

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

JANAINA NATALI ANTONIO

**MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO EM GUARAPUAVA-PR, COM USO DE REDES NEURAIAS  
ARTIFICIAIS**

PONTA GROSSA

2009

JANAINA NATALI ANTONIO

**MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO EM GUARAPUAVA-PR, COM USO DE REDES NEURAIAS  
ARTIFICIAIS**

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.

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

PONTA GROSSA

2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

A635m                    Antonio, Janaina Natali  
                                 Mapeamento de áreas potenciais a implantação de aterro  
                                 sanitário em Guarapuava-PR, com uso de redes neurais artificiais. /  
                                 Janaina Natali Antonio. Ponta Grossa, 2009.  
                                 128 f.  
                                 Dissertação ( Mestrado em Geografia - Linha de Pesquisa :  
                                 Gestão do Território ) - Universidade Estadual de Ponta Grossa.  
                                 Orientadora : Profa. Dra. Selma Regina Aranha Ribeiro

                                 1. Gerenciamento integrado. 2. Aterro sanitário 3. Resíduos  
                                 Sólidos Domiciliares . 4. Redes Neurais Artificiais .  
                                 5. Guarapuava-PR. I. Ribeiro, Selma Regina Aranha. II. T

CDD : 628.44

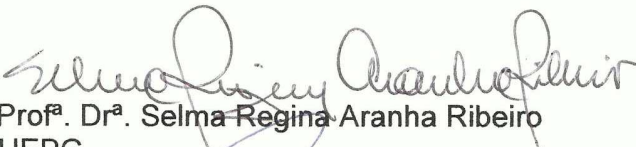
## TERMO DE APROVAÇÃO

JANAINA NATALI ANTONIO

“MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO EM GUARAPUAVA-PR, COM USO DE REDES NEURAIS  
ARTIFICIAIS”

Dissertação aprovada como requisito parcial para 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.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Selma Regina Aranha Ribeiro  
UEPG

Prof. Dr. Ivo Mario Matias  
UEPG

  
Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes  
UNESP/PP

Ponta Grossa, 17 de setembro de 2009

## **AGRADECIMENTOS**

As nossas escolhas são decisivas para o resultado que esperamos obter em nossas vidas, a opção de seguir em frente nem sempre é a mais simples, e para poder trilhar este caminho é preciso coragem, e também ajuda. Desta forma, agradeço todas as pessoas que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para esta realização. Assim gostaria de agradecer as seguintes pessoas:

A orientadora Selma Regina Aranha Ribeiro pela confiança, por acreditar em meu trabalho desde o início e pela paciência nos momentos difíceis;

A amiga orientadora Marquiana de Freitas Vilas Boas Gomes pelo incentivo em continuar na vida acadêmica e por me ajudar a ver o mundo de forma mais otimista;

A colega de turma e amiga das longas viagens até Ponta Grossa, Marli Aparecida Alberti pelas nossas infinitas discussões filosóficas e pelos bons conselhos;

Aos professores João Osvaldo Rodrigues Nunes e Ivo Mario Matias pelas contribuições ao trabalho;

A minha família pelo apoio indispensável em todos os momentos;

Aos bons amigos que junto comigo acreditam que um mundo melhor é possível, que a saudade que sentimos é a prova de que vivemos bons momentos e que o futuro é algo que não devemos nos preocupar se estamos batalhando e fazendo o melhor possível em nosso presente.

Obrigada.

## RESUMO

A grande produção de resíduos sólidos domiciliares e a sua destinação final inadequada no ambiente têm se tornado um problema, principalmente nos centros urbanos. Para que medidas eficientes possam ser tomadas, é necessário o conhecimento da realidade local, para assim poder atuar diretamente na base desta questão. O atual sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Guarapuava-PR tem como forma de destino final o "lixão" a céu aberto, o qual causa uma série de danos ao ambiente e a população que reside nas proximidades. Considerando esta situação, a administração municipal tem como proposta a construção de um aterro sanitário. Para a implantação deste devem ser considerados critérios técnicos, políticos e sociais, para a escolha de uma área adequada. Este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento de áreas com potencialidade de implantação de aterro sanitário em Guarapuava-PR, utilizando a metodologia baseada na classificação supervisionada, por Redes Neurais Artificiais (RNA). Para a classificação foram realizados uma série de testes com variações do número de camadas de entrada, e nos parâmetros da RNA, desta forma foram obtidos diferentes resultados na camada de saída. Os melhores resultados foram obtidos com a arquitetura composta por 5 camadas de entrada e com 2 neurônios na camada escondida e com alterações das variáveis de limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica do treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0500 e o número de iterações de 2000, sendo considerada a arquitetura ideal para este tipo de classificação.

**Palavras chaves:** Aterro Sanitário, Resíduos Sólidos Domiciliares, Redes Neurais Artificiais, Guarapuava-PR.

## ABSTRACT

The large production of solid waste and its wrong final destination in the environment have become a problem, especially in urban centers. For what effective measures can be taken, it is necessary to know the local reality, thus to be able act directly in the base of this question. The current system of managing solid residues in the municipality of Guarapuava-PR has as final destination the open atmosphere in "garbage", which causes a number of detriment to the environment and the people who live nearby. Considering this situation, the municipal administration has as proposal the construction of the one sanitary embankment. For the implementation of this must be considered technical criteria, politicians and social, for select an appropriate area. This work aims to carry through the mapping of areas with potential for deployment of sanitary embankment in Guarapuava-PR, using the methodology based on classification by Artificial Neural Networks (ANN). For classification were performed a series of tests with variations in the number of layers of input, and the parameters of the RNA, thus different results were obtained in the output layer. The best results were obtained with the architecture consists of 5 layers of input and 2 neurons in the hidden layer and change the variables of threshold training 0.8000, 0.1000 learning rate, dynamic training of 0.8000, mean square error of 0.0500 and number of iterations of 2000, is considered the ideal architecture for this type of classification.

**Keywords:** sanitary embankment, solid waste, Artificial Neural Networks, Guarapuava-PR.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Produção per capita de lixo domiciliar em kg/dia , por existência de balança, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 .....	34
FIGURA 02: Percentual do volume de lixo coletado, por tipo de destino final, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000 .....	36
FIGURA 03: Ilustração de um aterro sanitário .....	37
FIGURA 04: Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares em Guarapuava/PR ....	52
FIGURA 05: Esquema de um neurônio biológico .....	57
FIGURA 06: Neurônio artificial projetado por <i>McCulloch</i> .....	59
FIGURA 07: Exemplo de um neurônio .....	60
FIGURA 08: Arquitetura de uma rede neural <i>multilayer perceptron</i> .....	64
FIGURA 09: Arquitetura de uma rede neural <i>feed-forward</i> .....	65
FIGURA 10: Arquitetura de uma rede neural <i>feed-back</i> .....	66
FIGURA 11: Localização da área de estudo.....	71
FIGURA 12: Mapa da área de estudo .....	72
FIGURA 13: Diagrama de blocos - procedimentos .....	74
FIGURA 14: <i>Buffers</i> da hidrografia .....	75
FIGURA 15: Mapa do perímetro urbano de Guarapuava e área de estudo .....	76
FIGURA 16: Mapa da geologia .....	79
FIGURA 17: Mapa da geomorfologia .....	81
FIGURA 18: Modelo Digital do Terreno .....	82
FIGURA 19: Mapa da declividade do terreno .....	84
FIGURA 20: Exemplo da RNA com dados de entrada, arquitetura (processamentos) e saída (classes) para análise das áreas aptas a implantação de aterro sanitário .....	85
FIGURA 21: Croqui de amostras no <i>Arc View 3.2a</i> .....	87
FIGURA 22: Distribuição das amostras .....	88
FIGURA 23: Organização das variáveis de entrada no <i>ENVI 4.4</i> .....	88
FIGURA 25: Resultado da classificação da arquitetura 1 (5,1) .....	96
FIGURA 26: Resultado da classificação da arquitetura 2 (5,1) .....	97
FIGURA 27: Resultado da classificação da arquitetura 7 (5,2) .....	98
FIGURA 28: Resultado da classificação da arquitetura 1 (4,1) .....	101
FIGURA 29: Resultado da classificação da arquitetura 3 (4,1) .....	102
FIGURA 30: Resultado da classificação da arquitetura 6 (4,2) .....	103
FIGURA 31: Resultado da classificação da arquitetura 1 (3,1) .....	105
FIGURA 32: Resultado da classificação da arquitetura 6 (3,1) .....	106



FIGURA 33: Resultado da classificação da arquitetura 5 (3,1) .....	107
FIGURA 34: Localização das área de validação .....	108
FIGURA 35: Resultado da classificação da arquitetura 5 (5,2) .....	116
FIGURA 36: Resultado da classificação da arquitetura 4 (4,2) .....	117
FIGURA 37: Resultado da classificação da arquitetura 7 (3,2) .....	118

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Resultados das classificações com 5 variáveis de entrada.....	95
TABELA 02: Resultados das classificações com 4 variáveis de entrada.....	100
TABELA 03: Resultados das classificações com 3 variáveis de entrada.....	104
TABELA 04: Resultados das classificações com 5 variáveis de entrada.....	114
TABELA 05: Resultados das classificações com 4 variáveis de entrada.....	116
TABELA 06: Resultados das classificações com 3 variáveis de entrada.....	118

