

**MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS, UMA ABORDAGEM
ETNOPEDOLÓGICA, COM O USO DE REDES NEURAIAS
ARTIFICIAIS: UM ESTUDO DE CASO NO FAXINAL TAQUARI
DOS RIBEIROS (PR)**

*Predictive Soil Mapping with Artificial Neural Network use: a case study
in Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR)*

Ingrid Aparecida Gomes

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Departamento de Geociências

Avenida General Carlos Cavalcanti, nº 4748

ingrid_087@hotmail.com

Selma Regina Aranha Ribeiro

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Departamento de Geociências

Avenida General Carlos Cavalcanti, nº 4748

selmar.aranha@gmail.com

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 preditivo dos solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros, localizado no município de Rio Azul (PR), com base no conhecimento da comunidade local. Informações advindas do Sensoriamento Remoto e SIG 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 observações em campo. O mapeamento preditivo dos solos foi realizado por meio da técnica de classificação de Redes Neurais Artificiais (RNA). 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 seis classes de solo segundo o conhecimento local: 1) Terra Arenosa; 2) Terra Vermelha; 3) Terra Roxa; 4) Terra Preta; 5) Terra Branca; e 6) Terra de Cascalho. A técnica de RNA foi capaz de individualizar os solos por meio da integração das variáveis de entrada Imagem SPOT5 e MDT e Sub-bacias, apresentando como resultado final o mapeamento preditivo desses solos.

Palavras-chave: Comunidade Tradicional, Rede Neural Artificial, Mapeamento Preditivo.

Abstract

The Faxinais are a traditional form of peasant organization characteristic of the South-Central region of Paraná, where the occupation of social territory is determined by the shared use of land, although land ownership is private. The faxinalenses have their own techniques for use and management of soils, developed from the local empirical knowledge. The objective of this research was to perform the predictive mapping soil of Faxinal Taquari dos Ribeiros, located in the municipality of Rio Azul (PR), based on knowledge of the local community. resulting information of Remote Sensing and GIS served as the basis for the characterization of the study area and location of the soil. The perception and the way faxinalenses producers classified and used the soil were obtained by field observations. The predictive soil mapping was performed by means of technique classification Artificial Neural

Network (RNA). The results showed that the local community recognizes different soil types in the study area according to the following attributes: color, texture, water infiltration rates, the presence of rocks and minerals, depth, power demand operations with mechanical traction or animal. Six solo classes were defined according to local knowledge: 1) Land Sandy; 2) Red Earth; 3) Purple Earth; 4) Black Earth; 5) White Earth; and 6) Land Gravel. The RNA technique was able to individualize the soil through the integration of the input variables SPOT5 Image and MDT and whater shid, with the final result predictive mapping of these soils.

Keywords: Traditional Community, Artificial Neural Network, Predictive Mapping.

1 INTRODUÇÃO

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 espaço físico do Faxinal é identificado pelo seu sistema de manejo particular, que separa as terras de plantar do criadouro comunitário. 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.

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.

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.

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 GPS (*Global Positioning System*), 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.

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).

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 (MIRANDA et al. 1995), 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, procura-se adequar a Rede Neural Artificial para a classificação das unidades de solos do Faxinal Taquari dos Ribeiros (PR).

As Redes Neurais Artificiais 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 assemelha às estruturas neurais biológicas e que têm capacidade computacional adquirida por meio do aprendizado e generalização, a Figura 1 mostra o esquema de um neurônio biológico.

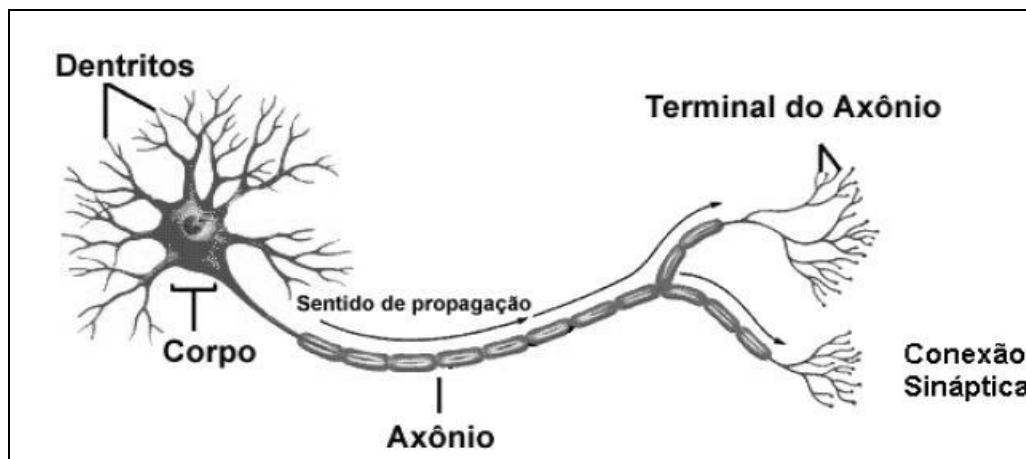


Figura 1 – Esquema de um neurônio biológico
Fonte: Adaptado de MEDEIROS, 2003

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 (BENEDIKTSSON et al., 1990, p. 550).

