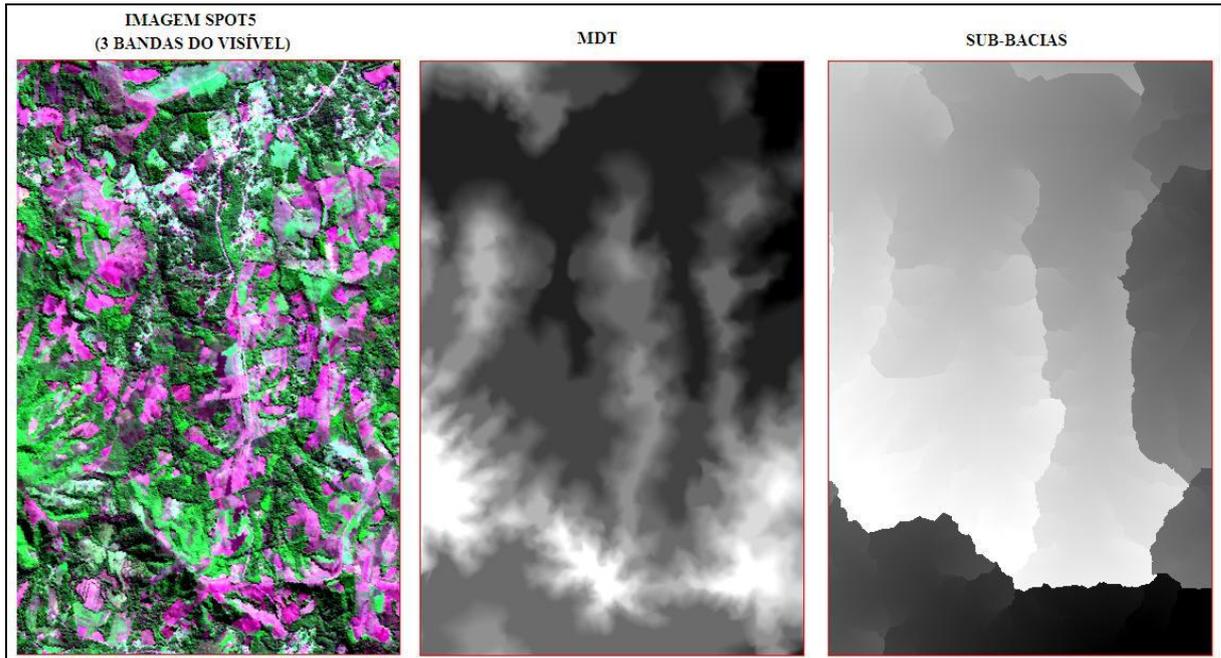
Na fase inicial da confecção do mapa preditivo de solos, foi realizada a vetorização de unidades etnopedológicas a partir das informações obtidas em campo com base no conhecimento da comunidade faxinalense. A este mapa preliminar foram agregadas outras informações a cerca dos solos como: sua distribuição espacial no relevo, altitude, declividade, tipo de uso, obtidas após sucessivas investigações em campo. A Figura 8 apresenta, em forma de diagrama de blocos, as etapas de trabalho realizadas para classificação e mapeamento

preditivo etnopedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros mediante as Redes Neurais Artificiais.



**FIGURA 8** - Etapas de trabalho realizadas para obtenção das variáveis de entrada da RNA

Foi realizada a transformação geométrica da imagem SPOT5 e, com as curvas de nível, obteve-se o MDT e as Sub-bacias. Como variáveis de entrada para realização de testes de classificação digital (RNA) dos solos reconhecidos pela comunidade foram utilizadas as três bandas do visível da imagem SPOT5 (com resolução espacial de 10 metros), juntamente com o MDT e as Sub-bacias (Figura 9), organizadas como um único arquivo. Este arquivo passou por um processo de coleta de amostras, pela definição dos parâmetros da RNA e posteriormente pela classificação.



**FIGURA 9** - Variáveis de entrada para realização de testes de classificação digital dos solos reconhecidos pela comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros

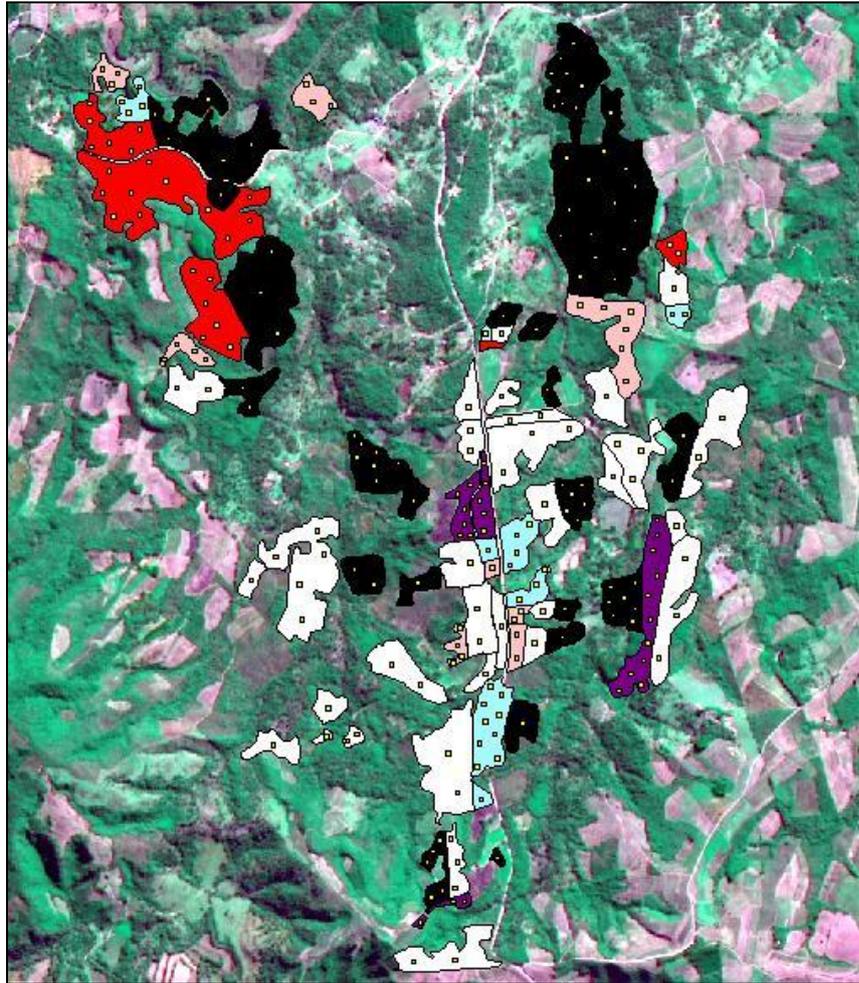
Na predição das unidades de mapeamento dos etnosolos classificadas por RNA foi utilizado o *software* ENVI 3.6, depois de otimizado para receber somente os dados de entrada (variáveis) e a coleta de amostras de treinamento, com toda a manipulação da RNA (funções de ativação e transferência). Após a definição das variáveis de entrada e saída, para iniciar os testes de classificação com RNA, foram ajustados alguns parâmetros no ENVI 3.6, os quais são descritos por Antonio (2009), como:

- Training Threshold Contribution (Limiar de Contribuição de Treinamento): esse limiar determina a contribuição do peso interno, respeitando o nível de ativação do nó, podendo variar de 0 a 1.
- Training Rate (Taxa de treinamento): determina a intensidade do ajuste para os pesos, variando de 0 a 1.
- Training Momentum (Taxa de Momento): viabiliza as mudanças de peso de uma taxa de treinamento, variando de 0 a 1.

- Training RMS Exit Criteria (Critério de Término de Treinamento baseado no Erro Médio Quadrático): é o valor do erro no qual o treinamento deve ser finalizado, é a diferença entre o valor esperado e o valor de saída.
- Number of Hidden Layers (Número de Camadas Escondidas): quando as classes não são linearmente separáveis é necessário introduzir camadas escondidas, cujo número depende da complexidade do conjunto de dados.
- Number of Training Iterations (Número de interações do treinamento): número de ciclos de treinamento necessários para minimizar o erro desejado.

#### 4.4.1 COLETA DE AMOSTRAS E VARIÁVEIS DE ENTRADA DA REDE NEURAL ARTIFICIAL

A partir da ortoimagem contendo as unidades de mapeamento dos etnosolos vetorizadas no programa ARCVIEW 3.2, procedeu-se à coleta de amostras de treinamento da RNA e a elaboração de um *croqui* preliminar, conforme Antônio (2009). Para cada unidade de mapeamento (etnosolos), foram selecionados 100 *pixels* de amostras puras e representativas. A Figura 10 ilustra o *croqui* das amostras de treinamento elaborado no ARCVIEW 3.2 pelo método de sobreposição das variáveis correspondente a área de estudo.



**FIGURA 10** – *Croqui* da distribuição das amostras de treinamento da RNA

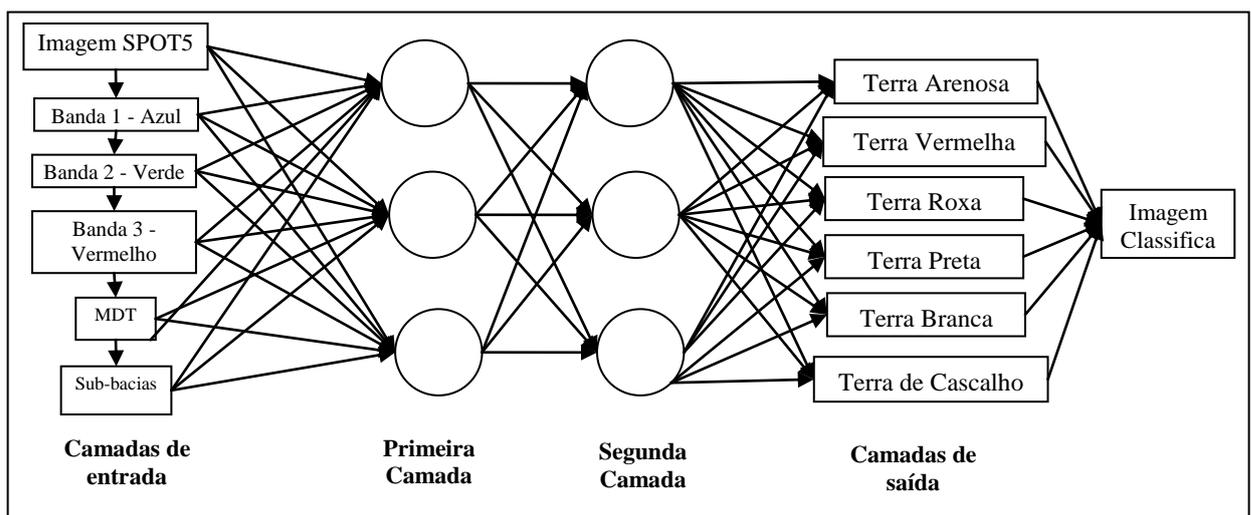
Foram definidas e espacializadas seis unidades etnopedológicas, as quais serviram de guia para coleta de amostras puras e representativas. Os etnosolos a serem classificados eram Terra Arenosa, Terra Vermelha, Terra Preta, Terra Branca, Terra Roxa e Terra de Cascalho.

As amostras coletadas no ARCVIEW 3.2, no formato *shapefile*, foram exportadas para o ENVI 3.6. As mesmas foram sobrepostas nas variáveis de entrada (*overlay*) para serem usadas como guia de coleta de amostras para o treinamento da RNA. Finalmente, as novas amostras coletadas no ENVI 3.6, exatamente nos lugares indicados pelo *croqui*, foram usadas para a realização dos testes de classificação das unidades de mapeamento dos etnosolos mediante RNA.

#### 4.4.2 ARQUITETURA, APRENDIZADO E PROCESSAMENTO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL

O método de aprendizagem é uma das partes decisivas do sistema de RNA e é o que diferencia dos algoritmos convencionais para classificação. Uma das maiores dificuldades no uso da Rede Neural é a escolha da melhor arquitetura, para tanto as amostras devem estar distribuídas aleatoriamente na imagem digital que se pretende classificar e devem ser representativas para cada classe determinada (BENEDIKTSSON et. al. 1990).

Com a arquitetura definida nos testes para processamento e treinamento da RNA, a aprendizagem foi realizada de forma supervisionada, porque as entradas e saídas desejadas para a rede foram fornecidas. A arquitetura da Rede Neural foi determinada pela quantidade de neurônios por camadas, o número de camadas por rede e os pesos ajustados após o aprendizado, ou seja, a estruturação da arquitetura da RNA consistiu em definir o número de camadas escondidas e a quantidade de neurônios por camada (ITO, et. al. 2000). A arquitetura da RNA desta pesquisa pode ser visualizada na Figura 11.



**FIGURA 11** – Arquitetura da Rede Neural Artificial para classificação etnopedológica do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Para a verificação da importância das variáveis de entrada e os parâmetros de modelagem da RNA, foram realizados testes alterando as variáveis de entrada e os parâmetros de modelagem da RNA. As diferentes combinações das variáveis de entrada para os testes de RNA estão apresentadas no Quadro 2.