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Quantidade diária de lixo coletado em t/dia, nas regiões metropolitanas do país .....	33
QUADRO 02: Critérios técnicos segundo a ABNT / NBR 10.157.....	43
QUADRO 03: Tipos de licença .....	46
QUADRO 05: Classes de altitude.....	83
QUADRO 06: Classes de declividade.....	84
QUADRO 07: Quantidade de <i>pixels</i> coletados por classe .....	89
QUADRO 08: Variáveis de entrada avaliadas .....	90
QUADRO 09: Indicação das áreas de validacao dos testes .....	92
QUADRO 10: Quantidade de <i>pixels</i> coletado por classes .....	93
QUADRO 11: Características da classe: Indicada com preferência.....	109
QUADRO 12: Características da classe: Indicada .....	110
QUADRO 13: Características da classe: Indicada com restrição.....	111
QUADRO 14: Características da classe: Não indicada.....	113

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTO 01: Área do lixão municipal de Guarapuava-PR .....	53
FOTO 02: Catadores coletando materiais no lixão municipal .....	53
FOTO 03 e 04: Áreas com características indicada com preferência .....	109
FOTO 05 e 06: Áreas com características indicada.....	110
FOTO 07 e 08: Área com características indicada com restrição .....	112
FOTO 09 e 10: Área com características não indicadas.....	113

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACPG – Associação dos Catadores de Papel de Guarapuava  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
EIV – Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança  
GIRS – Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos  
IA – Inteligência Artificial  
IAP – Instituto Ambiental do Paraná  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPT/SP – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo  
LI – Licença de Instalação  
LO – Licença de Operação  
LP – Licença Prévia  
MDT – Modelo Digital do Terreno  
NBR – Norma Brasileira Registrada  
ONG – Organização Não Governamental  
PSNB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico  
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada  
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental  
RNA – Rede Neural Artificial  
RSSS – Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SEDU – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano  
SEMAFLOR – Secretaria de Meio Ambiente e Florestamento  
SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
SURG – Secretaria de Serviços Urbanos de Guarapuava

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 01 – A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E AS RELAÇÕES ENTRE A SOCIEDADE E A NATUREZA</b> .....	18
1.1. A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E O AMBIENTE.....	18
1.2. DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL DO ESPAÇO URBANO .....	22
<b>CAPÍTULO 02 – A PRODUÇÃO E O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESPAÇO URBANO</b> .....	26
2.1. CULTURA DO CONSUMO .....	26
2.2. O AUMENTO NA PRODUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESPAÇO URBANO .....	31
2.3. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	35
2.4. CRITÉRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS .....	40
2.4.1. Critérios econômicos.....	41
2.4.2. Critérios políticos e sociais .....	41
2.4.3. Procedimentos para a implantação de aterros sanitários no Estado do Paraná .....	44
<b>CAPÍTULO 03 – O GERENCIAMENTO E A IMPLANTACAO DO ATERRO SANITÁRIO EM GUARAPUAVA-PR</b> .....	48
3.1. O PROGRAMA DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPUAVA-PR .....	48
3.1.1. O tratamento dos Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde e a Coleta Seletiva .....	49
3.1.2. A destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos .....	51
3.1.3. O projeto de aterro sanitário municipal .....	54

<b>CAPÍTULO 04 – USO E CONTRIBUICAO DA TECNOLOGIA DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO .....</b>	<b>56</b>
4.1. INSPIRAÇÃO BIOLÓGICA .....	56
4.2. VANTAGENS DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS .....	57
4.3. ARQUITETURA E ATIVAÇÃO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL .....	59
4.4. APRENDIZADO DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS .....	66
4.5. EXPERIÊNCIAS DA APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS PARA PLANEJAMENTOS .....	69
<b>CAPÍTULO 05 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>71</b>
5.1. ÁREA DE ESTUDO .....	71
5.2. MATERIAIS CARTOGRÁFICOS .....	72
5.3. PROGRAMAS .....	73
5.4. MÉTODOS .....	73
5.4.1. Variáveis de Entrada .....	73
5.4.1.1. Hidrografia .....	75
5.4.1.2. Perímetro Urbano .....	76
5.4.1.3. Geologia e Solos .....	77
5.4.1.4. Relevo .....	80
5.4.2. Redes Neurais Artificiais .....	84
5.4.2.1. Coleta de Amostras de Treinamento Puras e Representativas de Cada Classe .....	87
5.4.2.2. Avaliação da Influencia das Variáveis de Entrada .....	89
5.4.2.3. Arquitetura das Redes e Algoritmo de Treinamento .....	90
5.4.2.4. Validação dos testes .....	92
<b>CAPÍTULO 06 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>94</b>
6.1. RESULTADO DO TREINAMENTO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL .....	94

6.1.1. Resultados dos Testes com 5 Camadas de Entrada .....	94
6.1.2. Resultados dos Testes com 4 Camadas de Entrada .....	99
6.1.3. Resultados dos Testes com 3 Camadas de Entrada .....	104
6.2. VERIFICAÇÃO DE CAMPO .....	107
6.2.1. Área 01 .....	108
6.2.2. Área 02 .....	110
6.2.3. Área 03 .....	111
6.2.4. Área 04 .....	112
6.3. RESULTADO DO TREINAMENTO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL APÓS A VERIFICAÇÃO DE CAMPO .....	113
6.3.1. Resultados dos Testes com 5 Camadas de Entrada .....	113
6.3.2. Resultados dos Testes com 4 Camadas de Entrada .....	116
6.3.3. Resultados dos Testes com 3 Camadas de Entrada .....	118
<b>CONSIDERAÇÕES</b> .....	120
<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	121
<b>REFERENCIAS</b> .....	122

## INTRODUÇÃO

O município de Guarapuava está situado no centro-sul do Estado do Paraná. A cidade possui aproximadamente 172.725 (IBGE, 2009) habitantes e atinge regionalmente uma significativa relevância quanto aos aspectos econômicos. Até a década de 70, do século XX, sua população estava concentrada na área rural, após este período transformações econômicas nacionais repercutiram no município mediante o aumento do êxodo rural. Com isso, houve uma ampliação da densidade populacional e o aumento de vários problemas ambientais urbanos, relacionados à expansão urbana e as desigualdades sociais (SILVA, 1995), entre eles a questão do aumento da produção e a destinação final dos resíduos domiciliares.

Assim, os resíduos têm se constituído num tema relevante, visto que sua questão envolve a disposição adequada, já que o excesso de sua produção sem o tratamento necessário compromete o ambiente em vários aspectos: físicos, econômicos e sociais.

Os resíduos sólidos domiciliares são recolhidos por caminhões da SURG (Secretaria de Servios Urbanos de Guarapuava), através do sistema de porta em porta e destinados ao lixão a céu aberto. O depósito conta com diversos problemas, pelo fato de não atender as normas adequadas à destinação final dos resíduos.

As áreas receptoras dos materiais são, via de regra, locais que perdem valor econômico e estão sujeitas ao comprometimento do lençol freático, odores, concentração de vetores, e ainda quanto aos aspectos sociais envolvem, por exemplo, aqueles que sobrevivem de sua coleta.

O processo de coleta, tratamento e disposição dos resíduos sólidos deve contar com um planejamento adequado, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos. Cabe a administração pública o planejamento sobre como gerir os resíduos sólidos, de acordo com as condições locais. Uma das medidas para adequação do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos em Guarapuava-PR é a construção do aterro sanitário municipal, pois permitirá que

os resíduos recebam uma destinação final adequada, minimizando os impactos causados pela sua disposição, porém, para a sua implantação é necessário atender uma série de critérios, principalmente relacionados a escolha de áreas adequadas.

Um instrumento que pode auxiliar no conhecimento de áreas e situações é a cartografia, pois esta tem como função a representação da superfície terrestre de forma clara e precisa, possibilitando a identificação das características geométricas da natureza e de outras particularidades dos objetos e fenômenos observados facilitando desta forma, a compreensão espacial dos fenômenos através da construção de cartas, mapas, plantas e outras (MARTINELLI, 1998, SIMIELLI, 2003).

No processo de gerenciamento, é preciso ter uma visão ampla do espaço em questão e de como representá-lo. Segundo Lacoste (1988), pensar o espaço envolve a compreensão da sua totalidade, ou seja, temos que ter uma visão ampla e conjunta de suas interações, para tal a Geografia tem por excelência a carta, que permitem certo domínio político e matemático do espaço.

Com o desenvolvimento da cartografia digital, geoprocessamento, SIG (Sistemas de Informação Geográfica), entre outros, tem contribuído sobremaneira para o reconhecimento dos fenômenos geográficos e para as atividades ligadas a tomada de decisão.

A aplicação de técnicas de geoprocessamento é extremamente útil para o planejamento municipal, pois reúne aplicativos que permitem coletar, armazenar, recuperar, transformar inferir e representar visualmente dados espaciais e também estatísticos ou textuais a eles relacionados, a partir de uma base de dados georreferenciada (XAVIER, 2000).

Uma técnica que vem se desenvolvendo são as Redes Neurais Artificiais (RNA), pois segundo Medeiros (1999) na geografia, como em muitos outros ramos da ciência está havendo um rápido e crescente interesse na



aplicação de métodos neurocomputacionais, que por sua vez, são novas técnicas que podem vir a complementar os métodos existentes.