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 – RNA (ITO, et al., 2000, p. 157).

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, 1999). 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, 1999).

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).

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). 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.

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.

Neste sentido, 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 pedológicas 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 METODOLOGIA

2.1 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 planas do Sistema de Coordenadas UTM: 506.450E metros e 7.169.363N metros à 510.071E metros e 7.163.761N metros, a cerca de 20 km da área urbana de Irati (Figura 2). O município de Rio Azul faz limite com os municípios de Irati, Mallet, Rebouças, Inácio Martins, Cruz Machado e São Mateus do Sul.

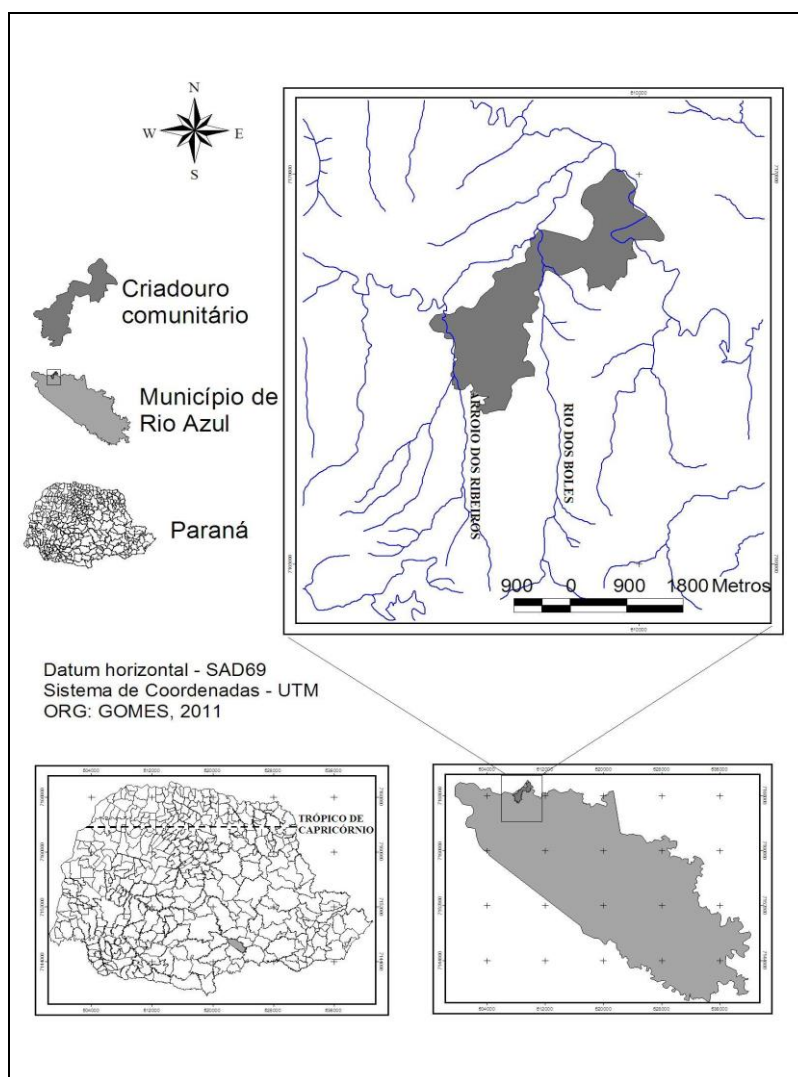


Figura 2 – Localização do Faxinal Taquari dos Ribeiros, município de Rio Azul, Paraná.

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.

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.

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).

Segundo a classificação de Köppen (1936), o clima da região é classificado como Cfb (clima temperado marítimo), 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).

A cobertura vegetal da região era, 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, 2006). As áreas são destinadas ao cultivo de fumo para fins comerciais e cultivo de milho, mandioca, cebola, batata, para fins de subsistência.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os softwares utilizados para a elaboração desta pesquisa foram: ARCVIEW 3.2/ARCGIS 9: produzido pela *Environmental Systems Research Institute, Inc.* (ESRI®); ENVI 3.6: produzido pela *The Environment for Visualizing Images Copyright (C) 2002, Research Systems, Inc.*

Os materiais utilizados para a elaboração desta pesquisa foram: Folha Topográfica de Rio Azul SG22-X-C-IV-1 na escala 1:50.000 no formato digital com extensão jpg; 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; Receptor “*Global Positioning System*” (GPS) de navegação da marca Garmin modelo GPS5; 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.

Na fase inicial da confecção do mapa preditivo de solos, foi realizada a vetorização de unidades pedológicas a partir das informações obtidas em campo com base no conhecimento da comunidade faxinalense. A este mapa preliminar foram agregadas outras informações acerca dos solos após sucessivas investigações em campo. A Figura 3 apresenta, em forma de diagrama de

blocos, as etapas de trabalho realizadas para classificação e mapeamento preditivo pedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros mediante as Redes Neurais Artificiais.