NÚMERO DE VARIÁVEIS DE ENTRADA	VARIÁVEIS TREINADAS
5	Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), MDT, SUB-BACIAS
4	Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), MDT
4	Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), SUB-BACIAS
3	Imagem SPOT5 (3 bandas do visível)

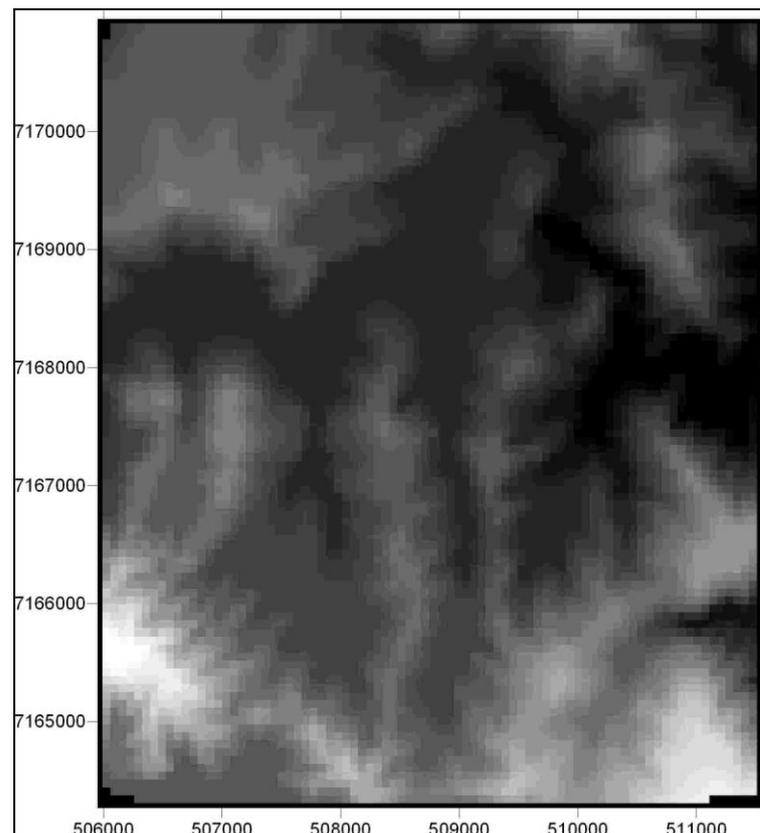
**QUADRO 2** – Variáveis de entrada treinadas nos testes de RNA

Para cada combinação foram realizados dez testes alterando os parâmetros da arquitetura da RNA, até alcançar resultados esperados com RMS (Erro Médio Quadrático) próximo a 0,1, depois foram mantidos os parâmetros de modelagem (arquitetura da RNA) para verificar a importância e influência de cada variável. O critério utilizado para a retirada das variáveis de entrada foi, especificamente, para verificar a influência (melhora ou piora) na classificação digital, levando em consideração os erros ou acertos visuais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO LOCAL

O modelo digital do terreno (MDT) gerado pode ser visto na Figura 12. O MDT permitiu a caracterização do relevo local e auxiliou na localização da Serra da Esperança a Sudoeste e Sudeste, a região mais acidentada está localizada próxima a entrada do Faxinal. A partir dos resultados pôde-se constatar que a área situa-se, predominantemente, entre 800 e 900 m de altitude e, a porção Sul, dominada por níveis superiores aos 930m de altitude em função da Serra da Esperança.

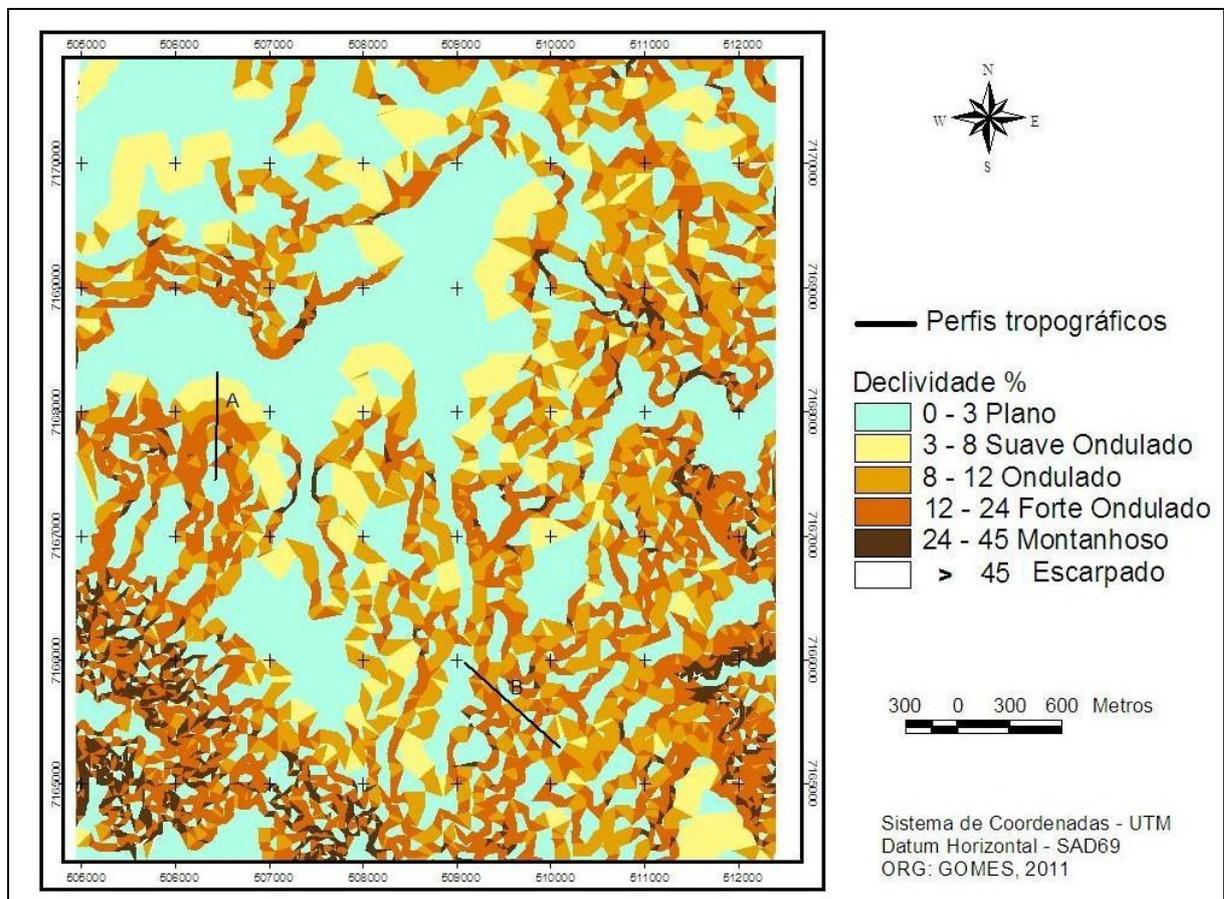


**FIGURA 12** – Modelo digital do terreno do Faxinal Taquari dos Ribeiros

O Modelo Digital do Terreno representa um dos fatores primordiais na formação dos solos: o relevo. O balanço morfogenético transforma a cobertura pedológica de acordo com o

potencial do solo de absorver e reter a água precipitada em forma de chuva e influência o grau de remoção de partículas dos solos pela erosão, proporcionando a movimentação de materiais em suspensão ou em solução para outras áreas. A posição em que o solo se desenvolve no relevo faz com que o mesmo adquira características peculiares, principalmente pelos efeitos da declividade sobre a drenagem e erosão (VIEIRA, 1975).

Outro fator determinante na formação dos solos, a declividade, é demonstrada na Figura 13.



**FIGURA 13** – Classes de declividade do relevo do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Os resultados da Figura 14 demonstram que a área do Faxinal apresenta relevo movimentado, com declividades na faixa do ondulado e forte ondulado (8 a 24%), sendo que, próximo à borda da Serra da Esperança, os tipos de relevo mais comuns são os montanhosos e escarpados. A declividade determina as peculiaridades e características ao perfil do solo,

principalmente pelos efeitos sobre a drenagem e a erosão. O acúmulo da água se faz sentir com maior intensidade nos solos das baixadas do que nos das encostas e elevações, favorecendo a infiltração de água e concorrendo para uma nítida diferenciação dos seus horizontes. Já a erosão, em terrenos de maior declividade, tende sempre a expor perfis dos solos das encostas (CAMPOS; CARDOZO; MARQUES JÚNIOR, 2006). Em áreas planas, por exemplo, há constante infiltração e raro escoamento e o solo formado é profundo; em áreas declivosas, a erosão pode ser superior a infiltração, não havendo água suficiente para o intemperismo proporcionando a remoção de solo formado, sendo os solos rasos; em baixadas planas, há acúmulo de água e sedimento coluvial (gravidade) e aluvial (trazido pelas enchentes), sendo os solos medianamente desenvolvidos (VIEIRA, 1975).

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO INFORMAL DOS SOLOS

Os resultados demonstraram que, de fato, a comunidade faxinalense possui uma maneira própria de classificar os solos que cultivam e desenvolveram, ao longo dos anos, uma terminologia particular em função da observação de feições morfológicas e do funcionamento do solo. Queiroz e Norton (1992) também observaram uma forma de classificação camponesa na região Nordeste do Brasil para diferenciar e agrupar solos com base em critérios morfológicos, obtendo resultados semelhantes com aqueles obtidos pela classificação pedológica formal. Sandor e Furbee (1996), por sua vez, encontraram camponeses de uma região semi-árida da cordilheira dos Andes que identificavam cerca de cinquenta categorias de solos e materiais minerais, baseados em classes texturais.

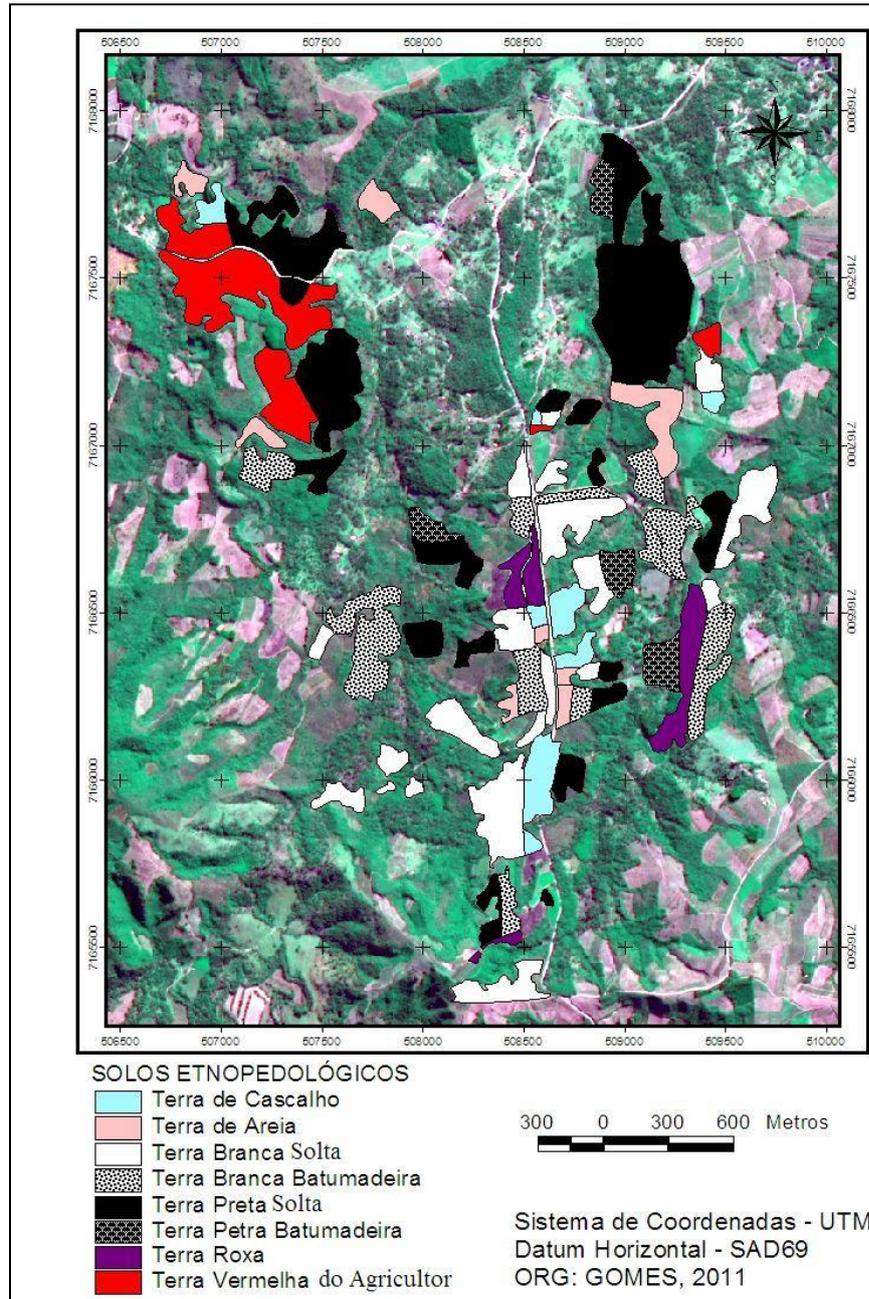
A identificação e separação dos solos pelos faxinalenses se apoiava em alguns atributos visuais ou sensoriais, como: cor, textura, profundidade do solo, tipo de vegetação encontrada e as limitações impostas a um determinado uso agrícola. Os solos eram tipificados

de acordo com a facilidade do preparo, uso de maquinário agrícola, ocorrência de encrostamento superficial, acúmulo superficial ou infiltração de água no solo e a profundidade do perfil. Também observavam a inversão das leivas e o comportamento do solo quando realizavam as operações de preparo.