Como na geografia muitos métodos de análise quantitativa e modelagem inserem-se na classe dos problemas complexos, a justificativa corrente é a promessa de uma melhora no desempenho e na eficiência, na diminuição das suposições críticas, na grande facilidade de tratamento de problemas complexos, na expansão da aplicabilidade dos métodos computacionais quantitativos e na automação. (MEDEIROS, 1999)

As redes neurais artificiais (RNA) caracterizam-se por unidades de processamento que se comunicam através de ligações que formam uma rede de processamento altamente conectada, e pelo fato de não serem paramétricas apresentam vantagens em comparação a outros classificadores, realizando reconhecimento de padrões com uma quantidade amostras de treinamento pequena. Além disto, são capazes de classificar dados advindos de diversas origens com diferentes escalas (RIBEIRO, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo testar a metodologia de classificação por Redes Neurais Artificiais e verificar seus resultados no mapeamento de áreas com potencial de implantação do aterro sanitário no município de Guarapuava-PR. Para a classificação foram utilizados critérios como a distancia da área urbana, dos cursos d'água e vias de acesso, declividades, características geológicas.

O estudo está estruturado em 7 capítulos. O primeiro capítulo refere-se a questão da produção do espaço urbano e as relações entre a sociedade e a natureza, abordando as interferências desta relação na produção dos resíduos sólidos.

O capítulo 2 trata sobre as mudanças ocorridas nos padrões de consumo tendo como consequência, o aumento da produção dos resíduos sólidos no espaço urbano. Mostra formas de disposição final de resíduos, destacando o aterro sanitário como uma alternativa adequada de disposição final, e os critérios (técnicos, econômicos, sociais e políticos) para sua implantação, bem como os critérios adotados pelo estado do Paraná.

O capítulo 3 apresenta o programa de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Guarapuava-PR, como é realizado o tratamento dos resíduos do serviço de saúde, a organização da Associação dos Catadores de Papel de Guarapuava e o seu papel na coleta seletiva. Mostra a atual forma de disposição final dos resíduos, o lixão, e o projeto de construção do aterro sanitário municipal.

O capítulo 4 aborda sobre as Redes Neurais Artificiais, nesta seção são apresentados as características biológicas das RNA, as vantagens de sua utilização, a arquitetura e ativação da RNA, o funcionamento de um neurônio artificial, o aprendizado das RNA, e exemplos de sua aplicação em estudos de planejamentos.

O capítulo 5 contém os procedimentos metodológicos. Neste é feita a descrição dos materiais cartográficos, programas e da área de estudo. São apresentadas o pré processamento das variáveis de entrada da RNA: hidrografia, perímetro urbano, geologia e o relevo. Consta sobre a utilização das RNA, a forma da coleta de amostras de treinamento, as variáveis de entrada e a arquitetura da RNA e algoritmo de treinamento, e o procedimento para validação dos testes realizados.

No capítulo 6 são apresentados os resultados e discussões, influência das variáveis de entrada, o desempenho da RNA e as melhores classificações obtidas.

Em seguida as considerações finais do trabalho e as referências utilizadas no estudo.

## **CAPÍTULO 1**

### **A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E AS RELAÇÕES ENTRE A SOCIEDADE E A NATUREZA**

#### **1.1. A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E O AMBIENTE**

Em busca de compreender as atuais questões ambientais e seus problemas, principalmente os que se referem aos resíduos sólidos, entende-se que seja necessário compreender qual a dinâmica das relações entre a sociedade e a natureza e os fatores que contribuíram para sua existência e/ou aumento.

De acordo com os apontamentos de Rodrigues (1998), para se alcançar este entendimento é preciso não separar a natureza da sociedade, rompendo com a concepção desta, como um agente externo, com função única de servir o homem, e deste, como um ser superior.

É preciso pensar a natureza na sua globalidade e dinâmica, considerando a diversidade social e as formas pelas quais a sociedade a transforma e produz o espaço social.

Este espaço é produzido socialmente, e surge como uma categoria representável para a análise científica, podendo ser encarado como um elo palpável de articulação da sociedade com a natureza e com as demais forças que agem no seu processo de produção.

Na geografia o conceito de espaço adquire importância fundamental sendo reconhecido como um de seus conceitos norteadores. Como aponta Suertegaray (2001) o espaço se constituíra, na categoria central para a Geografia que, por vezes, confunde-se com o seu próprio objeto.

Esta categoria é concebida com forma e grau de importância distinta dentro das correntes da geografia, e entre os autores, que são influenciados por momentos históricos, necessidades e interesses. Conforme Harvey (1973 apud CORRÊA, 1995), as diferentes práticas humanas estabelecem os diferentes

conceitos de espaço, conceitos que sob determinadas circunstâncias passam a ser por nós empregados.

Com a eclosão da corrente crítica da geografia, que no Brasil se deu a partir da década de 80 do século XX, influenciada pelo livro de Lacoste (1988), busca problematizar a geografia como um saber estratégico, importante para o conhecimento e ação do/no espaço, propõe que pensá-lo em sua totalidade, ou seja, temos que ter uma visão ampla e conjunta de suas interações.

Esta corrente, fundamentada no materialismo histórico e na dialética, bem como na inclusão de matrizes teóricas relacionadas a fenomenologia e ao humanismo, pauta-se nas discussões atreladas às lutas de classes, ao sistema econômico e as atividades materiais e produtivas que dão alicerce para a organização espacial. E conforme Suertegaray (2001):

Neste momento, parte da Geografia passa a preocupar-se com o espaço geográfico, entendendo-o como resultado das formas como os homens organizam sua vida e suas formas de produção. Nesta perspectiva, a Geografia concebe a relação natureza-sociedade sob a ótica da apropriação, concebendo a natureza como recurso à produção (SUERTEGARAY, 2001, s.p.).

Para Lefebvre (1976) o espaço desempenha um papel e/ou uma função decisiva na estruturação da totalidade, de uma lógica, de um sistema, reconhecido também como o *locus* de reprodução das relações sociais de produção. Santos (1996) também trata sobre a importância do conhecimento sobre a totalidade, que é entendida como a realidade em sua integridade, para o conhecimento sobre as partes do Todo, e assim sua explicação conjunta. E em outro momento Santos (1991) ao tratar sobre o espaço, aponta que:

O espaço deve ser considerado como um conjunto indissociável de que participam, de um lado, certo arranjo de objetos geográficos, objetos naturais e objetos espaciais, e, de outro, a vida que os preenche e os anima, ou seja, a sociedade em movimento. O conteúdo (da sociedade) não é independente da forma (os objetos geográficos), e cada forma encerra uma fração do conteúdo. O espaço, por conseguinte, é isto: um conjunto de formas contendo cada qual frações da sociedade em movimento. As formas, pois, têm um papel na realização social (SANTOS, 1991, p. 27).

Milton Santos (1977) afirma não ser possível conceber uma determinada formação sócio-econômica sem se recorrer ao espaço. Segundo ele, modo de produção, formação socioeconômica e espaço são categorias interdependentes, de modo que as formas espaciais constituem uma linguagem dos modos de produção.

A produção do espaço está atrelada à forma de apropriação da natureza e a sua relação com a sociedade e o capital, a partir disso a base material é construída e as relações sociais e culturais reproduzidas. Atribui-se a Lefebvre a criação da expressão “produção do espaço”, que considera que o espaço “estaria essencialmente vinculado com a reprodução das relações (sociais) de produção” (LEFEBVRE, 1976, p. 34).

O espaço passa a ser visto como um resultado direto da produção material e atuação do homem na natureza, e segundo Smith (1988, p. 109) “a menos que o espaço seja conceituado como realidade completamente separada da natureza, a produção do espaço é um resultado lógico da produção da natureza.” Daí a necessidade de entender as relações entre sociedade e natureza, pois são as relações responsáveis pela produção do espaço.

Até certo tempo, a natureza era vista como independente da ação humana, vista como aquilo que não pode ser produzido, a antítese da atividade produtiva humana, onde o homem era encarado como um ser superior e a natureza um recurso a ser dominado para sua utilização (SMITH, 1988).

Primeiramente as alterações feitas na natureza eram unicamente para a subsistência dos seres humanos, porém passa-se de uma produção de consumo próprio para uma produção de excedentes para a troca e conforme Rodrigues (2001) a natureza passa a ser mediada pelo valor de troca, onde os elementos naturais tornam-se recursos naturais a ser apropriados e transformados.

As alterações na natureza justificam-se pela necessidade do progresso pela acumulação de capital e expansão do desenvolvimento econômico que a torna cada vez mais um produto social, e que conforme Harvey (2005):

As “forças da natureza” se sujeitam ao controle humano: os maquinários, a utilização da química para a indústria e agricultura, a navegação a

vapor, as ferrovias, os telégrafos, a roçadura de continentes inteiros para o cultivo, a canalização dos rios, a expulsão de populações inteiras do campo [...] (HARVEY, 2005, p. 198).

Alterações que cada vez realizadas em maior escala que com o passar do tempo, causam graves consequências, principalmente, no relacionados aos problemas ambientais, que a sociedade vem enfrentando. Alguns exemplos são o assoreamento dos rios, poluição do ar e das águas, ilhas de calor, deslizamentos de encostas, ausência de vegetação, acúmulo de resíduos sólidos, entre outros.

O conjunto destes problemas nos remete a questionamentos sobre a questão ambiental, destacando as contradições existentes na produção social do espaço e nas formas de apropriação da natureza, que ocorre de maneira concreta e simbólica (RODRIGUES, 1998).

O problema está, na ação destrutiva e despreocupada com a natureza em detrimento das relações de produção, incluindo a do espaço urbano, onde muitas vezes desconsidera-se que a base física para a construção das estruturas materiais também fazem parte da natureza. Portanto, para compreender a questão ambiental é preciso que ela seja encarada como produto da intervenção da sociedade sobre a natureza.

Tão grandes foram as mudanças realizadas na natureza pela ação humana que “a sociedade não mais aceita o espaço como um receptáculo, mas sim o produz; nós não vivemos, atuamos ou trabalhamos ‘no’ espaço, mas sim produzimos o espaço, vivendo, atuando e trabalhando” (SMITH, 1988, p. 132).