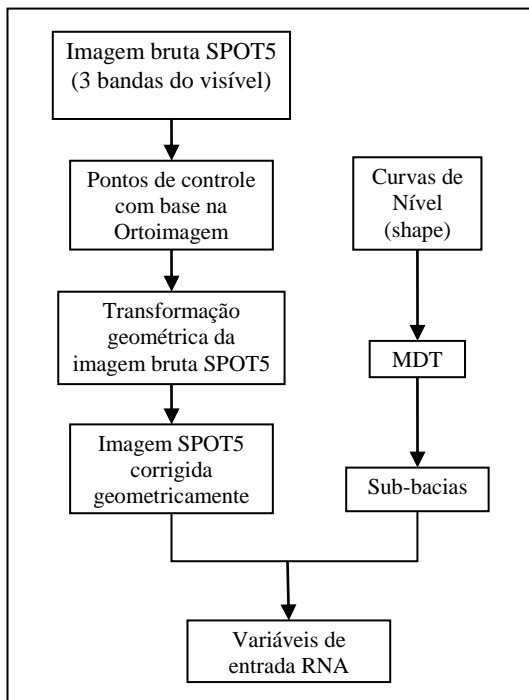


Figura 3 – Etapas de trabalho realizadas para obtenção das variáveis de entrada da RNA

Foi realizada a transformação geométrica da imagem SPOT5 com o uso do *software* ENVI 3.6 e, com as curvas de nível vetorizadas no *software* ARCVIEW 3.2 com base na Folha Topográfica de Rio Azul, foi produzido o MDT e as Sub-bacias obtidos pelo *software* ARCGIS 9. 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 4), 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.

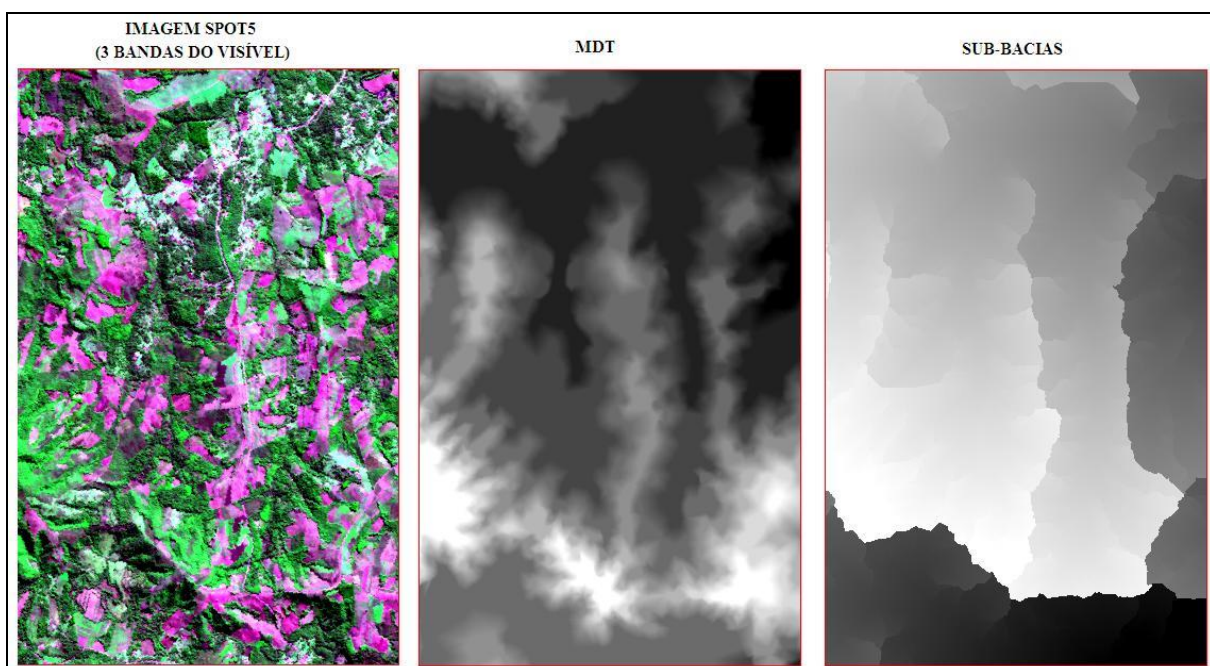


Figura 4 – Variáveis de entrada para realização de testes de classificação digital dos solos reconhecidos pela comunidade do Faxinal Taquari dos Ribeiros

Na predição das unidades de mapeamento dos solos 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 dever 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, o qual o número depende da complexidade do conjunto de dados.

- *Number of Training Iterations* (Número de iterações do treinamento): número de ciclos de treinamento necessários para minimizar o erro desejado.