Os perfis de solo eram caracterizados pela comunidade a partir do horizonte superficial (denominado de “terra” e equivalente ao horizonte A) até as seções consideradas “terra morta” (correspondentes ao horizonte B). Os horizontes ou camadas mais profundas dos perfis do solo, como os horizontes C ou R, não eram reconhecidos pelos produtores faxinalenses, pois sua distinção só era considerada relevante quando afetavam o horizonte superficial, como por exemplo, em solos mais jovens, pedregosos e rasos. De modo similar, Vale Júnior et. al (2007) constatou que os agricultores valorizavam e reconheciam mais facilmente a camada superficial, intitulada “terra” e, a essa primeira seção, agregavam atributos morfológicos que permitiam discriminá-la em diferentes níveis, de modo similar ao sistema taxonômico formal, ou seja, em diferentes níveis hierárquicos.

No Faxinal Taquari dos Ribeiros, os habitantes foram capazes de transmitir seus conhecimentos acumulados, de geração a geração, por meio da comunicação oral e de maneira eficiente, mesmo sem possuir qualquer material escrito.

Os principais solos reconhecidos pelos produtores do Faxinal Taquari dos Ribeiros foram: 1) Terra de areia; 2) Terra Branca Solta; 3) Terra Branca Batumadeira; 4) Terra Preta Batumadeira; 5) Terra Preta Solta; 6) Terra Vermelha do Agricultor; 7) Terra Vermelha do Faxinal ou do Agricultor; 8) Terra de Cascalho; e, 9) Terra Roxa (Figura 14).



**FIGURA 14** – Unidades etnopedológicas reconhecidas no Faxinal Taquari dos Ribeiros

A Tabela 3 mostra a descrição das unidades etnopedológicas, bem como a sua declividade, situação no relevo, altitude e tipo de uso. Observa-se que a Terra Branca Solta, Terra Branca Batumadeira e Terra de Cascalho são encontradas em relevos planos, suave ondulado a ondulado, com declividade em torno de 0 a 20%, com altitude variando de 843 a 875m, ficam próximas a estrada de acesso ao criadouro comunitário sentido Rio Azul – Faxinal.

**TABELA 3** – Etnosolos identificados no Faxinal Taquari dos Ribeiros e características da paisagem.

<b>Classificação etnopedológica</b>	<b>Declividade<sup>5</sup></b> %	<b>Feições do relevo</b>	<b>Altitude</b> m	<b>Uso atual</b>
Terra Branca Solta	3	Plano; terço médio/superior da rampa	875	fumo
Terra Branca Batumadeira	7	Suave ondulado; terço superior da	845	fumo
Terra de Cascalho	5	Ondulado; terço médio da rampa	843	pinus
Terra de Areia	1	Plano; terço inferior da rampa	848	várzea
Terra Preta Solta	12	Ondulado; terço médio da rampa	851	mandioca
Terra Preta Batumadeira	13	Ondulado; terço médio/superior da	846	fumo
Terra Roxa	12	Ondulado; terço superior da rampa	904	milho
Terra Vermelha do Agricultor	8	Ondulado; terço médio da rampa	890	mata
Terra Vermelha do Faxinal	10	Ondulado; terço médio da rampa	850	pasto

As terras identificadas como de maior altitude foram: Terra Vermelha do Agricultor, Terra Vermelha do Faxinal e Terra Roxa. São encontradas no terço superior da rampa, em relevos ondulados, com altitudes de 850 a 904m, com declividade variando de 8 a 20%.

A Terra Preta Solta e Preta Batumadeira estão distribuídas no terço médio da rampa, em relevo ondulado, com altitude de 846 a 851m, com pouca variação de declividade em torno de 8 a 20%. Já a Terra de Areia encontra-se no terço inferior da rampa, com altitude de 848 m e declividade de 0 a 3%, com relevo plano, são terras de planícies aluviais e estão distribuídas nas margens dos rios.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO FORMAL DOS SOLOS

Os resultados da caracterização e classificação formal dos solos são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6. Estão destacados apenas os horizontes diagnósticos utilizados para a caracterização e classificação dos solos segundo o SiBCS.

<sup>5</sup> Declividade observada/medida em campo com o uso de um Clinômetro.

**TABELA 4** – Atributos morfológicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Horizontes	Profundidade cm	Cor	Estrutura	Consistência			Transição
				Seca	Úmida	Molhada	
<b>Perfil 1 – Terra Branca Batumadeira/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>							
A	0 – 45	Bruno (10YR 4/3)	Blocos sub-angulares, médios a grandes, moderada	Dura	Lig. Dura	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ondulada e gradual
B	45 – 92	Bruno (10YR 4/3)	Blocos sub-angulares, médios, fraca a moderada	Dura	Lig. Dura	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Plana e clara
<b>Perfil 2 – Terra Branca Solta/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>							
A1	3,5 – 8	Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2)	Blocos sub-angulares e angulares, médios, fraca	Muito dura	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Plana e abrupta
B	30 – 54	Bruno (7,5YR 4/4)	Blocos sub-angulares, médios, fraca	Dura	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Plana e clara
<b>Perfil 3 – Terra Preta Batumadeira/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>							
A1	0 – 43	Bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2)	Blocos sub-angulares, pequenos a médios, moderada a forte	Lig. Dura	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Plana e clara
B	83 – 134	Bruno-amarelado-claro (2,5Y 6/4)	Blocos sub-angulares, grandes, fraca	Lig. Dura	Friável	Ligeiramente plástica e pegajosa	--
<b>Perfil 4 – Terra Preta Solta/ CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico</b>							
A1	34 – 54	Bruno (7,5YR 4/4)	Blocos sub-angulares, grandes, moderada	Dura	Firme	Plástica e pegajosa	Plana e clara
B	>90	Bruno-forte (7,5YR 5/6)	Blocos sub-angulares, muito grandes, sem estrutura	Muito dura	Firme	--	--
<b>Perfil 5 – Terra Vermelha do Faxinal ou do Agricultor/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>							
A	0 – 30	Bruno (10YR 4/3)	Blocos sub-angulares, pequenos, moderada a forte	Dura	Firme	Muito plástica e pegajosa	Irregular e clara
IIB1	30 – 50	Vermelho (2,5YR 4/6)	Sub-angulares, médios, moderada	Dura	Friável	Plástica e pegajosa	Plana e clara
<b>Perfil 6 – Terra Vermelha/ LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico típico</b>							
A	3 – 48	Bruno-muito-escuro(7,5YR 2,5/2)	Blocos sub-angulares, médios, forte	Dura	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Plana e clara
B1	89 – 123	Bruno-forte (7,5YR 4/6)	Blocos sub-angulares, grandes, moderada a forte	Lig. Dura	Friável	Ligeiramente plástica e pegajosa	Plana e clara
<b>Perfil 7 – Terra de Cascalho/ NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>							
A	0 – 13	Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2)	Blocos sub-angulares, pequenos e médios, moderada	Lig. dura	Lig. dura	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ondulada e abrupta
R	>13	--	--	--	--	--	--
<b>Perfil 8 – Terra Roxa/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico</b>							
A1	0 – 28	Bruno (10YR 4/3)	--	Dura	Friável	--	Irregular e abrupta
A2	28 – 56	Bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4)	--	--	--	--	--
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>							
A1	0 – 40	Bruno-escuro (7,5YR 3/2)	Blocos angulares e sub-angulares, pequenos a muito pequenos, forte	--	Muito friável	--	Ondulada e abrupta
B	94 - 124	Bruno (7,5YR 5/4)	Blocos sub-angulares, grandes, moderada	--	Friável	--	Plana e clara

**TABELA 4** – Atributos morfológicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (cont.)

Horizontes	Profundidade cm	Cor	Estrutura	Consistência			Transição
				Seca	Úmida	Molhada	
<b>Perfil 10 - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário</b>							
A	0 – 33	Bruno-acinzentado-muito escuro (10YR 3/2)	Blocos angulares e sub-angulares, grandes a médios, moderada	--	Friável	--	Descontínua
AC	> 33	Bruno-avermelhado-claro (5YR 6/3)	--	--	--	--	--
<b>Perfil 11 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico</b>							
A	0 – 17	Bruno (7,5YR 4/3)	Blocos angulares e sub-angulares, grandes a médios, moderada	--	Muito firme	--	Plana e clara
AC (basalto)	17 - 26	Bruno-forte (7,5YR 4/6)	Blocos angulares e sub-angulares, grandes, fraca a moderada	--	Firme	--	Plana e clara
AC (sedimento)	26 – 62	Bruno-avermelhado (5YR 5/4)	Blocos sub-angulares, médios a pequenos, fraca	--	Friável	--	Plana e clara
<b>Perfil 12 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>							
A1	0 – 16	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4)	Blocos angulares, pequenos a muito pequenos, forte	--	Friável a muito friável	--	Abrupta e ondulada
B1	40 – 107	Vermelho (2,5YR 4/6)	Blocos sub-angulares, grandes a médios, moderada a forte	--	Muito friável	--	Ondulada
<b>Perfil 13 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>							
A	0 – 13	Bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2)	Blocos angulares, médios a muito pequenos, forte	--	Muito friável	--	Ondulada e clara
C	13 – 27	Vermelho (2,5YR 4/8)	Blocos sub-angulares, pequenos a muito pequenos, forte	--	Friável	--	--
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>							
A	0 – 14	Bruno (7,5YR 4/4)	Blocos angulares e sub-angulares, médios a muito pequenos, fraca	--	Friável a muito firme	--	Ondulada e clara
B	14 – 38	Bruno-forte (7,5YR 4/6)	Blocos sub-angulares, médios a pequenos, moderada a fraca	--	Friável	--	Ondulada e descontínua
<b>Perfil 15 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>							
A	0 – 10	Bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2)	Blocos angulares e subangulares, grandes a médios, fraca a moderada	--	Friável	--	Abrupta e plana
B	10 – 35	Bruno-amarelado escuro (10YR 4/4)	Blocos subangulares, médios a pequenos, moderada a fraca	--	Friável	--	Ondulada e gradual
<b>Perfil 16 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>							
A	0 – 21	Bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2)	Blocos subangulares, médios a pequenos, moderada	--	Friável a firme	--	Clara e plana
B2	25 - 41	Bruno-amarelado (10YR 5/4)	Blocos subangulares, grandes a pequenos, fraca a inexistente	--	Friável	--	
<b>Perfil 17 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>							
A	0 – 9	Bruno (7,5YR 4/2)	Blocos subangulares, grandes a médios, moderada a fraca	--	Friável a firme	--	Clara e plana
B	9 – 23	Bruno (10YR 4/3)	Blocos angulares esubangulares, médios a grandes, fraca a moderada	--	Friável	--	Gradual e Ondulada
<b>Perfil 18 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário</b>							
C	0 – 22	Bruno-avermelhado (5YR 4/3)	Blocos subangulares, pequenos a médios, sem estrutura	--	Friável	--	--

**TABELA 4** – Atributos morfológicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (cont.)

Horizontes	Profundidade cm	Cor	Estrutura	Consistência			Transição
				Seca	Úmida	Molhada	
<b>Perfil 19 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>							
A	0 – 25	Bruno-avermelhado (5YR 4/3)	Blocos angulares a subangulares, grandes, forte	--	Friável a firme	--	Abrupta e plana
B1	25 – 50	Bruno-amarelo-escuro (10YR 4/4)	Blocos angulares e subangulares, médio a grandes, forte a moderada	--	Friável	--	Abrupta e Plana
<b>Perfil 20 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>							
A	0 – 25	Bruno-avermelhado (5YR 4/3)	Blocos angulares a subangulares, pequenos a grandes, forte a moderada	Friável	Friável	--	Abrupta e plana
C	> 25	--	--	--	--	--	--
<b>Perfil 21 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário</b>							
A1	0 – 22	Bruno (7,5YR 4/2)	Blocos angulares a subangulares, grandes a pequenos, forte a moderada	Friável	Friável	--	Clara e plana
A2	22 – 30	Bruno escuro (7,5YR 3,5/2)	Blocos subangulares, grandes a pequenos, forte a moderada	Friável	Friável	--	Clara e Plana