Os problemas ambientais, porém, não devem ser encarados somente como resultado das relações homem/natureza, mas também às relações entre os homens, sem ocultar as contradições de classes existentes.

O processo de produção do espaço através das alterações realizadas na natureza está intimamente ligada ao capitalismo, contribuindo para esta observação Lefebvre (1976), em suas considerações, aponta que o capitalismo sobreviveu no século XX por um único meio, pela produção e ocupação do espaço. E segundo Smith (1988):

A produção capitalista (e a apropriação da natureza) é acompanhada não pela satisfação das necessidades em geral, mas pela satisfação de uma necessidade em particular: lucro. Na busca do lucro, o capital corre o mundo inteiro. Ele coloca uma etiqueta de preço em qualquer coisa que ele vê, e a partir desta etiqueta de preço é que se determina o destino das coisas (SMITH, 1988, p. 94).

A partir da busca incessante pelo lucro, a natureza é apenas matéria-prima para a satisfação de necessidades, aumentando a produção/destrutiva, à criação de novas necessidades que não satisfazem necessidades humanas enriquecedoras, mas apenas correspondem a modos de vida da sociedade do descartável. Predomina-se a produção de mercadorias - que duram cada vez menos - e utiliza-se de forma intensiva o espaço para produzir mais, intensificando a problemática ambiental (RODRIGUES, 1998).

Observando como são realizadas as relações entre a natureza e a sociedade e a força exercida pelo capital nas formas de produção do espaço, é possível notar que os problemas ambientais são gerados por uma apropriação inadequada e exagerada da natureza em busca de lucros imediatos, sem preocupação com o futuro. Porém deve mencionar que os problemas ambientais não são exclusividade do sistema capitalista, mas também de outros modos de produção.

Os problemas são, em maior escala, observáveis no ambiente urbano onde a concentração da população, de indústrias, de construções, de fluxos comerciais e de informação, causa alterações ainda maiores no ambiente.

## 1.2. DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL DO ESPAÇO URBANO

O desenvolvimento capitalista, pautado na produção, circulação e distribuição de mercadorias, promoveu a criação de uma cultura na qual a cidade representa “desenvolvimento” e modernidade. Conceito este questionável, pois o desenvolvimento que se defende é apenas o econômico, ignorando suas outras dimensões social, cultural e ambiental.

Esse discurso faz com que a cidade seja o foco de atração populacional, de destino de muitos trabalhadores do campo, pois representa a

concentração do comércio e de serviços e, com isso, passa a ser vista como “centro” de oportunidades.

No entanto, o que acabam encontrando na cidade, via de regra, é uma realidade distinta da que imaginavam. Muitos têm dificuldade para encontrar trabalho, e acabam em subempregos nos quais não ganham o suficiente para a sua subsistência, sendo levados a morar em sítios físicos como as planícies de inundação e as vertentes íngremes, onde não podem lançar mão de soluções de engenharia adequadas à edificação, vivendo de forma insalubre, tendo em vista que a cidade não oferece infra-estrutura suficiente a toda à população (BITOUN, 2005). Pois de acordo com Corson (2002):

Poucos governos podem prover moradia adequada, água potável, saneamento, escolas, transporte e outros serviços a tais populações em crescimento. Áreas mal planejadas se expandem, construções se tornam decrépitas, e a poluição degrada o ar e contamina os locais de fornecimento de água (CORSON, 2002, p. 50).

Desta forma, aqueles que possuem menores condições financeiras ocupam as áreas periféricas com características que pela racionalidade técnica, deveriam ser mantidos em estado natural. O uso de palavras como “morros” e “alagados” para designar os espaços urbanos do habitat das famílias pobres revela um consenso, mantido pela sociedade local, para segregar a problemática da relação entre urbanização e a natureza do modelo de desenvolvimento urbano (BITOUN, 2005).

A concentração populacional nos centros urbanos traz consigo uma série de efeitos sociais e ambientais, onde, de um lado estão as mudanças de padrões e quantidades de consumo, e de outro uma precarização em relação aos aglomerados urbanos, sobretudo, nas áreas de assentamento das classes mais baixas. De acordo com Corson (2002) o crescimento da população impõe pressões sobre os recursos, e com o aumento de migrantes em busca de empregos nas áreas urbanas, crescem também as favelas e cortiços de forma desordenada.

É notável, portanto, a relação entre esse aumento demográfico e a degradação do meio ambiente. Contudo, é importante ressaltar que não podemos atrelar os problemas ambientais única e exclusivamente ao aumento da



população, sob pena de não acabar legitimando uma visão “malthusiana<sup>1</sup>” de mundo, mas sim problematizar esta concentração populacional nas cidades capitalistas, no contexto das desigualdades sociais, na estratificação social e, sobretudo, na distribuição desigual de renda (MORATO, 2005).

Principalmente, porque ao materializar na paisagem urbana estas diferenças sociais, percebe-se também a desigualdade ambiental, uma vez que não há uma socialização dos problemas ambientais entre a população, pelo contrário, é a população mais carente que acaba por ocupar os locais mais degradados e a sofrer mais diretamente com os problemas ambientais (MORATO, 2005).

Conforme Souza (2005) há diversos problemas no ambiente urbano dentre os principais estão a pobreza e a segregação residencial, e associado a estes está a degradação ambiental, desta forma é importante perceber a interação das questões sociais e impactos ambientais, visto que vários desastres ambientais que causam tragédias sociais, como os deslizamentos e enchentes, são originados por problemas sociais, ou pelo menos agravados por eles.

Como frequentemente, em muitos discursos, o ambiental esta associado unicamente a esfera natural, suas análises escondem parte da realidade, pois sabemos que ele também contempla a esfera social, sobretudo no ambiente urbano, onde há uma intensa relação entre os processos naturais e sociais (SPÓSITO, 2005).

Outro fator que deve ser considerado para a compreensão ambiental é o entendimento da relação temporo-espacial, uma vez que a capacidade de exploração da natureza, através dos equipamentos industriais e tecnológicos, é muito maior que a regeneração dos recursos naturais, o que intensifica a gravidade dos problemas, pois há um descompasso entre o tempo da natureza e o tempo da sociedade (SPÓSITO, 2005).

Sendo que este descompasso, principalmente no urbano onde os processos são mais intensos, passa a se apresentar na forma de problemas

---

<sup>1</sup> Thomas Malthus (1766-1834), economista Britânico, considerava que o excesso populacional era a causa todos os males da sociedade, e estudou possibilidades de restringir o crescimento das populações humanas.

ambientais, resultantes da grande força exercida sobre a sociedade pelo industrialismo (SPÓSITO, 2005).

A alteração entre os tempos da natureza e da sociedade ocorre pela dinamização do modo de produção, que auxiliado pelo avanço tecnológico, permitiu a aceleração da exploração da natureza e posterior exploração do homem pelo capitalismo.

O desenvolvimento científico e tecnológico, muitas vezes, tenta apresentar-se como solucionador de problemas, criando um consenso de que com o passar do tempo e avanço da ciência as desigualdades serão erradicadas, porém ocorre que “os problemas da e na cidade, do e no urbano, do e no ambiente são decorrentes do triunfo do modo industrial de produzir mercadorias (ou da modernização) e não dos seus fracassos” (RODRIGUES, 2001, p. 218), e ainda:

O ‘passar do tempo’, o avanço da ciência e da técnica têm acelerado a criação de novas problemáticas, entre as quais a ambiental urbana. O ‘passar do tempo’, o avanço da ciência e da técnica resolveram alguns problemas mas criaram, necessariamente, outros. É onde o modo de produção de mercadorias mais avançou que a devastação ambiental é também mais acelerada (RODRIGUES, 2001, p. 215).

Este passar de tempo, portanto apenas tem contribuído para o aumento dos problemas socioambientais urbanos, que mesmo nas tentativas de solucioná-los e/ou minimizá-los, com a ajuda da técnica e da ciência, aumentam cada vez mais ou em alguns casos criam outros novos.

Portanto o ambiente urbano passa a apresentar como consequência de suas contradições socioambientais, uma sobrecarga de problemas, dentre os quais, destacamos aqueles relacionados aos resíduos sólidos que surgem como um problema, pelo grande aumento de sua produção relacionado a uma nova cultura de consumo moderna, e pela falta de sistemas adequados de gerenciamento, que serão abordados no capítulo seguinte.

## **CAPÍTULO 2**

### **A PRODUÇÃO E O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESPAÇO URBANO**

#### **2.1. CULTURA DO CONSUMO**

Alguns fatos contribuíram para mudanças nos hábitos de consumo da sociedade, de forma tão significativas, levando ao que podemos denominar de uma cultura do consumo, intensa e sem controle.

Pode se dizer que a cultura de consumo é inaugurada com o início da idade moderna, quando os objetos consumidos passaram a representar um valor de distinção a conferir status social a seu portador, e não apenas um valor de uso prático. Pois, até então, o consumo acontece de forma utilitarista, apenas para satisfazer as necessidades básicas, como alimentação e vestuário (SANTOS, 2006).

Após a revolução industrial e a afirmação do capitalismo como o modelo econômico vigente, mudanças estruturais passam a ocorrer na sociedade, como na divisão de classes, entre os proprietários dos meios de produção e os trabalhadores operários.

Por meio desta revolução, também, são alterados os modos de produção e, conseqüentemente, os de consumo. Onde há um aumento crescente da oferta de bens de consumo e uma incipiente concorrência com outras indústrias que buscam as melhores maneiras de escoar a produção e motivar o consumo dos novos objetos disponibilizados.