A partir da identificação dos solos realizada pelos faxinalenses, foram definidas e espacializadas seis unidades pedológicas, as quais serviram de guia para coleta de amostras puras e representativas. Os solos a serem classificados segundo a nomenclatura utilizada pelos próprios produtores são: Terra Arenosa, Terra Vermelha, Terra Preta, Terra Branca, Terra Roxa e Terra

de Cascalho.

A partir da Ortoimagem contendo as unidades de mapeamento dos solos identificadas pelos faxinalenses, 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 (solos), foram selecionados 100 *pixels* de amostras puras e representativas. A Figura 5 ilustra o croqui das amostras de treinamento elaborado no ARCVIEW 3.2 pelo método de sobreposição das variáveis correspondente a área de estudo.

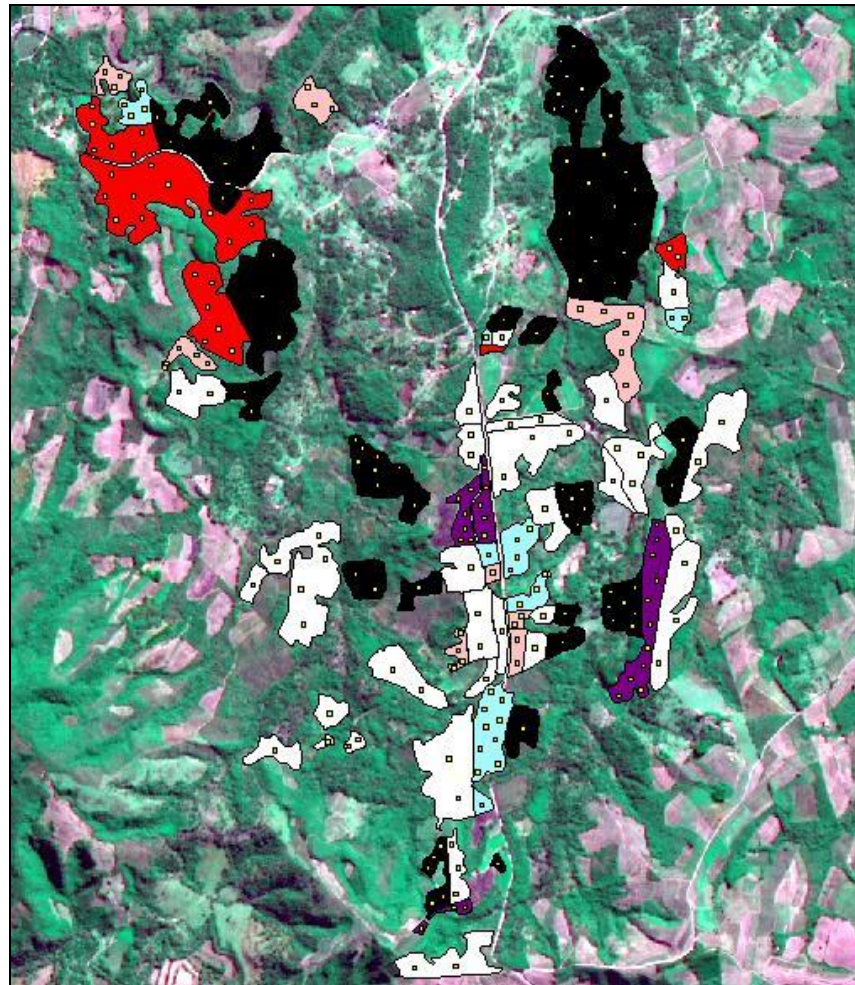


Figura 5 – Croqui da distribuição das amostras de treinamento da RNA.

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 solos mediante RNA.

O método de aprendizagem é uma das partes decisivas do sistema de RNA, é o que diferencia dos algoritmos convencionais para classificação. Uma das maiores dificuldades no uso da Rede Neural é a escolha da melhor arquitetura que é realizada mediante testes, com diferentes configurações e variados métodos de aprendizagem. Na arquitetura da RNA a entrada e a saída

da rede são precisas, pois a primeira é definida em função do número de variáveis de entrada e a segunda pelo número de classes de saída. Porém, a camada intermediária da rede, não apresenta uma resposta clara, pois o número ideal de camadas escondidas depende da aplicação (MURNION 1996, p. 996).

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 6.