TABELA 5 – Atributos físicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria g.kg <sup>-1</sup>			Relação Silte/Argila	Classe Textural
		Areia	Silte	Argila		
<b>Perfil 1 – Terra Branca Batumadeira/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>						
A	0 – 45	210	429	360	1,19	Franco-argilo-siltosa
B	45 – 92	150	389	460	0,85	Argilosa
<b>Perfil 2 – Terra Branca Solta/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>						
A1	3,5 – 8	258	462	280	1,65	Franco-siltosa
B	30 – 54	189	450	360	1,25	Franco-argilo-siltosa
<b>Perfil 3 – Terra Preta Batumadeira/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>						
A1	0 – 43	220	359	420	0,86	Argilosa
B	83 – 134	215	524	260	2,02	Franco-siltosa
<b>Perfil 4 – Terra Preta Solta/ CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico</b>						
A1	34 – 54	184	416	400	1,04	Argilo-siltosa
B	> 90	135	464	400	1,16	Franco-argilo-siltosa
<b>Perfil 5 – Terra Vermelha do Faxinal ou do Agricultor/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>						
A	0 – 30	258	421	320	1,32	Franco-argilosa
IIB1	30 - 50	189	431	380	1,13	Franco-argilosa
<b>Perfil 6 – Terra Vermelha/ LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico típico</b>						
A	3 – 48	183	336	480	0,70	Argilosa
B1	89 – 123	167	313	520	0,60	Argilosa
<b>Perfil 7 – Terra de Cascalho/ NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>						
A	0 – 13	164	535	300	1,78	Franco-argilo-siltosa
R	> 13	--	--	--	--	--
<b>Perfil 8 – Terra Roxa/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico</b>						
A1	0 – 28	358	421	220	1,92	Franca
A2	28 – 43	329	410	260	1,58	Franca
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>						
A1	0 – 40	266	233	502	0,46	Argilosa
B	94 - 124	227	271	502	0,53	Argilosa
<b>Perfil 10 - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário</b>						
A	0 - 33	252	197	550	0,35	Argilosa
AC	> 33	510	214	275	0,77	Média Argilosa
<b>Perfil 11 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico</b>						
A	0 – 17	149	324	525	0,61	Argilosa
AC (basalto)	17 - 26	171	302	525	0,57	Argilosa
AC (sedimento)	26 – 62	219	305	475	0,64	Argilosa
<b>Perfil 12 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>						
A1	0 - 16	195	278	525	0,52	Argilosa
B1	40 - 107	137	286	575	0,49	Argilosa
<b>Perfil 13 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>						
A	0 - 13	265	259	475	0,54	Argilosa
C	13 - 27	371	278	350	0,79	--
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>						
A	0 - 14	159	140	700	0,20	Muito Argilosa
B	14 - 38	139	284	575	0,49	Argilosa

**TABELA 5** – Atributos físicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (cont.)

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria g.kg <sup>-1</sup>			Relação Silte/Argila	Classe Textural
		Areia	Silte	Argila		
<b>Perfil 15 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>						
A	0 - 10	166	233	600	0,38	--
B	10 - 35	142	257	600	0,42	--
<b>Perfil 16 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>						
A	0 - 21	209	315	476	0,66	Argilosa
B2	25 - 41	250	247	503	0,49	Argilosa
<b>Perfil 17 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>						
A	0 - 9	418	131	451	0,29	Argilosa
B	9 - 23	276	223	502	0,44	Argilosa
<b>Perfil 18 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário</b>						
C	0 - 22	244	255	502	0,50	Argilosa
<b>Perfil 19 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>						
A	0 - 25	382	116	502	0,23	Argilosa
B1	25 - 50	361	213	426	0,50	Argilosa
<b>Perfil 20 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>						
A	0 - 25	331	167	502	0,33	Argilosa
C	> 25	--	--	--	--	--
<b>Perfil 21 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário</b>						
A1	0 - 22	240	259	502	0,51	Argilosa
A2	22 - 30	202	296	502	0,58	Argilosa

**TABELA 6** - Atributos químicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Horizontes	Profundidade cm	pH		Complexo de troca cmol. kg <sup>-1</sup>							Valor %		CO g kg <sup>-1</sup>	
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	Na	SB	CTC	V		m
<b>Perfil 1 - Terra Branca Batumadeira/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>														
A1	0-45	3,9	3,6	3,6	1,05	0,3	17,6	7,3	--	1,4	19	7,1	--	18,2
B	45-92	4	3,6	3,6	0,75	0,2	18,96	9	--	0,9	19,9	4,6	43,2	11,1
<b>Perfil 2 - Terra Branca Solta/CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>														
A1	3,5-8	4,4	3,8	3,9	4,35	0,5	11,26	2,7	--	4,8	16,1	29,9	--	19,8
B	30-54	4,5	3,7	3,8	0,85	0,1	16,33	6,85	--	1	17,3	5,6	48,0	6,7
<b>Perfil 3 - Terra Preta Batumadeira/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>														
A1	0-43	4,4	3,8	3,7	0,45	0,1	17,6	7,9	--	0,6	18,2	3,1	--	18,2
B	83-134	5,1	3,7	3,8	0,6	0,1	17,6	7,75	--	0,7	18,3	3,9	--	2,35
<b>Perfil 4 - Terra Preta Solta/ CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico</b>														
A1	34-54	4,1	3,8	3,8	0,4	0,1	16,33	6,3	--	0,5	16,8	2,9	--	23,7
B	>90	4	3,8	3,8	0,35	0,1	17,6	6,9	--	0,5	18,1	2,4	--	7,9
<b>Perfil 5 - Terra Vermelha do Faxinal ou do Agricultor/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico</b>														
A	0-30	5,1	4,5	4,7	9,15	0,2	6,21	0,1	--	9,4	15,6	60,1	--	22,9
IIB1	30-50	4,5	3,8	3,9	1,45	0	13,07	5,15	--	1,5	14,6	10,2	47,6	7,1
<b>Perfil 6 - Terra Vermelha/ LATOSSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico típico</b>														
A	3-48	5,1	4,1	4,5	7	0,3	10,45	0,65	--	7,3	17,8	41,2	--	29,3
B1	89-123	4,8	4	4	1,2	0,2	9,7	2,55	--	1,4	11,1	10,2	--	7,5
<b>Perfil 7 - Terra de Cascalho/ NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>														
A	0-13	4,2	3,8	3,9	1,3	0,4	15,16	4,45	--	1,7	16,8	9,9	--	40,7
R	>13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Perfil 8 - Terra Roxa/ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico</b>														
A1	0-28	5	4,2	4,5	8,2	0,3	6,21	0,5	--	8,5	14,7	57,8	--	17,8
A2	28-43	4,4	3,7	3,7	1,05	0,2	17,6	6,35	--	1,2	18,8	6,3	--	0,5
<b>Perfil 9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>														
A1	0-40	4,8	3,5	--	4,9	0,42	11,7	4	0,03	5,2	17,1	31,1	42,8	25,5
B	94-124	5,5	3,5	--	2	0,16	9,2	7,1	0,02	2,1	11,2	18,8	76,9	4,6
<b>Perfil 10 - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário</b>														
A	0-33	5,3	3,9	--	0,83	0,72	9,2	0,7	0,03	9,1	18,2	49,7	6,7	26,1
AC	>33	5,1	3,5	--	2,2	0,13	10,3	5,9	0,03	2,3	12,6	18,6	71,4	11,1
<b>Perfil 11 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico</b>														
A	0-17	5,6	4,3	--	10,70	0,83	6,7	0,2	0,02	11,5	18,2	63,4	1,6	25,5
AC (basalto)	17-26	6,0	4,3	--	10,8	0,45	6,2	0,2	0,01	11,2	17,5	64,4	1,7	1,8
AC (sedimento)	26-63	5,7	3,8	--	7,2	0,46	6,5	1,2	0,02	7,6	14,1	54,1	13,3	13,3
<b>Perfil 12 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>														
A1	0-16	6,3	4,7	--	9	0,74	6,4	0,2	0,01	9,8	16,1	60,6	1,9	30,2
B1	40-107	6,6	4,6	--	3,5	0,06	4,1	0,2	0,0	3,5	7,6	46,9	5,2	7,5
<b>Perfil 13 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>														
A	0-13	5,7	4,7	--	12,3	0,47	9,6	0,2	0,03	12,7	22,3	57,2	1,5	--
C	13-27	5,5	4,2	--	3,6	0,09	7,1	0,3	0,02	3,7	10,8	34,6	7,3	17,4
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico</b>														
A	0-14	4,8	3,6	--	2,4	0,12	11,8	2,5	0,03	2,5	14,3	17,8	49,2	23,2
B	14-38	4,9	3,6	--	0,6	0,07	9,6	2,8	0,01	0,6	10,3	6,6	80,4	16,8

**TABELA 6 -** Atributos químicos dos perfis de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (cont.)

Horizontes	Profundidade cm	pH			Complexo de troca cmol. kg <sup>-1</sup>						Valor %		CO g kg <sup>-1</sup>	
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	Na	SB	CTC	V		m
<b>Perfil 15 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>														
A	0-10	4,9	3,8	--	6,6	0,24	10	0,9	0,01	6,8	16,8	40,7	12,1	27,9
B	10-35	5,9	3,5	--	2,4	0,08	9,7	4	0,02	2,5	12,2	20,8	61,1	1,8
<b>Perfil 16 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>														
A	0-21	5,6	4,0	--	12	0,68	6,3	0,2	0,06	12,7	19,1	66,7	1,5	19,7
B2	25-41	5,1	3,4	--	1,8	0,18	10,5	7,8	0,03	2,1	12,5	16,4	79,1	6,3
<b>Perfil 17 - CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico típico</b>														
A	0-9	6,2	4,1	--	9,9	0,28	4,1	0,1	0,05	10,2	14,3	71,4	0,9	11,6
B	9-23	5,6	3,4	--	2,6	0,17	10	5,7	0,05	2,8	12,8	22,1	66,8	9,8
<b>Perfil 18 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário</b>														
C	0-22	5,6	3,4	--	5,3	0,56	9	6	0,02	5,9	15,1	39,7	50,1	11,1
<b>Perfil 19 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico</b>														
A	0-25	5,2	3,7	--	5,5	0,67	6	0,7	0,08	6,2	12,2	50,9	10,3	16,2
B1	25-50	5,3	3,6	--	1,3	0,19	5,9	0,24	0,04	1,4	7,3	19,6	62,1	8,1
<b>Perfil 20 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico</b>														
A	0-25	4,6	3,4	--	4	0,79	0,78	0,36	0,1	4,9	12,6	38,6	42,1	9,3
C	>25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Perfil 21 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário</b>														
A1	0-22	5,7	3,7	--	9	0,27	6,3	1,9	0,03	9,2	15,6	59,4	16,9	13,9
A2	22-30	5,9	3,7	--	6,8	0,21	6,8	1,5	0,03	7,1	13,7	50,8	17,6	13,9

A distribuição dos solos ao longo das topossequências estudadas é apresentada nas Figuras 15 e 16.