Os modos de produzir e consumir são alterados, passando da subsistência e satisfação das necessidades humanas básicas, para um consumo conceitual, em que são consumidos conceitos, ou seja, a representação dos produtos, e os valores neles agregados (SANTOS, 2006).

O consumismo pode ser reconhecido com um fenômeno das economias capitalistas, sendo que desde seu surgimento o capitalismo revela-se

como um modo de produção internacional. Um processo de amplas proporções que, ultrapassando fronteiras geográficas, históricas, culturais e sociais, influencia feudos e cidades, nações e nacionalidades, culturas e civilizações (SANTOS, 2006).

A estrutura capitalista desta forma forja uma bem estruturada teia de relações que servem como arcabouço para a intensificação da cultura de consumo. Sendo que a ordem mundial propõe viver em um mundo sem fronteiras, com culturas comuns, através de subjetividades compartilhadas, deixando de lado a noção de espaço e de tempo, todas estas características de mundo são ditadas por uma ordem capitalista que usa de várias máscaras para atingir seus objetivos e que segundo Smith (1988) tem, na verdade, apenas um objetivo:

A produção capitalista (e a apropriação da natureza) é acompanhada não pela satisfação das necessidades em geral, mas pela satisfação de uma necessidade em particular: lucro. Na busca do lucro, o capital corre o mundo inteiro. Ele coloca uma etiqueta de preço em qualquer coisa que ele vê, e a partir desta etiqueta de preço é que se determina o destino das coisas (SMITH, 1988, p. 94).

Com a busca pelo lucro, a paisagem mundial é modificada a serviço do capital, as características culturais dos diferentes países vão sendo alteradas na busca por se implantar uma cultura única, na qual o consumo é amplamente difundido. Segundo Rodrigues (1998, p. 7) “o mundo moderno está sob o signo do novo. É o novo a serviço do volume de vendas, o novo da mercadoria, da moda, cuja única função é multiplicar o consumo” atendendo desta forma ao modelo mundial “desejado”.

Rodrigues (1998, p. 34), afirma que “vivemos no mundo em que podemos denominar de modo industrial de produzir novas e novas necessidades satisfeitas no consumo de novas e novas mercadorias”, visto que cada vez mais são produzidas novas mercadorias destinadas ao mercado de consumo, e que posteriormente serão descartadas, sendo que objetos considerados novos hoje, amanhã serão obsoletos (RODRIGUES, 1998).

A questão sobre a redução do tempo de uso dos produtos é outra característica da sociedade atual, ou sociedade do descartável, estas atitudes são

também influenciadas pela tática publicitária a serviço das grandes empresas que precisam da venda constante de seus produtos.

Para que esse sistema de vendas se mantenha, o tempo é o elemento essencial, pois passa-se a produzir cada vez mais mercadorias que duram cada vez menos, e muitas vezes não somente é a durabilidade dos produtos que levam a sua troca, mas pela velocidade que as informações circulam faz com que as informações sejam atualizadas rapidamente, fazendo com que os produtos se tomem considerados obsoletos e a sua substituição por outros novos seja indispensável ao modo de vida moderno. E conforme Baudrillard (1995):

A sociedade de consumo precisa de seus objectos para existir e sente sobretudo necessidade de os destruir. O <uso> dos objectos conduz apenas ao seu desgaste lento. O valor criado reveste-se de maior intensidade no desperdício violento. Por tal motivo, a destruição permanece como a alternativa fundamental da produção: o consumo não passa de termo intermediário entre as duas (BAUDRILLARD, 1995, p. 43).

Ainda nesta linha Baudrillard (1995, p. 42) contribui comentando a respeito da publicidade que segundo ele, “realiza o prodígio de um orçamento considerável gasto com o único fim, não de acrescentar, mas de tirar o valor de uso dos objectos, de diminuir seu valor/tempo, sujeitando-se ao valor/moda e à renovação acelerada”.

Conforme Santos (2006, p. 3) ocorre uma mudança no sentido de “consumir para viver” para “viver para consumir”. Essa mudança é influenciada pelo aumento de produtos no mercado e pela necessidade de afirmação das classes sociais, onde consumir determinados produtos é o que caracteriza determinadas classes.

Essa distinção de classes é fundamental para que o consumo se mantenha, pois para pertencer a uma determinada classe é preciso consumir os mesmos produtos que ela consome.

Baudrillard (1995) ao tratar sobre a sociedade de consumo trata sobre a abundância dos objetos que se tornam indispensáveis para a vida em

sociedade, considerando que existe hoje uma espécie de evidência fantástica do consumo e de abundância, criada pela rápida multiplicação dos objetos.

As formas de produção são multiplicadas, mas como não só a produção é necessária, como também o seu consumo. Para que as mercadorias produzidas, fossem também consumidas, foi necessário criar algo que motivasse o desejo de consumo das pessoas. Assim, a indústria cumpre seu papel com a produção, cada vez mais rápida e diversificada, e a publicidade cria as necessidades para o seu consumo.

Toda a publicidade carece de sentido; só tem significações. No entanto, tais significações (e as condutas a que elas se referem) nunca são pessoais, mas diferenciais, marginais e combinatórias. Isto é, dependem da produção industrial das diferenças (BAUDRILLARD, 1995, p. 88).

Conforme Ortiz (1998) é na busca por encontrar novos meios para aumentar as vendas que nascem os princípios da administração moderna, integrada horizontal e verticalmente, fundada no marketing e na publicidade.

Visto que já não é mais suficiente que as mercadorias sejam produzidas, é importante que sejam difundidas e consumidas em grande escala, levando a uma alteração no papel das empresas, que passa de fabricantes de produtos para fabricantes de sonhos, dando mais enfoque na gestão de suas marcas, que dos produtos (SANTOS, 2006).

As mudanças que se realizam na esfera econômica levam a uma outra, de natureza cultural, em que os homens devem estar aptos a comprar os produtos fabricados, e as resistências e hábitos que os levam a agir de outra forma devem ser alterados, como a visão funcional dos produtos, que agora devem receber outro sentido. As mercadorias têm de ser adquiridas independentemente de seu valor de uso. A ética do consumo privilegia sua inutilidade (ORTIZ, 1998).

Assim, na sociedade atual, o objeto final de consumo não são mais os produtos produzidos, mas sim a representação deles, segundo Baudrillard (1995) consume-se o real por antecipação ou retrospectivamente, à distância que é mediada pelo signo, com ajuda das comunicações de massa que não nos fornecem a realidade, mas uma vertigem da realidade.

As marcas aparecem com maior significado que o próprio produto, e os anúncios publicitários representam uma transformação de objetos simples, embutindo nestes uma série de significantes, que o elevam a um outro objeto mais complexo, levando o consumidor a encontrar uma série de motivações para comprar, tão complexas quanto os objetos, isso é feito da seguinte maneira:

O que esta publicidade faz é capitalizar determinados signos e referências culturais reconhecidos mundialmente. A virilidade, valor universal é traduzida em termos imagéticos, imediatamente inteligíveis, a despeito das sociedades nas quais o anúncio é veiculado. Isso implica que não só os objetos, mas também as referências culturais que o compõe, devem se desenraizar (ORTIZ, 1998, p. 111).

Baudrillard (1995) encara o consumo como uma conduta ativa e coletiva, uma imposição moral, uma instituição, com todo um sistema de valores, contudo o que o termo implica, isto é, sua função de integração grupal e de controle social.

O consumo excessivo passa a ser encarado com naturalidade nos atuais padrões de vida, onde se consome em demasia produtos industrializados, regulados pelo mercado, que dita as regras e, dessa forma, conectado as mídias “fabricam as necessidades” de consumo. Praticamente tudo aquilo que se consome chega em embalagens descartáveis, e que serão direcionadas para um lixo (DESIDERIO & ALENCAR, 2004).

O consumo tem recebido lugar de destaque na sociedade atual, pois pode ser visto como o combustível que move o sistema capitalista de produção, porém apresenta diversas consequências, entre elas, o aumento exagerado da produção dos resíduos sólidos, que passam a representar um problema, principalmente no espaço urbano, onde os fenômenos são observados em maior escala.

## 2.2. O AUMENTO NA PRODUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESPAÇO URBANO

Segundo Corrêa (1995) o espaço urbano capitalista é um produto social, resultado de ações acumuladas através do tempo, e produzidas por

agentes que produzem e consomem o espaço. São agentes sociais concretos. A ação destes agentes é complexa, derivando da dinâmica de acumulação de capital, das necessidades mutáveis de reprodução das relações de produção, e dos conflitos sociais que dela emergem.

No capitalismo a articulação entre as relações que ocorrem no espaço urbano esta baseada na circulação de decisões, investimentos, etc. que tem como principal objetivo a acumulação de capital, que envolve todas as esferas da sociedade, sendo que todas as relações espaciais são de natureza social, de forma que o espaço urbano pode ser considerado como um reflexo da sociedade (CORRÊA, 1995).

O espaço urbano é marcado por uma alta concentração da população, fato que traz consigo uma série de efeitos, com ênfase para as mudanças de padrões e quantidades de consumo causadas pelos avanços tecnológicos e dinamização da mídia, e conforme Baudrillard (1995) ao discutir sobre a cidade, aponta que:

A densidade humana em si é fascinante, mas o discurso da cidade é a própria concorrência: móveis, desejos, estímulos, o veredicto incessantes dos outros, a erotização incessante, a informação, a solitação publicitária. [...] Assim como a concentração industrial origina o aumento constante de bens, também a concentração urbana suscita a eclosão ilimitada das necessidades (BAUDRILLARD, 1995, p. 64).