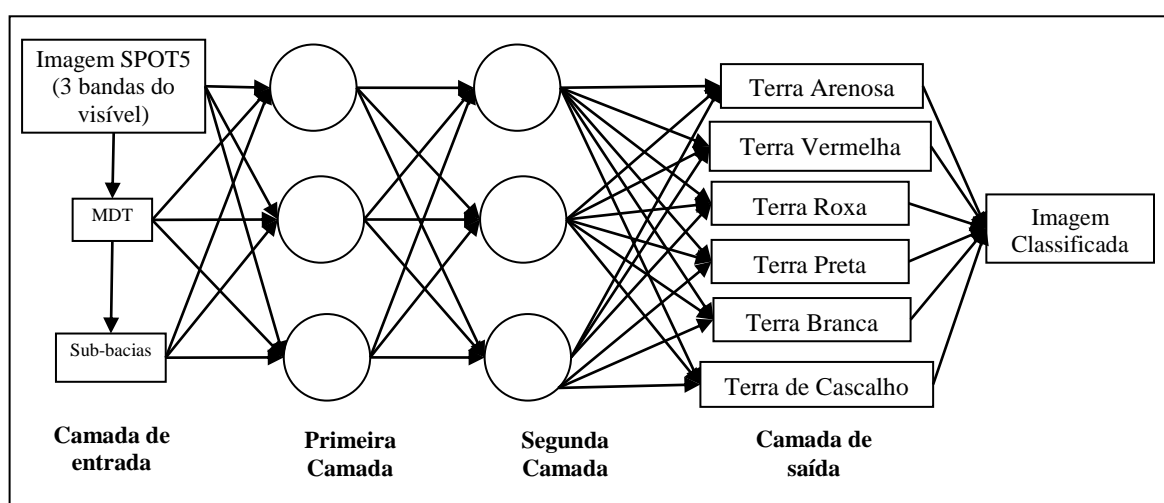


Figura 6 – Arquitetura da Rede Neural Artificial para classificação pedológica do Faxinal Taquari dos Ribeiros segundo informações dos produtores

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 1.

| NÚMERO DE VARIÁVEIS DE ENTRADA | VARIÁVEIS AVALIADAS |
|--------------------------------|---|
| 2 | Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), MDT |
| 2 | Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), SUB-BACIAS |
| 1 | Imagem SPOT5 (3 bandas do visível) |
| 3 | Imagem SPOT5 (3 bandas do visível), MDT, SUB-BACIAS |

Quadro 1 – Variáveis de entrada avaliadas 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros utilizados para os testes de classificação das diferentes combinações de variáveis de entrada.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados para os testes de RNA.

| | |
|---------------------------------|------|
| Training Threshold Contribution | 0,3 |
| Training Rate | 0,9 |
| Training Momentum | 0,6 |
| Training RMS Exit Criteria | 0,1 |
| Number of Hidden Layers | 1 |
| Number of Training Iterations | 2500 |
| RMS | 0,56 |

Os primeiros testes de classificação dos solos mediante RNA foram realizados com duas variáveis de entrada sendo: Imagem SPOT5 (três bandas do visível) e MDT. O resultado do melhor teste da classificação da Imagem SPOT5 e MDT dos solos mediante RNA, é apresentado na Figura 7.