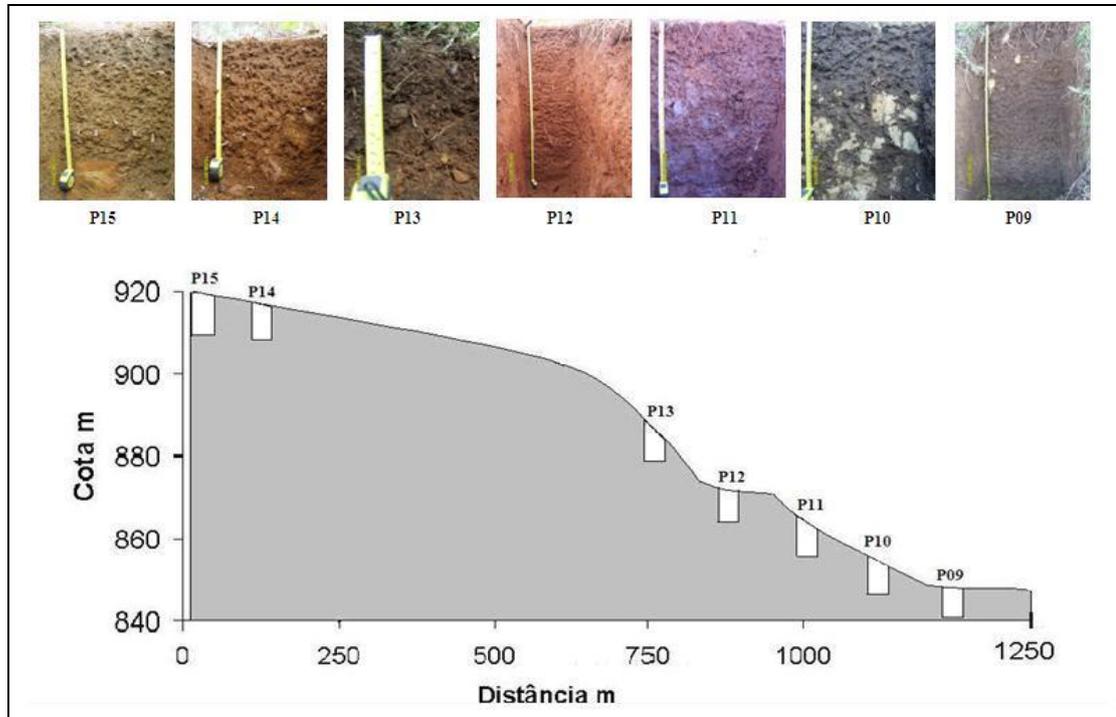


FIGURA 15 – Perfil topográfico dos solos da topossequência A

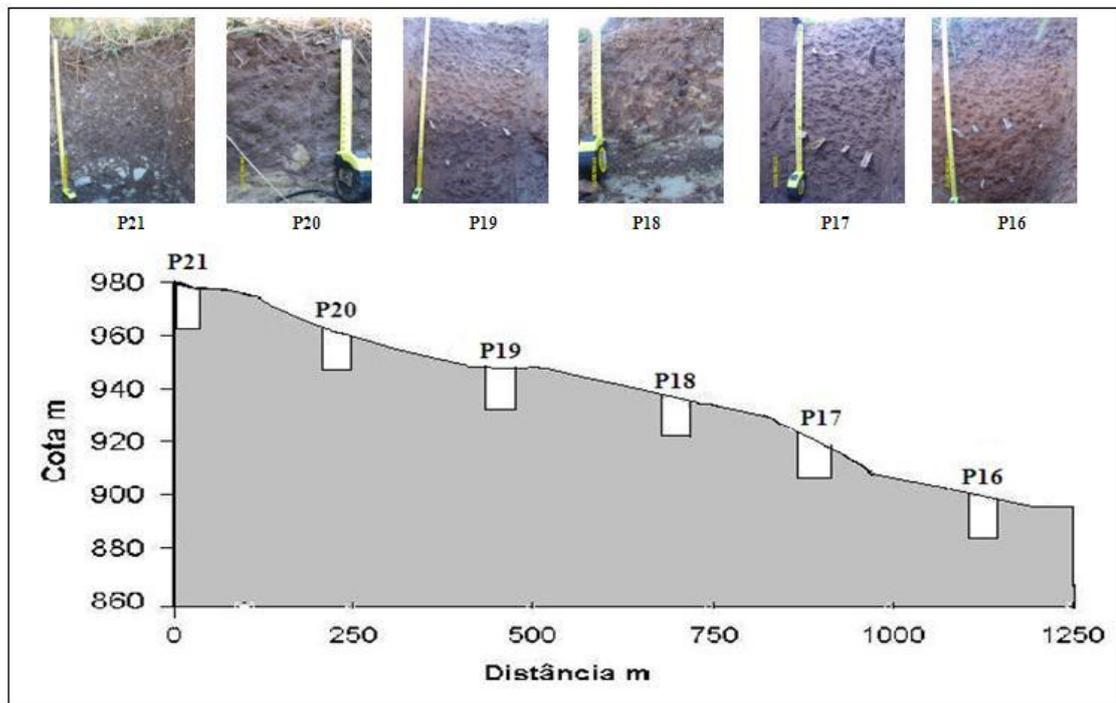


FIGURA 16 – Perfil topográfico dos solos da topossequência B

Segundo o conhecimento científico formal, os principais solos encontrados no Faxinal Taquari dos Ribeiros foram: CAMBISSOLOS HÁPLICOS, CAMBISSOLOS HÚMICOS, LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS.

OS CAMBISSOLOS HÁPLICOS e os NEOSSOLOS LITÓLICOS predominam na paisagem, ocupam as áreas de relevo mais movimentado, com declividades variando de 25 a 45% e altitudes em torno de 850 a 880 metros. OS CAMBISSOLOS HÚMICOS ocorrem em áreas planas, próximas aos rios, em declividades de 0 a 3% e altitudes em torno de 800 a 820 metros. Os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS ocorrem nos terços médios da encosta, em declives de 45% e nas cotas entorno de 960 a 980 metros. Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS se desenvolvem a partir dos diabásios que ocorrem na área em formas de diques e se situam nas partes mais elevadas (900 a 930 metros) e planas do relevo.

Os solos que dominam a região são solos “jovens”, rasos, de baixa fertilidade natural e altamente susceptível à erosão. Estas características já haviam sido reconhecidas por outros autores como Benassi (2008) e IAPAR (2006). Na área de agricultura do Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR), os solos apresentam alterações de estrutura e redução da espessura dos horizontes superficiais em função do revolvimento frequente feito pelos agricultores e dos processos erosivos acelerados que ocorrem na região em função das condições de relevo movimentado, o qual se apresenta como forte ondulado a montanhoso. Os teores de silte dos solos da área, normalmente superiores àqueles encontrados nos solos das regiões tropicais e subtropicais, também favorecem a ocorrência dos processos erosivos (DENARDIN, 1990). Dominantemente, os solos da área apresentam textura argilosa e franco-argilo-siltosa, mas também são observados, em menor proporção, solos com textura franco-argilosa e franco-siltosa.

A seguir são detalhadas as classes de solos encontradas no Faxinal Taquari dos Ribeiros.

### **LATOSSOLOS (L)**

Os LATOSSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico (EMBRAPA, 2006). São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de subhorizontes, e transições usualmente difusas ou graduais.

### **LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)**

Estes solos são caracterizados pelas cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas, apresentando matiz 7,5YR e 10YR nos primeiros 100 cm de profundidade do horizonte B, inclusive BA. São solos profundos, de textura argilosa, com teores de argila elevados no horizonte B. Em subsuperfície (horizonte B), a estrutura apresenta grau moderado a forte, a porosidade era visível e muito comum, principalmente devido à presença de canais e cavidades resultantes de atividade biológica (Tabela 4).

A relação silte/argila indica elevado grau de intemperismo (Tabela 5), caracterizando solos mais velhos. Quimicamente são solos de fertilidade baixa (Tabela 6). A ocorrência destes solos se deve as intrusões de diabásio em forma de diques, nas porções mais elevadas da paisagem. Esta unidade de solo é representada pelo perfil P6.

## **CAMBISSOLOS (C)**

Os CAMBISSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Gleissolos. Têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (EMBRAPA, 2006).

### **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos úmbricos (CXvd)**

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos úmbricos apresentam fertilidade natural baixa (Tabela 06), pois, tanto em superfície como em subsuperfície, apresentam caráter distrófico devido à baixa saturação por bases. Com relação à saturação por alumínio foram identificados valores menores ou iguais a 50% nos horizontes superficiais (Tabela 6). Este solo apresenta horizontes A proeminente e atividade da fração argila elevada (Tabela 5).

Quanto às características morfológicas (Tabela 4), apresentam estrutura em blocos subangulares e angulares, moderada a fraca. Apresentam horizontes A, B e C, sendo os horizontes B inferiores a 50 cm de espessura. São representados pelos perfis: P1, P2, P3, P5.

### **CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (CXvd)**

Este CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico apresenta fertilidade natural baixa, mas atividade alta da fração argila (Tabela 6). Apresentam estrutura em blocos subangulares e angulares, moderada a fraca e, na sua maioria, horizontes A, B e C, sendo os horizontes B inferiores a 50 cm de espessura. Tanto em superfície como em subsuperfície apresentam caráter distrófico devido a baixa saturação por bases. Com relação à saturação por alumínio trocável foram identificados valores menores ou iguais a 50% nos horizontes superficiais (Tabela 6). Este solo é representado pelo perfil P8.

### **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos típicos (CXbd)**

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos típicos apresentam fertilidade baixa (Tabela 6) e baixa atividade da fração argila (Tabela 5). Tanto em superfície como em subsuperfície predomina o caráter distrófico devido à baixa saturação por bases. Com relação à saturação por alumínio trocável foram identificados valores menores ou iguais a 50% nos horizontes superficiais (Tabela 6).

Quanto às características morfológicas (Tabela 4), apresentam horizontes A, B e C, sendo os horizontes B inferiores a 50 cm de espessura. A estrutura é do tipo blocos subangulares e angulares, moderada a fraca. Este solo é representado pelos perfis P9 e P14.

### **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos latossólicos (CXbd)**

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos latossólicos apresentam fertilidade baixa e baixa atividade da fração argila com CTC<sup>6</sup> inferior a 17cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Tabela 5). Tanto em superfície como em subsuperfície predomina o caráter distrófico devido à baixa saturação por bases. Com relação à saturação por alumínio trocável foram identificados valores menores ou iguais a 50% nos horizontes superficiais (Tabela 6).

Quanto às características morfológicas (Tabela 4), apresentam estrutura em blocos subangulares e angulares, moderada a fraca. São representados pelos perfis: P12, P16 e P19.

### **CAMBISSOLOS HÁPLICOS Alíticos típicos (CXal)**

Estes solos são encontrados nos terços superiores das topossequências analisadas (Figuras 15 e 16). Apresentam horizontes A, B e C. Os horizontes B têm estruturas em blocos angulares, de tamanhos pequenos a médios, moderada a fraca, com consistência friável (úmido), de transição ondulada e gradual (Tabela 4).

---

<sup>6</sup> Capacidade de Troca de Cátions do solo.

A atividade da fração argila é baixa e são solos de fertilidade natural baixa (Tabela 6). Foram classificados como *alítico típico* por se apresentarem dessaturados, com teores de alumínio extraível de valor maior ou igual a  $4\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$  (Tabela 6), associado à atividade de fração argila ser maior ou igual a  $20\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$  (Tabela 5) e saturação por alumínio superior a 50%, com saturação por base inferior a 50% (Tabela 6). Estes solos são representados pelos perfis P15 e P17.

### **CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)**

Este solo encontra-se no terço médio da rampa (Figuras 15 e 16) e apresenta horizontes O, A1, B e C. O horizonte B foi caracterizado como incipiente e o horizonte A, HÚMICO. Apresenta estrutura fraca, com blocos subangulares, muito grandes, de consistência muito dura (seco) e firme (úmido), de transição plana e clara, bem drenado, raízes raras, poros muito pequenos (Tabela 4).

Este CAMBISSOLO HÚMICO foi classificado como Distrófico por apresentar saturação por base baixa igual a 2,4% no horizonte B (Tabela 6). Na seqüência da chave foi classificado como latossólico por apresentar horizonte B incipiente desenvolvido (Tabela 5). É representado pelo perfil P4.

### **NEOSSOLOS (R)**

Compreendem solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (EMBRAPA, 2006).

### **NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos típicos (RLd)**

Estes solos são encontrados no terço médio da rampa (Figuras 15 e 16) e apresentam horizontes A assentados diretamente sobre a rocha.

Apresentam estrutura moderada, com blocos sub-angulares e angulares, de tamanhos médios e pequenos, de consistência ligeiramente dura (seco) e ligeiramente dura (úmido), ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, de transição ondulada e abrupta, mal drenado, raízes muitas e finas, poros pequenos (Tabela 4).

Estes NEOSSOLOS LITÓLICOS foram caracterizados como Distróficos típicos por apresentarem saturação por bases baixa, ou seja, baixa fertilidade natural e por serem ácidos (Tabela 6). Apresentam atividade de fração argila alta (Tabela 5). Estes solos são representados pelos perfis: P7, P13 e P20.

### **NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário (RLd)**

Este solo encontra-se no terço médio inferior da rampa e, de acordo com o SiBCS, foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO por não apresentar horizonte B e o horizonte A se assentar diretamente sobre o horizonte C. Apresenta estrutura de blocos angulares e sub-angulares, de tamanhos grandes a médios, moderada, com consistência friável (úmida) e transição descontínua (Tabela 4). Foi caracterizado como *distro-úmbrico fragmentário* por apresentar saturação por base baixa (Tabela 6) e por possuir horizonte A proeminente; é fragmentário por apresentar contato lítico em que o material endurecido subjacente ao solo encontra-se fragmentado. A atividade da fração argila deste solo é alta e apresenta baixa fertilidade natural (Tabela 5 e 6). Este solo é representado pelo perfil P10.

**NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário (RLd)**

Este solo encontra-se no terço superior do terço médio da rampa e foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO por não apresentar horizonte B e apresentar somente horizontes A e C.

Apresenta estrutura fraca, com blocos subangulares, de tamanhos pequenos a médios, de consistência friável (úmido) (Tabela 4). Este NEOSSOLO LITÓLICO foi caracterizado como Distrófico em função da saturação por bases baixa (Tabela 6). No entanto, apresenta atividade da fração argila alta. Foi classificado como fragmentário por apresentar contato lítico em que o material endurecido da fina camada de solo, encontra-se fragmentado. Este solo é representado pelo perfil P18.

**NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário (RLe)**

Este solo encontra-se no terço superior da rampa e foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO por não apresentar horizonte B e apresentar somente horizontes A e C. Apresenta estrutura forte a moderada, com blocos subangulares de tamanhos grandes a pequenos, de consistência friável (úmido), de transição clara e plana (Tabela 4).

Esse NEOSSOLO LITÓLICO foi caracterizado como Eutrófico por apresentar saturação por base alta (Tabela 6) e classificado como fragmentário por apresentar contato lítico em que o material endurecido subjacente ao solo, encontra-se fragmentado. A atividade de fração argila também é alta. Este solo é representado pelo perfil P21.

**NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico (RRe)**

Este solo encontra-se no terço médio inferior da rampa e apresenta horizontes A, AC (basalto) e AC (sedimento) (Tabela 4). Foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO por apresentar contato lítico a cerca de 63 cm de profundidade, com horizonte AC com 9cm

de espessura e um horizonte Bi com menos de 10cm de espessura. Apresenta caráter eutrófico, já que a saturação por bases é alta (Tabela 06). A atividade da fração argila deste solo também é alta. Este solo é representado pelo perfil P11.

A partir da caracterização e classificação formal dos solos, associada às observações em campo e a delimitação das unidades de paisagem da área de estudo, foi gerado o mapa pedológico, que pode ser observado na Figura 17.

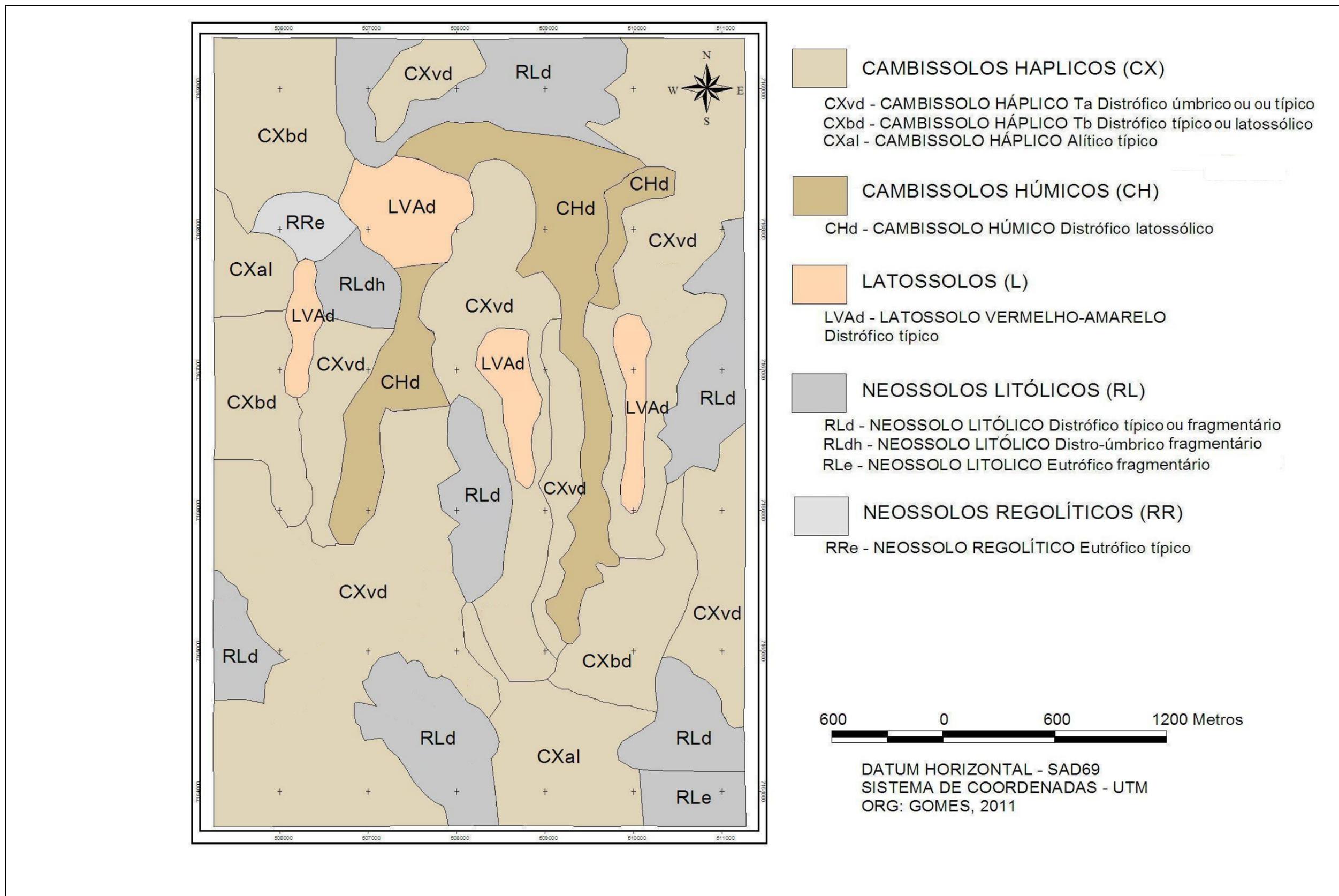


FIGURA 17 - Mapa pedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros

De acordo com o mapa pedológico obtido (Figura 17), constatou-se que os CAMBISSOLOS HÁPLICOS ocorrem em 40% da área mapeada. Os CAMBISSOLOS HÚMICOS correspondem, espacialmente, a 16% da área de estudo e os LATOSSOLOS representam espacialmente 10% da área em questão. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS correspondem a segunda maior classe, ocupando cerca de 32% da área mapeada e os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS têm a menor representação espacial, correspondendo a apenas 2% da mesma.

#### 5.4 CLASSIFICAÇÃO ETNOPEDOLÓGICA E CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA

No Quadro 3 são apresentados os solos reconhecidos e classificados pela comunidade faxinalense e pelo sistema científico formal.

<b>CLASSIFICAÇÃO ETNOPEDOLÓGICA</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA</b>
Terra Branca Batumadeira	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico
Terra Branca Solta	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico
Terra Preta Batumadeira	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico
Terra Roxa	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico
Terra Vermelha do Faxinal	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico
Terra Preta Solta	CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico
Terra de Cascalho	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico
Terra Vermelha	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico

**QUADRO 3** - Classificação etnopedológica e pedológica dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros

A Terra Branca Batumadeira reconhecida pelo produtor faxinalense corresponde ao CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Esse etnossolo foi o mais citado pelos agricultores e é diagnosticado como “terra boa” (horizonte A). A expressão *batumadeira* é devido à formação de crosta superficial compacta que age impedindo o desenvolvimento físico das plantas.

A Terra Branca Solta corresponde ao CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, tem coloração semelhante à Terra Branca Batumadeira, porém a porção superficial apresenta-se mais degradada e certa restrição física.

A Terra Preta Batumadeira corresponde ao CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, apresenta coloração escura (preta) e é diagnosticada como “terra boa” devido ao elevado teor de matéria orgânica. Apresenta dificuldade no “preparo” por ser “pesada” segundo os produtores faxinalenses, quando úmido se adere aos implementos dificultando o trabalho e quando seca dificulta a penetração dos mesmos.

Terra Preta Solta corresponde ao CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico, apresenta as mesmas características de coloração e matéria orgânica que a Terra Preta Batumadeira, mas diferencia-se por ser “fácil” o seu preparo.

Terra Vermelha do Faxinal ou do Agricultor corresponde ao CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, é diagnosticada pelo horizonte B, o qual apresenta coloração avermelhada em função da influência do dique de diabásio. A superfície apresenta tonalidades escuras e fertilidade superior às demais classes, sendo destinada para a produção de milho e soja.

Terra Vermelha corresponde ao LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico típico, é uma terra espessa, com alto nível de fertilidade. Tem coloração avermelhada no horizonte B, é resultado da decomposição do dique de diabásio.

Terra de Cascalho corresponde ao NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, são solos rasos e ocorrem principalmente nas encostas das vertentes. Seu uso é restrito para silvicultura e extrativismo.

Terra Roxa corresponde ao CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, a coloração roxa refere-se à bruna ou acinzentada, diferenciada do vermelho, amarelo, branco

ou preto, comum nos LATOSSOLOS e CAMBISSOLOS da área. A Terra Roxa está associada à presença de cascalho de ocorrência em relevos planos.

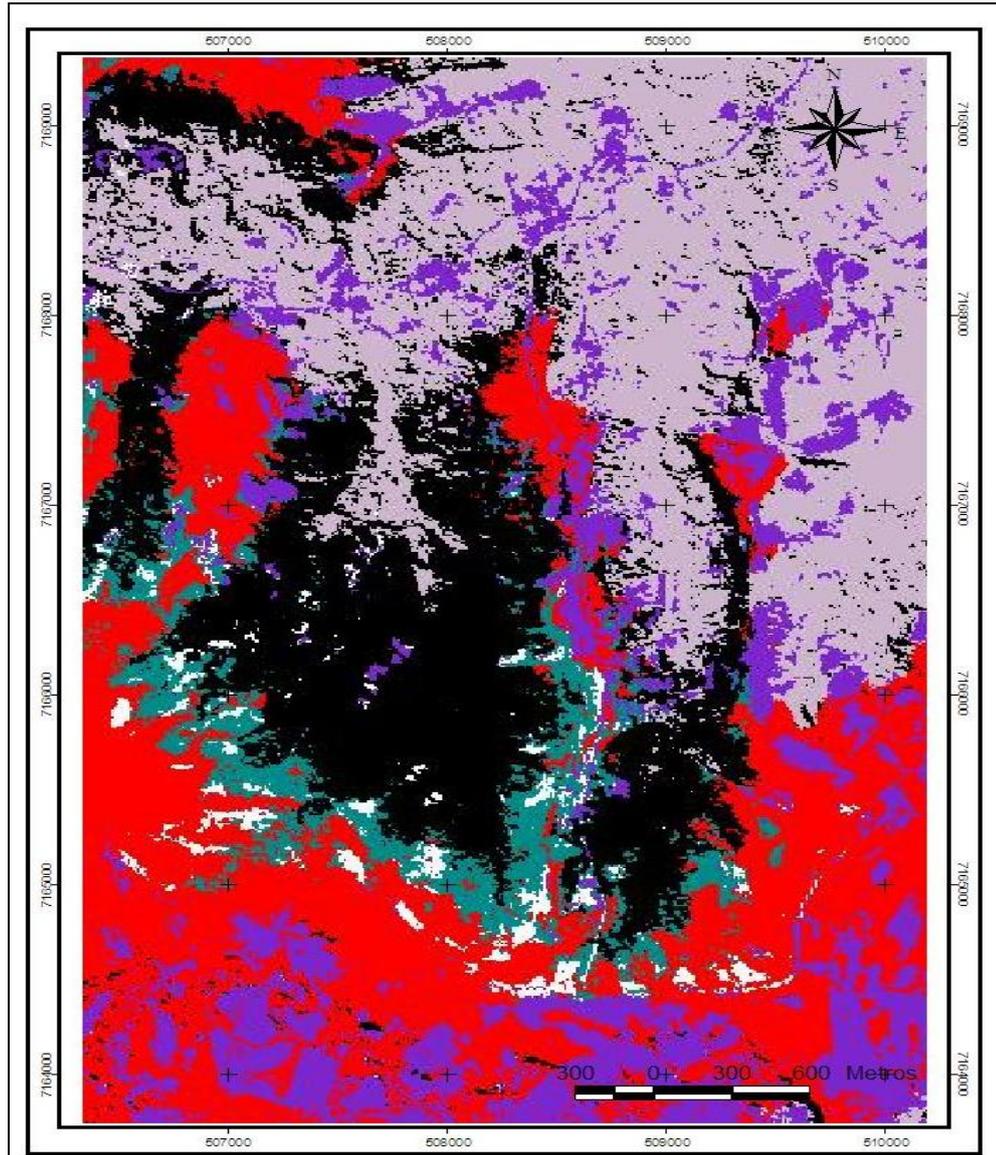
### 5.5 MAPEAMENTO PREDITIVO ETNOPEDOLÓGICO

Na Tabela 7 estão apresentados os parâmetros utilizados para os testes de classificação das diferentes combinações de variáveis de entrada.