Através do aumento da população humana e sua concentração nos centros urbanos, acompanhado por um modo de vida baseado na produção, consumo e “consumismo” cada vez mais rápido de bens, nota-se que estes fatores contribuem e, talvez, sejam os principais responsáveis pelo aumento da quantidade dos resíduos sólidos neste espaço (SANTOS E VIADANA, 2006).

Porém não se pode esquecer, de que a produção dos resíduos é tão antiga quanto o processo de ocupação da terra pelo homem. O qual acompanha o processo de apropriação e produção do homem em sociedade, mas alteram-se suas características de durabilidade e de quantidade de produção e consumo com o processo de desenvolvimento industrial.

Os avanços tecnológicos na indústria levaram a criação de novos produtos, o que facilitou a disseminação de uma nova cultura de consumo, que



altera as atitudes da sociedade em relação à produção de resíduos, produzidos em quantidades cada vez maiores, pautado na lógica dos descartáveis, que tornam a vida mais prática, mas em contrapartida tem consequências graves, onde:

Em paralelo à urbanização, têm-se as mudanças naturais que vão ocorrendo na sociedade, traduzidas em tecnologias mais sofisticadas, nas mudanças de hábitos, nos padrões de consumo. A sociedade moderna tem como valores importantes o consumo, o estoque, a quantidade, a substituição por objetos mais novos e, portanto, um descarte de materiais que ainda poderiam ser utilizados ou reciclados (CORTEZ, 2002, p. 1).

É possível, portanto, entender que o espaço urbano é o palco da maior produção de resíduos sólidos, pela alta densidade demográfica, avanços na tecnologia e difusão da mídia, além de representar o centro das distribuições comerciais que age de forma dinâmica e impulsiona o desejo de consumir.

Conforme afirma Philippi Jr., et al (2004) o homem que vive na Terra localiza-se em aglomerações urbanas cada vez maiores, demandando quantidades gigantescas de matéria-prima e gerando, igualmente, quantidades de resíduos.

Com a intensificação do processo de troca por produtos por outros novos, surge a questão sobre o que fazer com os objetos “sem utilidade”, os quais passam a ser vistos como lixo, prática que virou um hábito incorporado as nossas práticas diárias. Atualmente, parece ser impossível viver sem produzir quantidades imensas de lixo, e a respeito dessa produção, é importante pensar de que forma os principais meios de comunicação de massa são responsáveis por essa “naturalização” do consumo e o conseqüente aumento da produção de resíduos (DESIDERIO & ALENCAR, 2004).

Um exemplo disto são os altos índices de resíduos coletados nas regiões metropolitanas do Brasil apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PSNB de 2000, conforme indica o Quadro 01.

QUADRO 01: Quantidade diária de lixo coletado em t/dia, nas Regiões Metropolitanas do país.

<b>Regiões Metropolitanas do país</b>	<b>Quantidade diária de lixo coletado (t/dia)</b>
São Paulo	83.066,9
Rio de Janeiro	13.429,4
Fortaleza	7.211,2
Belo Horizonte	6.889,7
Goiânia	3.709,7
Porto Alegre	3.566,2
Campinas	3.508,2
Recife	3.221,0
Salvador	2.940,5
Belém	2.697,0
Curitiba	2.131,8

FONTE: IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.

Segundo a PSNB (2000), há uma tendência de aumento da geração informada do lixo domiciliar per capita em proporção direta com o número de habitantes. Nas cidades com até 200.000 habitantes, pode-se estimar a quantidade coletada, variando entre 450 e 700 gramas por habitante/dia; acima de 200 mil habitantes, essa quantidade aumenta para a faixa entre 800 e 1 200 gramas por habitante / dia, conforme mostra a Figura 01.

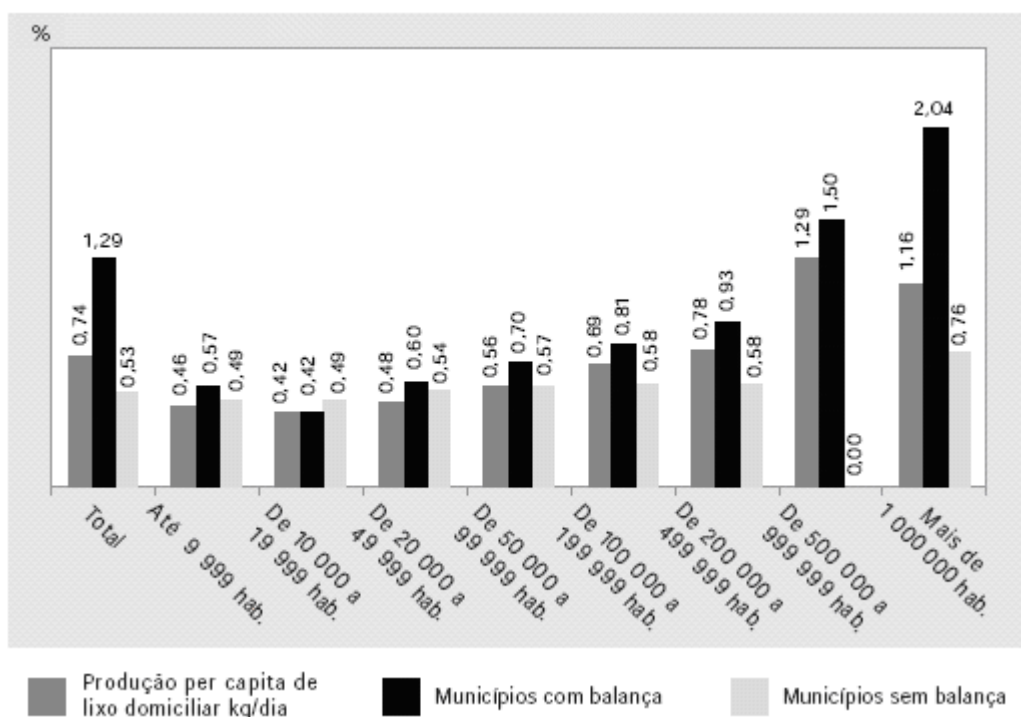


FIGURA 01: Produção per capita de lixo domiciliar em kg/dia, por existência de balança, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000.

FONTE: IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.

Outro exemplo é a pesquisa de ANTONIO, et. al. (2007) realizada em Guarapuava-PR sobre a concentração da produção dos resíduos sólidos domiciliares, que obteve como resultados a alta concentração de materiais recicláveis, como papel, papelão e plástico, nas áreas centrais e nos bairros onde a população possui maior poder aquisitivo, e baixa concentração deste materiais nos bairros periféricos e que ainda possuem algumas características rurais.

Neste contexto, os estudos relacionados com a problemática da produção e destinação dos resíduos sólidos vêm ganhando destaque, pois está diretamente ligada a sociedade de consumo. Além disto, os sistemas públicos como prefeituras, os quais são responsáveis pelo gerenciamento destes resíduos na cidade tem buscado tratar o assunto com mais seriedade, sobretudo a partir da fiscalização pelos órgãos ambientais.

Os problemas, causados pelos resíduos sólidos, não são unicamente causados pelo aumento da produção de resíduos, mas pelo tratamento inadequado que recebem.

### 2.3. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Na grande parte das cidades os resíduos sólidos têm como destino final os depósitos, nos quais o lixo é simplesmente descarregado sem qualquer tratamento, e em alguns casos, também são dispostos resíduos industriais e de serviços de saúde, de forma descontrolada, e sem medidas prévias de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Além, da poluição visual, mau odor e desvalorização imobiliária da região, entre outros, que não são levadas em consideração pelos planos imediatistas de destinação final dos resíduos urbanos.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, que segundo os dados do IBGE, relativos ao saneamento básico no ano de 2000, 22% do total de 230 mil toneladas de resíduos gerados por ano no Brasil são despejados em vazadouros a céu aberto ou lixões, fato que eleva os resíduos a um dos maiores problemas a serem solucionados por parte das administrações municipais, principalmente porque são áreas produtoras e geradoras de doenças, mau cheiro e vetores de vários tipos como insetos e roedores, entre outros (NUNES, 2002).

Conforme os dados da Figura 02, é possível perceber a situação da disposição final do lixo no Brasil nos últimos anos (IBGE, 2000).

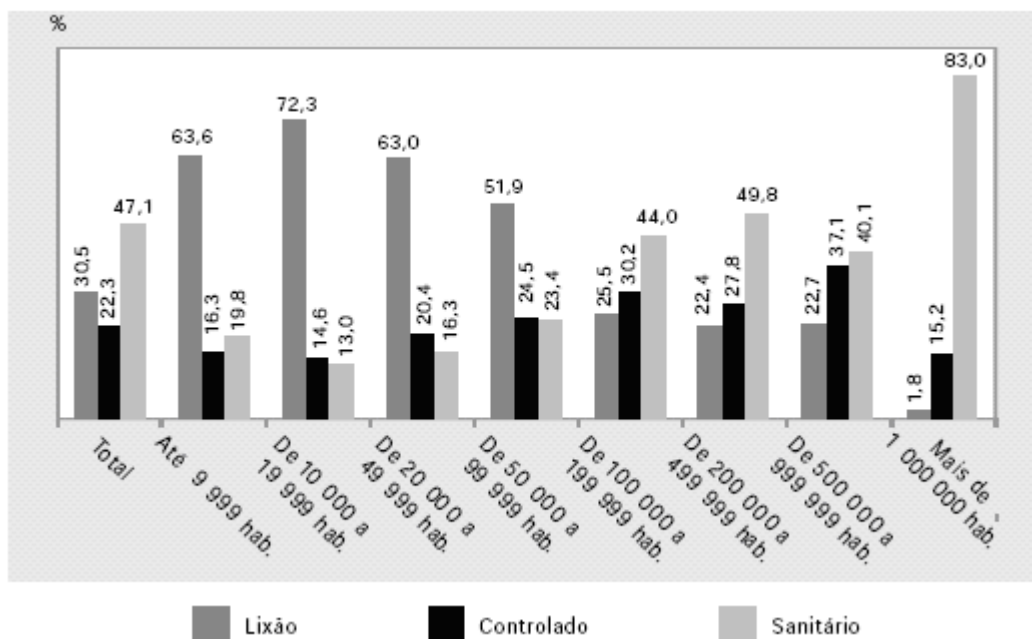


FIGURA 02: Percentual do volume de lixo coletado, por tipo de destino final, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000.