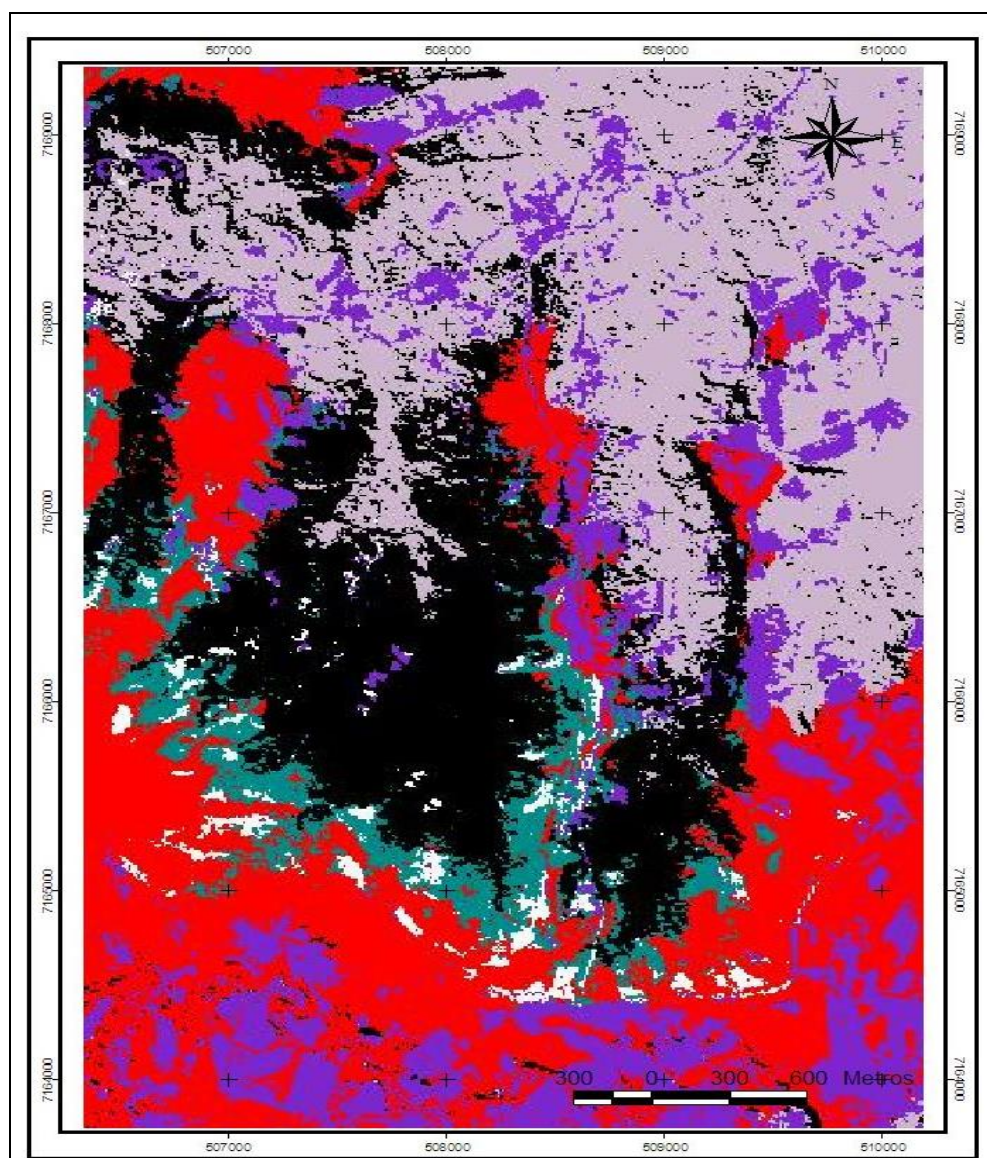


Figura 7 – Teste da RNA com a Imagem SPOT5, MDT e Sub-bacias

A classificação das variáveis Imagem SPOT5 e MDT 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.

A segunda série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento foi realizada com duas variáveis de entrada, sendo a Imagem SPOT5 e as Sub-bacias. O melhor teste desta série está apresentado na Figura 8.

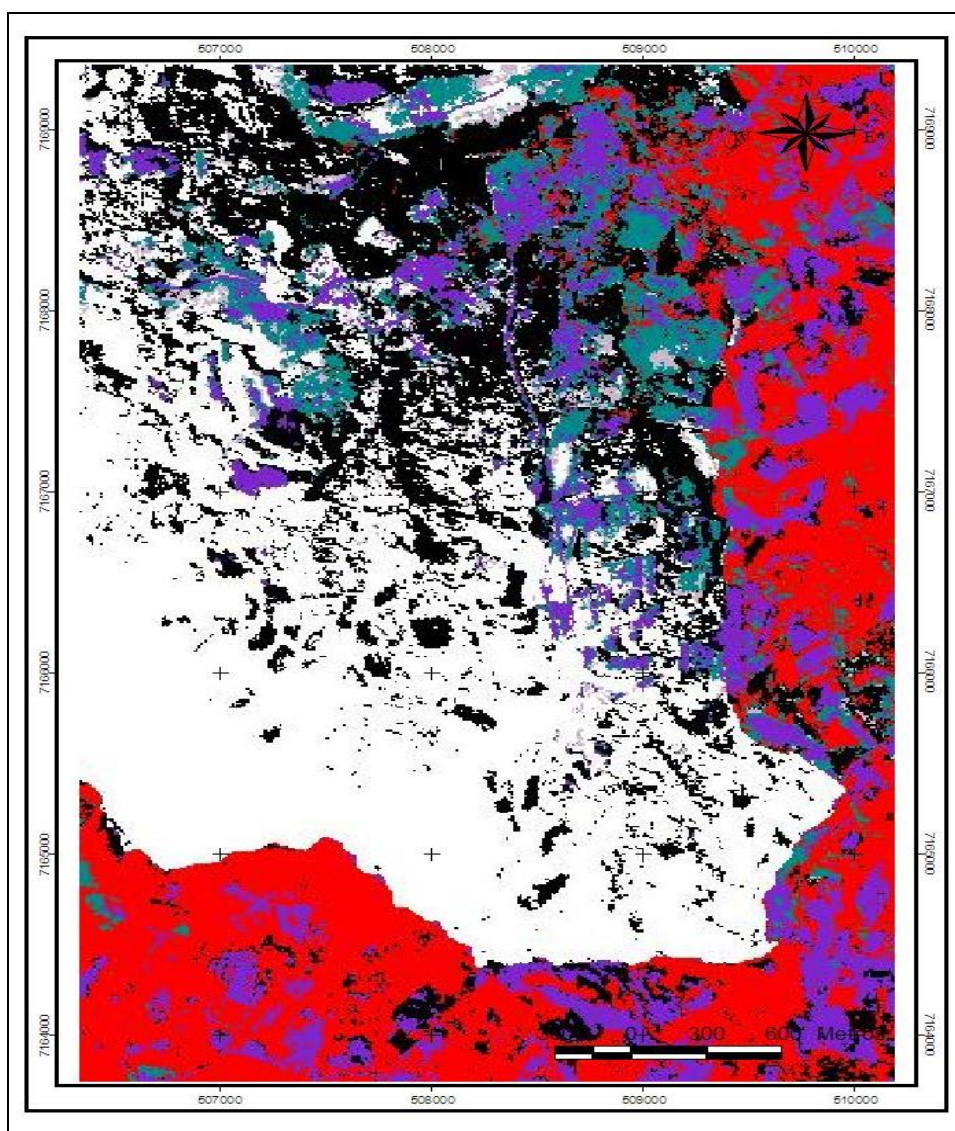


Figura 8 – Teste da RNA com a Imagem SPOT5 e Sub-bacias

Os testes com a combinação das variáveis Imagem SPOT5 e Sub-bacias não foram satisfatórios visualmente, pois não contemplou todos os solos 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 9.