**TABELA 7** – Parâmetros utilizados para os testes de RNA

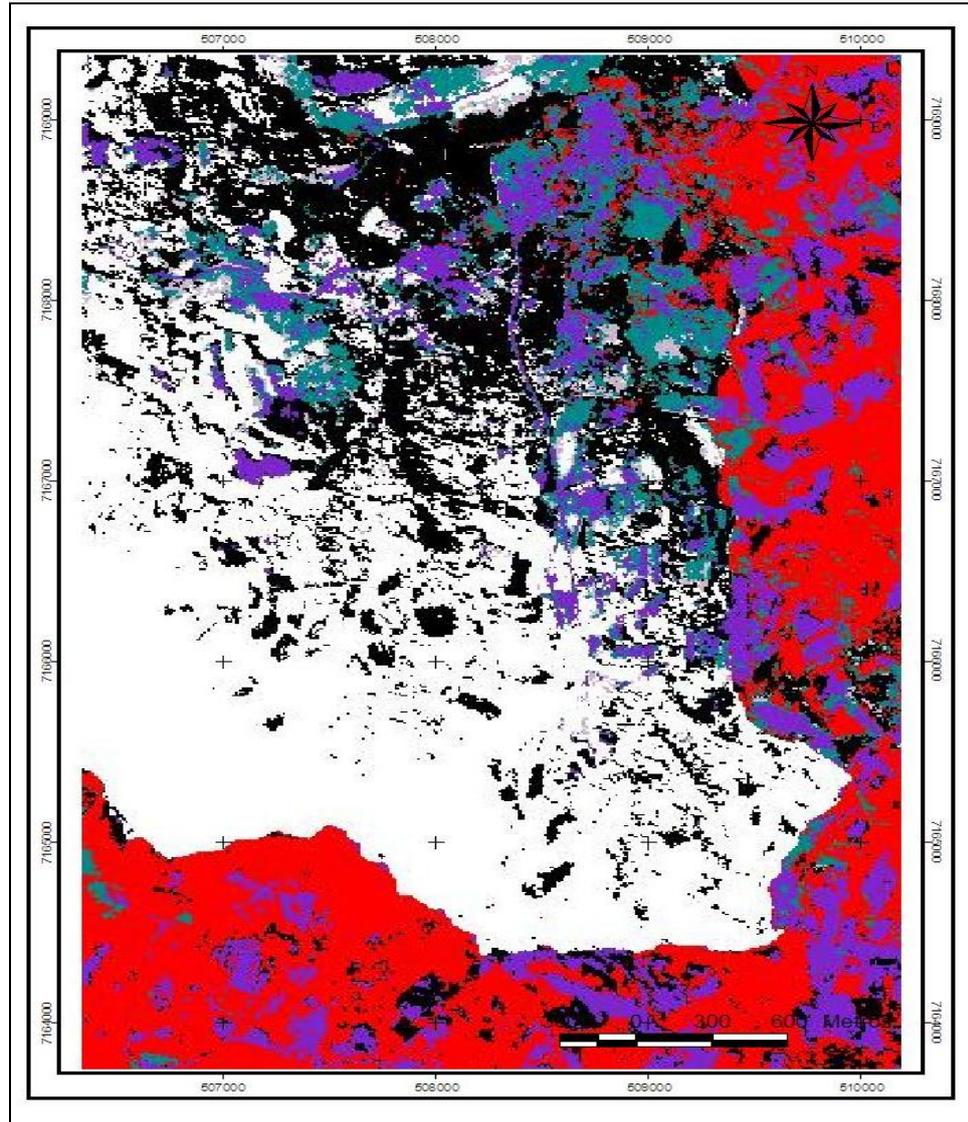
Limiar de Contribuição de Treinamento	0,3
Taxa de Treinamento	0,9
Taxa de Momento	0,6
Critério de Término de Treinamento-RMS	0,1
Número de Camadas Escondidas	1
Número de Interações do Treinamento	2500
RMS	0,56

Os primeiros testes de classificação de etnosolos mediante RNA foram realizados com cinco variáveis de entrada sendo: Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B), MDT e Sub-bacias. A classificação das variáveis Imagem SPOT5 (três bandas do visível), MDT e Sub-bacias não foi satisfatória em termos visuais, pois a Terra Vermelha e a Terra Roxa predominaram na parte sul da imagem, o que não, correspondia com as informações de reconhecimento dos produtores faxinalenses. O resultado do melhor teste da classificação da Imagem SPOT5 (três bandas do visível), MDT e Sub-bacias do etnosolos mediante RNA é apresentado na Figura 18.



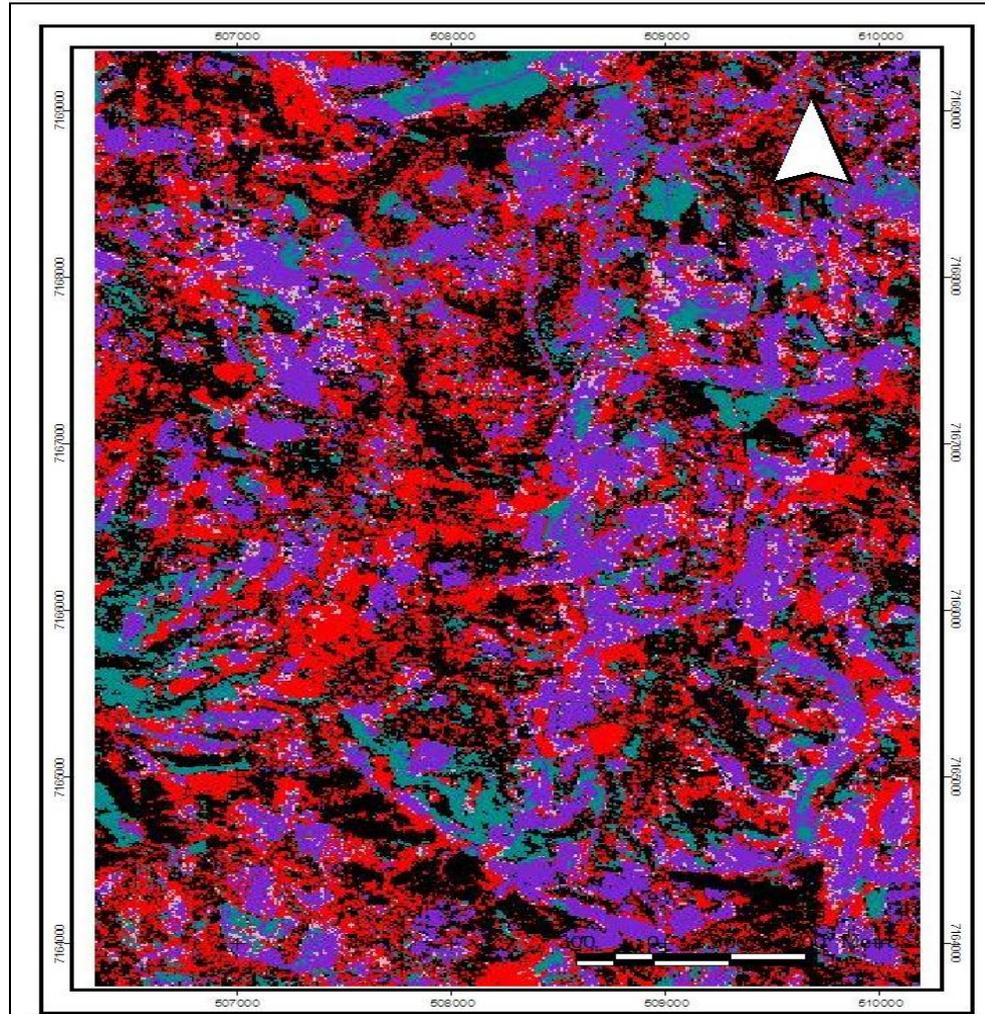
**FIGURA 18** – Teste da RNA com a Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B), MDT e Sub-bacias

A segunda série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento foi realizada com quatro variáveis de entrada, sendo a Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B) e as Sub-bacias. O melhor teste desta série está apresentado na Figura 19.



**FIGURA 19** – Teste da RNA com a Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B) e Sub-bacias

Os testes com a combinação das variáveis Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B) e Sub-bacias não foram satisfatórios visualmente, pois não contemplou todos os etnosolos usados para a classificação mediante a RNA. Nesta classificação predominaram a Terra Branca e a Terra Vermelha e não foi classificada a Terra de Areia. A terceira série de testes foi somente com a Imagem SPOT5, sendo o melhor resultado obtido desta série e apresentado na Figura 20.



**FIGURA 20** – Teste da RNA com a Imagem SPOT5 com três bandas do visível (R, G, B)

O teste feito somente com a variável Imagem SPOT5 (três bandas do visível), visualmente, foi o que apresentou o pior resultado, pois não classificou a Terra de Areia e a distribuição espacial das classes dos etnosolos não corresponderam à realidade do produtor faxinalense, além do que, não houve melhor separabilidade entre as classes. Neste teste, a Terra Roxa foi a que predominou.

O teste de arquitetura da RNA com as variáveis de entrada imagem SPOT5 (três bandas do visível) e o MDT apresentaram melhor desempenho, pois classificaram todas as classes de solos identificadas (Figura 18). A última série de testes foi com as variáveis de entrada Imagem SPOT5 (três bandas do visível) e MDT, o melhor resultado desta série está apresentado na Figura 21.

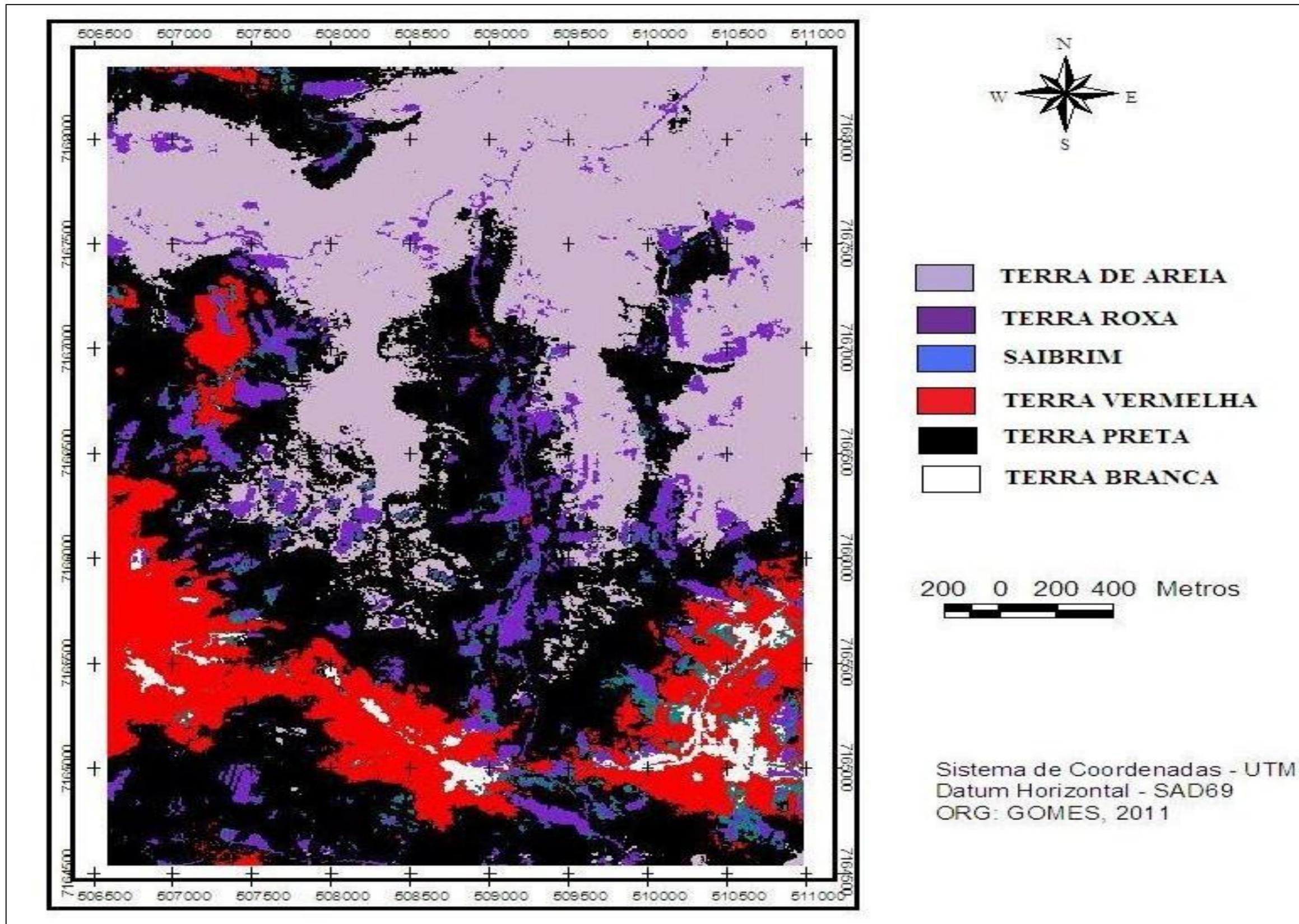


FIGURA 21 – Mapa preditivo etnopedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Visualmente este teste foi satisfatório, pois se assemelhou com as informações fornecidas pelos produtores faxinalenses sobre a distribuição dos solos na área. Destaca-se a combinação das variáveis de entrada utilizadas neste teste, a Imagem SPOT5 e o MDT. Todas as classes de etnosolos foram classificadas e a separabilidade das mesmas se deu conforme a realidade observada em campo, portanto, este resultado torna-se o mapeamento preditivo dos etnosolos mediante a classificação por meio das Redes Neurais Artificiais.

É evidente a importância do relevo na formação e distribuição dos solos na paisagem, pois quando foi utilizado o MDT como variável de entrada, assim como na primeira combinação de variáveis onde foram utilizadas as Sub-bacias, a classificação mediante RNA foi capaz de classificar todos os etnosolos conforme as classes determinadas, de acordo com a realidade dos produtores faxinalenses.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtores faxinalenses apresentam um sistema próprio de classificação dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros, que se baseia em critérios visuais e sensoriais como cor, textura, estrutura e percepções durante o manejo do solo.

A técnica de RNA foi capaz de separar os etnosolos por meio da integração de variáveis de entrada de diferentes origens e, quando comparada ao levantamento de solos tradicional, permitiu caracterizar a paisagem de modo mais detalhado e delimitar as unidades de mapeamento de solos de modo mais fácil e rápido.