FONTE: IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.

Os municípios têm se voltado para a questão do destino final dos resíduos sólidos, pois o problema não se encerra após seu recolhimento pelos sistemas tradicionais de coleta porta-a-porta, ele é transferido, para outras áreas acarretando consequências a mesma.

Existem várias formas adequadas de dispor e tratar os resíduos sólidos como a compactação, trituração, incineração, compostagem, reciclagem, o aterro controlado e o sanitário.

O aterro sanitário representa uma forma adequada de disposição final de resíduos com um custo relativamente baixo, em relação a outros sistemas. É importante que o projeto esteja adequando à realidade de cada município, levando em consideração características físicas, econômicas, políticas e sociais, para estar em conformidade e não venha a prejudicar os agentes envolvidos neste processo, sendo definido segundo a ABNT (1984) da seguinte forma:

Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de disposição de resíduos no solo, sem causar danos ou risco à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios da engenharia para confinar resíduos sólidos à

menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou intervalos menores se for necessário (ABNT NBR 8419).

Conforme Tenório e Espinosa (2004) a forma de construção do aterro depende de uma série de características, porém a metodologia de acondicionamento dos resíduos é essencialmente a mesma, sendo feita em células sanitárias com a altura de 2 a 4 metros. A disposição dos resíduos é feita a cada dia, ocupando lugar na célula, e sendo compactados de baixo para cima contra uma elevação natural ou célula anterior visando uma melhor uniformidade. Ao final de cada dia a célula deve ser fechada com uma camada de terra de 15 a 30 centímetros, com plano ligeiramente inclinado, com objetivo de evitar acúmulo de água da chuva. Quando a toda a área destinada ao aterro estiver esgotada, ele é selado com uma cobertura de terra de 60 centímetros. A estrutura do aterro sanitário é apresentada na Figura 03.

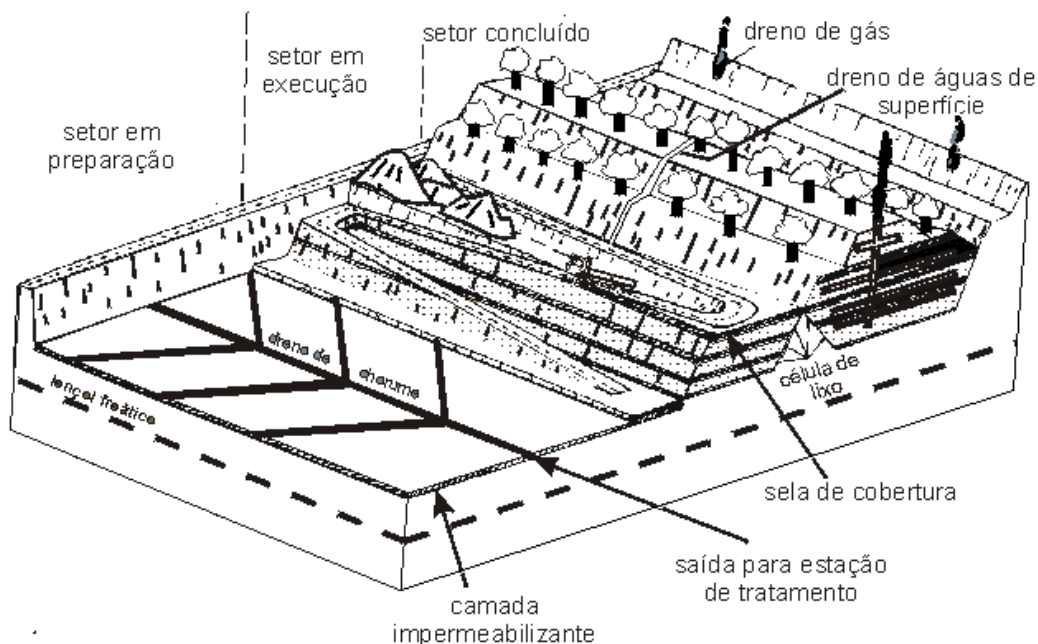


FIGURA 03: Ilustração de um aterro sanitário  
FONTE: UNESP/IGCE, 2008

Segundo Tenório e Espinosa (2004) os aterros sanitários apresentam vantagens como:

- Baixo custo comparado com outros tratamentos;
- Utilização de equipamentos de baixo custo e de simples operação;
- É possível a implementação em terrenos de baixo valor;
- Evitam a proliferação de insetos e animais que transmitem doenças; e
- Não estão sujeitos a interrupções no funcionamento por alguma falha (caso, por exemplo, de incineradores e usinas de compostagem).

Rocha et al (2004, p. 267) apontam alguns problemas que a implantação de aterros sanitários podem causar quando mal operacionalizados:

- A possibilidade de poluir o solo e cursos de água superficiais ou subterrâneos;
- A necessidade de supervisão constante de modo a garantir a manutenção das mínimas condições ambientais e de salubridade;
- A geração de gases a partir da decomposição do lixo aterrado;
- A necessidade de terrenos disponíveis para a instalação do aterro sanitário próximo a locais de produção do lixo, já que o custo de transporte é muito elevado na limpeza urbana em virtude do baixo peso específico do lixo;
- A resistência dos moradores nas cercanias do aterro que, muitas vezes, por não serem ouvidos e esclarecidos quanto ao problema, acaba por criar impasses desgastantes para as administrações municipais.

Desta forma, para que os aterros sanitários não venham a causar mais impactos negativos que positivos, devem ser tomadas medidas adequadas para impedir a ocorrência de tais problemas.

Conforme Rocha et. al. (2004, p. 265) para a construção de aterros sanitários devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Proteger as águas superficiais e subterrâneas de possível contaminação oriunda do aterro, através de camada impermeabilizante e drenagem adequada, com poços de monitoramento;
- Dispor, acumular e compactar diariamente o lixo na forma de célula, trabalhando com técnicas corretas para possibilitar o tráfego imediato de caminhões coletores, equipamentos e para reduzir recalques futuros do local;
- Recobrir diariamente o lixo com uma fina camada de terra de 20cm (selo de cobertura) para impedir a procriação de roedores, insetos e outros vetores e a presença de catadores e animais à procura de materiais e alimentos;
- Controlar gases e líquidos que são formados no aterro, através de drenos específicos;
- Manter os acessos internos e externos em boas condições, mesmo em tempo de chuva;
- Isolar e tornar indevassável o aterro e evitar incômodos à vizinhança.

Como o aterro sanitário é uma obra de com uma vida útil longa (em geral acima de 10 anos) e causadora de impactos deve passar por uma avaliação rigorosa quanto à escolha para a área de implantação, com o intuito de minimizar os danos ambientais que podem vir a ocorrer, para isto deve ser realizado o EIA – Estudo de Impacto Ambiental e o RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.

O desafio de escolha está no fato de que as áreas disponíveis tornam-se mais escassas, pois o uso da terra na maioria das vezes é destinado a empreendimentos que visam lucro. Porém a administração municipal deve levar a sério os critérios estabelecidos, visto as consequências que o aterro pode vir a causar posteriormente.

#### 2.4. CRITÉRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Um dos principais critérios para implantação de aterros sanitários é a escolha de uma área adequada, que atenda requisitos referentes a este tipo de



atividade, a qual é considerada causadora de impacto ambiental conforme a Resolução CONAMA 001/86 (CONAMA, 2002).

Para a escolha da área deve-se levar em consideração parâmetros técnicos contidos nas normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, os aspectos legais das três instâncias governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, pólos de desenvolvimento locais e regionais, e os aspectos políticos e sociais.

Para o processo de implantação do aterro sanitário é indispensável conhecer de forma abrangente a situação do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos no município, desde as características da produção dos resíduos (quantidade e a composição), as formas de transporte (tipo de veículos, percurso percorrido, condições das vias de acesso), existência de cooperativas de catadores para onde poderão ser destinados os resíduos recicláveis pré-separados, entre outros como aponta Castilho Jr. (2003):

Para os estudos preliminares é importante ainda um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos em andamento no município. Todas as etapas, da geração ao destino final, devem ser levantadas. O levantamento de dados qualitativo e quantitativo sobre as atividades de gestão em voga é fundamental para adequado planejamento de melhorias no sistema. São fundamentais informações sobre a geração per capita de resíduos sólidos domésticos, composição gravimétrica destes e serviços de limpeza pública executados (CASTILHO JR, 2003, p. 52).

Também é necessário levantar informações, que possam influenciar na quantidade e composição dos resíduos, como dados referentes ao número de habitantes, estimativa de crescimento populacional, poder aquisitivo da comunidade, índice de escolaridade, etc. Outras informações, como aumento de visitantes durante períodos de férias ou atrações turísticas, podem ajudar a definir as características da população que produz os resíduos.