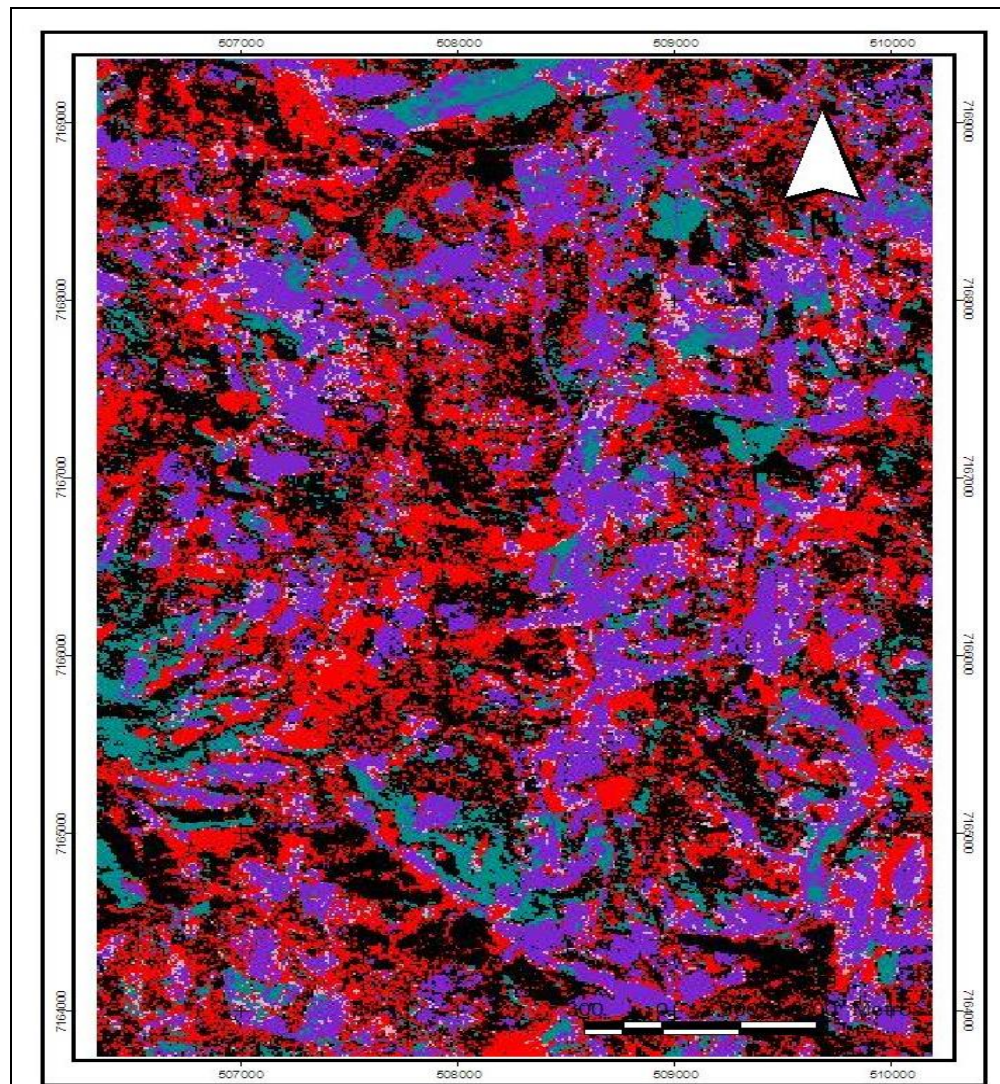


Figura 9 – Teste da RNA com a Imagem SPOT5

O teste feito somente com a variável Imagem SPOT5, visualmente, foi o que apresentou o pior resultado, pois não classificou a Terra de Areia e a distribuição espacial das classes dos solos 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.

A última série de testes foi com as variáveis de entrada Imagem SPOT5, MDT e Sub-bacias, o melhor resultado desta série está apresentado na figura 10.