O levantamento e o mapeamento pedológico formal requereram maior número de observações, análises e interpretações dos aspectos do meio físico e das características morfológicas, físicas, químicas dos solos, bem como a sua distribuição geográfica na paisagem.

Para a classificação etnopedológica mediante RNA, verificou-se a importância da integração dos dados de diferentes origens. A definição da arquitetura da RNA requer atenção, contudo quando a rede é treinada é possível alterar as variáveis de entrada.

Nas diferentes combinações de variáveis de entrada da RNA, as unidades de mapeamento que apresentaram resultados satisfatórios, apresentaram também detalhes espaciais do que o mapa de solos, devido ao fato da variação ambiental ser quantificada juntamente com as variáveis de entrada utilizadas nesta pesquisa.

As informações dos solos reconhecidos pelos produtores faxinalenses foram extrapoladas na área de estudo mediante a classificação por RNA, o que demandaria tempo se fossem identificadas pelos procedimentos convencionais.

Os resultados dos testes de classificação da RNA sem a utilização da variável de entrada MDT (representando o relevo) não foram satisfatórios, comprovando a importância

do relevo na formação dos solos. Já os resultados dos testes onde foi utilizado o MDT e as Sub-bacias (outro elemento característico do relevo), como variáveis de entrada para classificação dos etnosolos mediante RNA, foram satisfatórios, mostraram-se condizentes com a realidade reconhecida pelos produtores faxinalenses.

A RNA é uma alternativa para mapeamentos de unidades preliminares de solos. A técnica de RNA utilizada nesta pesquisa para classificação dos solos etnopedológicos, poderá ser testada para a classificação dos solos formais para a diferenciação das unidades de solos, podendo o resultado da classificação obtido pelo levantamento tradicional ser comparado aos resultados da classificação obtidos mediante a RNA.

## REFERÊNCIAS

- ANTONIO, J. N. **Mapeamento de áreas potenciais a implantação de aterro sanitário em Guarapuava – PR, com uso de Redes Neurais Artificiais**. Dissertação Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, p. 70, 2009.
- ALVES, A.G.C. e MARQUES, J.G.W. **Etnopedologia: uma nova disciplina**. IN: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. e CARDOSO, E.J., (Eds.) *Tópicos em ciência de solo*, 2005.
- ALVES, A. G. C. et al. **Porque estudar os nomes dados aos solos pelos camponeses?** Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Volume 31, Número 1, 2006.
- AMARAL, A. Z.; AUDI, R. **Fotopedologia**. IN: MONIZ, A. C. *Elementos de pedologia*. São Paulo. Ed. Universidade de São Paulo. V. 41, p. 169 – 263, 1972.
- ANDRADE, L . A. e MARQUES, A. B. **Integração GPS/SR/GIS**. Curitiba: GIS Brasil 98, 1998.
- BAIRRAL, M.A. **O Conceito de Escala e a Arquitetura Das Plantas Baixas**. IN: Revista de Ciências Humanas e Sociais. Seropédica-RJ, v. 22, n. 1, p.49-58, jan./jun., 2000.
- BARBOSA, A. M.; SOARES, J. V.; MEDEIROS, J. S. **Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para Mapas Temáticos de Ecoturismo: Subsídios para Planejamento**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.
- BARRETO, M. **A produção camponesa e o monopólio do território pelo capital: espacialidades distintas na extração da erva-mate na região da floresta com Araucária do Paraná**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2008.
- BARTEKO, R; A. R. de; V. **A influência da variabilidade climática e das características geomorfológicas na produção e produtividade agrícola da região Centro-Sul do Paraná**. Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre – RS, 2010.
- BENASSI, D.A. **Percepção e uso dos solos: o caso dos agricultores familiares da região centro-sul do Paraná**. Ponta Grossa, PR: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2008. (Dissertação de Mestrado)
- BENEDIKTSSON, J. A; SWAIN, P. H; ERSOY, O. K. **Neural Network approaches versus statistical methods in classification of multisource Remote Sensing data**. [S.I.]: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990.
- BOCCO, G.; VELÁSQUEZ, A.; TORRES, A. **Ciência, comunidades indígenas y manejo de recursos naturales: Un caso de investigación participativa em México**. Interciencia, [S. I.], 2000.
- BRAGA, E. L. **Mapeamento de Solos Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. IN: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, RN: INPE, 2009.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford, England: Clarendon Press, 1986.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographic information systems**. (Revised edition). Oxford: Clarendon Press, 1998.

CAMARGO, G. **Processos de erosão no Centro e Sul do Segundo Planalto Paranaense: evolução de encostas e influência da erosão subterrânea na expansão de voçorocas**. Dissertação de Mestrado, Pós Graduação em Geografia, UFSC. Florianópolis, SC, 1998, p. 46-48.

CAMBELL, J.B.; EDMONDS, W.J. **The missing geographic dimension to soil taxonomy**. *Annals of the Association of American Geographers*. 74, 83–97, 1984.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. **Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos**. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.06, n.01, p.104-114, 2006.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas – Universidade Federal do Paraná, 2004.

CHAGAS, C. S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. (tese).

CHANG, M. Y. **Sistema Faxinal: uma forma de organização camponesa em desagregação no centro-sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1988.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2<sup>a</sup> edição, 1980.

CORREIA, J. R.; LIMA, A. C. S.; ANJOS, L. H. C. **O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no Norte de Minas Gerais**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 447-467, set./dez. 2004.

CORREIA, J. R. **Pedologia e Conhecimento Local: Proposta Metodológica de Interlocução Entre Saberes Construídos por Pedólogos e Agricultores em Área de Cerrado em Rio Pardo de Minas, MG**. Seropédica, Rio de Janeiro, 2005 (tese de doutorado).

DALBEM, R. P.; MOURA, A. R. de.; JORGE, F. V.; MOROKAWA, M.; VALASKI, S. **Delimitação de Unidades de Paisagem: Conceito e Método aplicados ao Município de Paranaguá – PR/ Brasil**. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP – São Paulo, setembro de 2005.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ªEd. rev. Atual. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FLORIANI, N. et al. **Modelos Híbridos de Agricultura em um Faxinal Paranaense: Confluência de Imaginários e de saberes agrícolas**. V Encontro Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, Florianópolis, Santa Catarina, 2010.

FRANKLIN, J. **Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients**. [S.I.]: Progress in Physical Geography 19, 1995.

HAYKIN, S. Neural Networks. **A comprehensive foundation**. New Jersey, EUA: Ed. Prentice Hall, 1999.

HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios e Prática**. 2ª Edição, Porto Alegre, Bookman, 2001.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Rede de Propriedades Familiares Agroecológicas: uma abordagem sistêmica no Centro-Sul do Paraná**. Coordenador Dirk Claudio Ahrens. IAPAR, Boletim Técnico, Novembro de 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, 2º Ed., nº 4, 2007.

IRATI. **Plano Diretor**. Irati: Prefeitura Municipal. CD-ROOM. 2004.

ITO, Y; HOSOKAMA, M. LEE, H. e LIU, J. G. **Extraction of damaged regions using SAR data and neural networks**. IN: Intel RNA ational Archives of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Amsterdam, Germany: [S.I.], 2000.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective**. Prentice Hall series in geographic information science, 2000.

JUNIOR, J. F. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, J. A. V. **Etnopedologia e Transferência de Conhecimento: Diálogos entre os saberes Indígena e Técnico na Terra Indígena Malacacheta, Roraima**. IN: Revista Brasileira de Ciências do Solo. Roraima, [S. Ed.], 2007.

KÖPPEN, W. **Das geographischa System der Klimate, in: Handbuch der Klimatologie**. Edited by: Köppen, W., and Geiger, G., 1. C. Gebr, Borntraeger, 1–44, 1936.

LARACH, J. O. I. **Usos de levantamento de solo. Levantamento e classificação de solos**. IN: Informe Agropecuário. Belo Horizonte, MG: 9105, 1993.

MCBRATHNEY, A. B.; SANTOS, M. L. S.; MINASNY, B. **On digital soil mapping**. Geoderma, Amsterdam, v. 117, p. 3 – 52, 2003.

MEDEIROS, L. F. de. **Redes Neurais em Delphi**. Bookstore Livraria Ltda, Florianópolis-SC, 2003.

MIKKELSEN, J. H. e LANGOHR, R. **Indigenous Knowledge about soils and a sustainable crop production, a case study from the Guinea Woodland Savannah (Northern Region, Ghana)**. Geografisk Tids Skrif, Danish Journal of Geography 104 (2), 2004.

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Avaliação geológica e geotécnica para o planejamento territorial e urbano do município de Irati**. Curitiba: MINEROPAR, 2005. (relatório final)

MIRANDA, E. E. et. al. **Sistema de Informaciones geograficas como instrumento complementario para la evaluacion de sistema de producción sostenibles: informe final**. Campinas: ECOFUERZA Investigación y Desarrollo/ UNICAMP – NUCATE/EMBRAPA – NMA, 1995.

NOVO, E. M. L. M., REIS, R. S., ESPINDOLA, E. L. G. **Aplicação de sensoriamento remoto no manejo e conservação da água e solo em agroecossistemas** In: Os (Des)caminhos do Uso da água na Agricultura Brasileira. Cuiabá : Ed. UFMT/ SBCS, 2004, v.1, p. 91-116.

OSÓRIO, F. S. **Um estudo sobre reconhecimento visual de caracteres através de Redes Neurais Artificiais**. Porto Alegre: CPGCC, 1991 (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, Q. E.; CHAVES, M. J.; BANDEIRA, F. P. S. F. **Uso de Geotecnologias para compartimentação etnopedológica nas Terras Indígenas Pankararé no Raso da Catarina – Ba**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, 2005, p.3237-3244.

PINTO, L. F. S.; PAULETTO E. A.; GOMES, A. S.; SOUZA, R. O. **Caracterização de solo de várzea**. In: A. da S. Gomes & E. A. Pauletto, Eds. Manejo do solo e da água e, áreas de várzea. EMBRAPA, CPACT, Pelotas – RS, 1999.

PRADO, H. **A Pedologia Simplificada**. Arquivo do Agrônomo nº1, Piracicaba, SP, 1995.

QUEIROZ, J.S. e NORTON, B.E. An assessment of an indigenous soil classification used in the caatinga region of Ceará State, Northeast Brazil. [S.I.], 1992.

REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2003.

RIBEIRO, S. R. A. **Integração de Imagens Landsat TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidades fisionômicas (paisagem) e geológicas usando Redes Neurais Artificiais**. Curitiba: UFPR, 2003 (tese)

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Do Autor, 2007.

RIBEIRO, M.F.S.; LUGÃO, S.M.B.; MIRANDA, M.; MERTEN, G.H. **Métodos e técnicas de diagnóstico de sistemas de produção**. In: RIBEIRO, M.F.S. (Coord.). O enfoque sistêmico em P&D: a experiência metodológica do IAPAR. Londrina, IAPAR, 1997. (IAPAR, Boletim Técnico 97).

SABIN, M.A. **Contouring - A Review of Methods for Scattered Data. Mathematical Methods**. In: Computer Graphics and Design, K. Brodlie (ed.), Academic Press, New York: [S.I.], 1980.

SAHR, C. L. **Preservação e revitalização do Sistema Faxinal na região da Mata de Araucária do Paraná: um projeto extensionista**. Revista Conexão UEPG, Ponta Grossa, 2005 (no prelo).

SAHR, C. L.; CUNHA, L. A. G. **O significado social e ecológico dos faxinais: reflexões acerca de uma política agrária sustentável para a região da mata com Araucária no Paraná**. Pesquisa financiada pelo CNPq e pela Fundação Araucária. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2005.

SANDOR, J.A. & FURBEE, L. **Indigenous knowledge and classification of soils in the Andes of Southern Peru**. [S.I.]: Soil Sci. Soc.Am. J., 1996.

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**. 5ª ed, revista e ampliada, Visoça, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J. A.; FUKUMORI, I. **Os solos e o sensoriamento remoto: o uso de imagens Landsat 7 ETM para mapeamento dos horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros da Bahia**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, 2005.

SILVA, B. S. G. **A experiência do SIG e sensoriamento remoto na construção de um gerenciamento participativo na Serra da Mantiqueira**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, 2005.

SILVA, M. **A contribuição de Florestas de Araucária para a sustentabilidade dos Sistemas Faxinais**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SILVA, et. al. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental, avaliação multicritério, Redes Neurais Artificiais**. São Carlos, SP: EduFScar, 2008.

SIMÕES, M. G.; MOURA, H. A. S. **Modelo Digital de Terreno Como Base Cartográfica e Suas Aplicações em Engenharia**. IN: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado, RS: [S. Ed.], 1989.

SIRTOLI, A. E. **Mapeamento de solos com auxílio de atributos do terreno, índices espectrais e geologia integrados por redes neurais artificiais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. (tese)

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. 1 ed. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1975.

VIEIRA, A. J. B.; DELAZARI, L. S. **Fundamentos em Sistemas de Informações Geográficas**. Curitiba: UFPR, 2006. (Apostila do Curso de Especialização de Geotecnologias da Universidade Federal do Paraná).

VERDEJO, M.E. **Diagnóstico Rural Participativo**. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2006, p. 65.