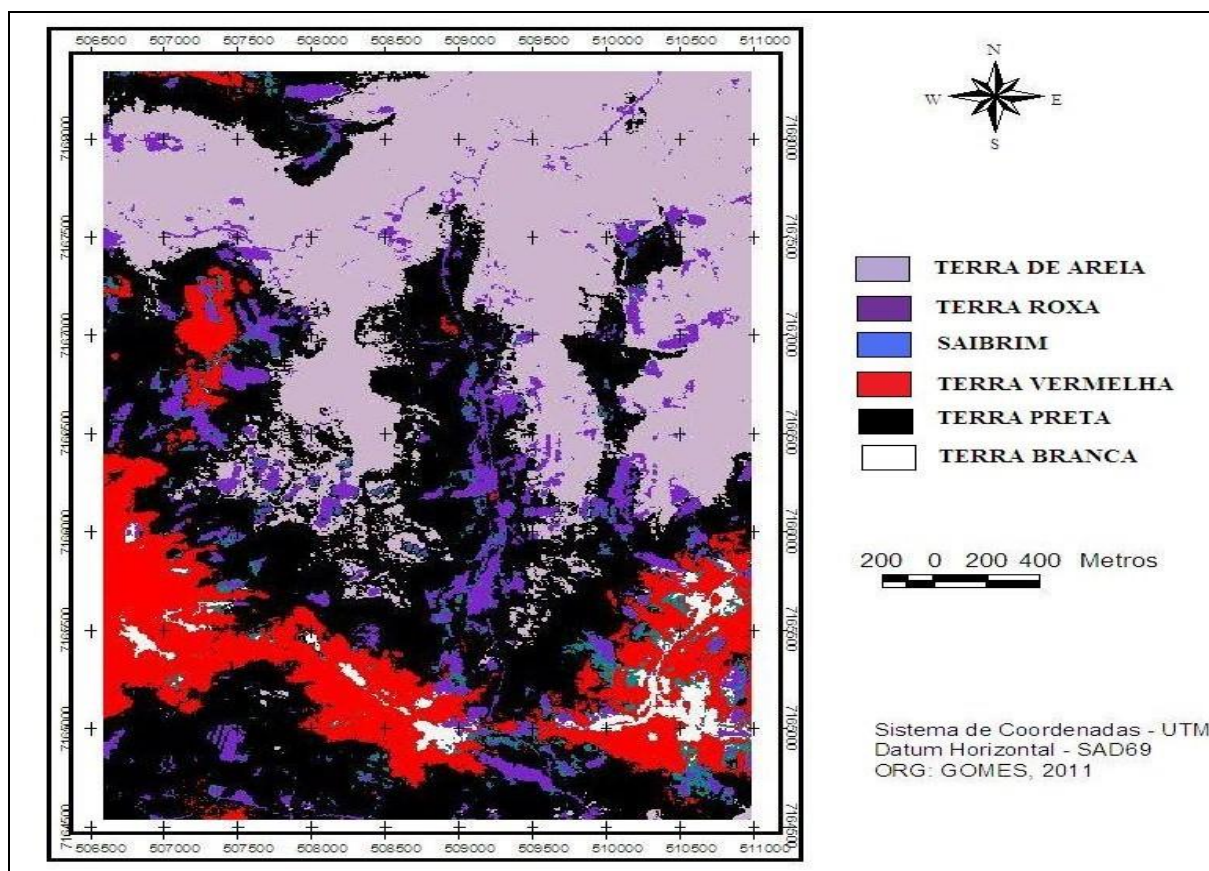


Figura 10 – Mapa preditivo etnopedológico do Faxinal Taquari dos Ribeiros

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, MDT e Sub-bacias. Todas as classes de solos foram classificadas e a separabilidade das mesmas se deu conforme a realidade observada em campo, portanto, o mapeamento preditivo de solos se deu em relação a nomenclatura utilizada pelos faxinalenses para reconhecimento dos solos, classificados 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 solos conforme as classes determinadas, de acordo com a realidade dos produtores faxinalenses.

3 CONCLUSÕES

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 solos 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.

Para a classificação pedológica 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 mais detalhes espaciais do que o mapa de solos, devido ao fato de a 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 seria difícil de ser 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 solos mediante RNA, foram satisfatórios, mostraram-se condizentes com a realidade reconhecida pelos produtores faxinalenses.

Referências Bibliográficas

ANTONIO, J. N. **Mapeamento de áreas potenciais a implantação de aterro sanitário em Guarapuava – PR, com uso de Redes Neurais Artificiais**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, p. 70, 2009.

BAIRRAL, M. A. **O Conceito de Escala e a Arquitetura Das Plantas Baixas**. 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, São José dos Campos, São Paulo, 2006.

BENEDIKTSSON, J. A; SWAIN, P. H; ERSOY, O. K. **Neural Network approaches versus statistical methods in classification of multisource Remote Sensing data**. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990.

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: Instituto Agrônomo do Paraná, 1988.

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.

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

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

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

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.

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

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

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

MURNION, S. 1996. **Comparison of back propagation and binary diamond neural networks in the classification of LandSat TM image**. Computers Geosciences, v. 22, n.9, p. 995 – 1001.

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**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

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.

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



12º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial
10º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os países do Mercosul
7º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os países da América Latina
ISBN 1980 - 4520

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.

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