#### 2.4.1. Critérios econômicos

Dentro dos aspectos econômicos deve-se levar em consideração a distância entre o aterro e o local de coleta, de forma que o percurso dos veículos

de coleta seja o menor possível, com objetivo de reduzir o desgaste dos veículos e o custo de transporte.

Outro item importante é o custo para aquisição do terreno, que pode ser preferencialmente da prefeitura e fora do perímetro urbano, considerando que o seu custo será menor em relação a outras áreas.

Segundo Rocha et. al. (2004) em algumas situações, a utilização de uma área particular pode representar uma opção interessante, como nos casos em que o órgão da limpeza e o proprietário fazem contrato para aterramento da área mediante a cessão, ao término do contrato, de parte do terreno ocupada.

A área selecionada para instalação do aterro deverá ser suficiente para a utilização por um período de tempo que possa justificar os investimentos, sendo comum adotar uma vida útil, de no mínimo de 10 anos (ROCHA, et. al., 2004).

Considerando os custos de construção e manutenção deve-se considerar a existência de infra-estrutura como abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia, para que os investimentos nessa área possam ser reduzidos (RESOL, 2008).

#### 2.4.2. Critérios políticos e sociais

Neste aspecto um critério importante a se considerar é a distância de núcleos urbano de baixa renda, pois mesmo com cuidados de isolamento da área, podem atrair pessoas desempregadas, com baixa renda, que encontram na catação uma alternativa de sobrevivência.

A ocorrência de tais fatos pode gerar uma série de problemas sociais, de responsabilidade para a prefeitura. Se ocorrer da área do aterro estar localizada próxima áreas com estas características a prefeitura deve investir em alternativas de renda para estas pessoas, como a geração de empregos ou mesmo a criação de cooperativas de forma organizada (RESOL, 2008).

O transporte dos resíduos até o local do aterro também pode vir a causar alguns transtornos pelo aumento de veículos nas vias de acesso, portanto é recomendável que as vias de acesso até o aterro sejam de baixo fluxo e a área apresente baixa densidade populacional para evitar transtorno aos moradores (RESOL, 2008).

É desejável também que na área escolhida não existam problemas entre a comunidade local e a prefeitura, organizações não-governamentais (ONG's) ou com a mídia, sendo que esta indisposição poderá gerar reações negativas à instalação do aterro (RESOL, 2008).

#### 2.4.3. Critérios técnicos

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário à disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pelas normas da NBR 10.157 (ABNT, 1997) e pela legislação federal, estadual e municipal (quando houver). Os condicionantes e restrições relativos às normas da ABNT são listados no Quadro 02.

QUADRO 02: Critérios técnicos segundo a ABNT / NBR 10.157

Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental, e do perímetro urbano.
Proximidades a cursos d'água relevante	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidades a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: * Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro. * Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10 <sup>-6</sup> cms
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso de veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

FONTE: ABNT, 1997

#### 2.4.4. Procedimentos para implantação de aterros sanitários no Estado do Paraná

No estado do Paraná, a Lei Estadual 12.493/99 regulamentada pelo Decreto 6.674/02 estabelece requisitos, critérios técnicos e procedimentos para a seleção de áreas destinadas à implantação de Aterros Sanitários, elaboração do projeto executivo e operação do aterro, visando à proteção do meio ambiente e da saúde pública, apontando que as obras de implantação devem ser projetadas e executadas de acordo com as normas ambientais vigentes e, com a utilização das tecnologias modernas do país, estabelecendo em seu artigo 5º quais as normas que deverão ser seguidas:

Art. 5º Os resíduos sólidos deverão sofrer acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final adequados, atendendo as normas aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e as condições estabelecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, respeitadas as demais normas legais vigentes (PARANÁ, 1999).

O Governo Estadual tendo em vista as dificuldades financeiras e técnicas dos municípios em relação à implantação dos aterros sanitários, tem auxiliado as administrações municipais por meio da disponibilização de recursos para execução da construção dos aterros sanitários municipais, através da realização de convênios com a SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), onde os municípios disponibilizam parte dos investimentos (25%) e o governo do estado o restante (75%).

Para que as prefeituras municipais possam ser incluídas no programa de construção de aterros sanitários por meio do convênio com a SUDERHSA devem apresentar:

- O registro do imóvel ou o decreto de desapropriação acompanhado da imissão provisória de posse;
- Cópia da Licença Prévia (LP) expedida pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), atendidos os prazos de validade;

- Ofício de aporte da Prefeitura Municipal, referente à disponibilização das contrapartidas municipais a serem investidos na implantação dos aterros sanitários.
- Indicação do técnico da Prefeitura Municipal responsável pelo acompanhamento da execução da obra do aterro sanitário

Segundo a Resolução CONAMA 001/86 que estabelece os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação Impacto Ambiental, com instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, determina em seu artigo 2º quais atividades estão sujeitas a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, incluindo nesta categoria os aterros sanitários, processamento e destinação final de resíduos tóxicos ou perigosos, como atividades modificadoras do meio ambiente que necessitam de licenciamento para sua implantação e operação.

Mais detalhes podem ser encontrados na Resolução CONAMA 237/97 sobre o licenciamento ambiental, e em âmbito municipal, em Guarapuava-PR o Plano Diretor estabelece em seu artigo 101 que:

Art. 101 Fica instituído o Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança EIV como instrumento de análise para subsidiar o licenciamento de empreendimentos ou atividades, públicas ou privadas, que na sua instalação ou operação possam causar impactos ao meio ambiente, sistema viário, entorno ou à comunidade de forma geral, no âmbito do Município, considerados como empreendimentos de impacto, geradores de ruído noturno e diurno, pólos geradores de tráfego, geradores de risco e/ou poluição, os sujeitos à apresentação de RIMA (GUARAPUAVA, 2006).

O aterro sanitário, portanto enquadra-se nesta categoria de empreendimentos que necessitam de obtenção de licença ambiental tendo em vista os impactos que pode gerar como o aumento do tráfego até a geração de risco e/ou poluição. Segundo A Resolução CONAMA 237/97, os empreendimentos deverão contar com os tipos de licença descritos no Quadro 03.

QUADRO 03: Tipos de Licença

Licença prévia (LP)	Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.
Licença de instalação (LI)	Autoriza a instalação do empreendimento, de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem o motivo determinante.
Licença de operação (LO)	Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

FONTE: CONAMA, 1997

Segundo a SUDERHSA a Licença Ambiental garante a correta instalação de empreendimentos urbanos ou rurais. Ela só é expedida quando o empreendedor atende todos os requisitos básicos exigidos pelo IAP e entrega a documentação solicitada. A partir disso, é feita a devida vistoria no empreendimento a ser licenciado.

O empreendedor deve publicar o recebimento da licença no Diário Oficial do Estado e em periódico de grande circulação, no prazo de 30 dias, sob pena de invalidação da licença recebida.

O licenciamento exerce grande relevância sobre a construção de empreendimentos, como um instrumento de fiscalização do atendimento das normas previstas para cada tipo de empreendimento, portanto é indispensável que as normas estabelecidas para a implantação, neste caso, do aterro sanitário sejam atendidas para que sua implantação possa ser efetuada.

Como na realização das análises, para escolha da área do aterro, os custos econômicos e de tempo são altos, pois vários são os parâmetros e informações levados em consideração. Neste sentido o geoprocessamento, pode vir a contribuir, visto que é uma ferramenta computacional de armazenamento,

cruzamento e análise e de inúmeras aplicações. De forma que o uso de técnicas de análise espacial mediante geoprocessamento, para avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários, apresentam-se como alternativas que minimizam custos e tempo gerando informações e resultados fidedignos (SAMIZAVA, 2005).

O geoprocessamento é entendido por Câmara e Medeiros (1998), como uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, as quais podem ser utilizadas para diversos fins.

A aplicação de técnicas de geoprocessamento é extremamente útil para o planejamento municipal, pois reúne aplicativos que permitem coletar, armazenar, recuperar, transformar inferir e representar visualmente dados espaciais e também estatísticos ou textuais a eles relacionados, a partir de uma base de dados georreferenciada (XAVIER, 2000).

Neste contexto, pretende-se fazer uso das RNA, pois conforme Ribeiro (2003), as RNA vêm sendo utilizadas com sucesso para desempenhar funções complexas em várias áreas de aplicação, e podem ser treinadas para resolver problemas que são difíceis de serem resolvidos por técnicas estatísticas convencionais.



## **CAPÍTULO 3**

### **O GERENCIAMENTO E A IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO EM GUARAPUAVA-PR**

#### **3.1. O PROGRAMA DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPUAVA-PR**

O processo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, entendido por Tenório e Espinosa (2004, p. 172) “como um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo de seu município”.

Sendo este, segundo a Constituição Federal de 1988, no art. 30 (apud Tenório e Espinosa, 2004), de responsabilidade do poder público local tendo o município a responsabilidade, a competência de legislação, gerenciamento e definição do sistema de saneamento básico. Em Guarapuava-PR o plano diretor prevê em seu artigo 59 item VIII a elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS) para o Município.

De acordo com esta proposição cabe a administração pública elaborar um plano operacional, de acordo com as condições locais, que cumpra de forma adequada com as seguintes etapas constituintes do gerenciamento dos resíduos sólidos: a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final.

Nos últimos anos a prefeitura tem buscado o fortalecimento do programa de gerenciamento integrado de resíduos sólidos, para isso, conta com os projetos de tratamento dos Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde (RSSS), a coleta convencional de porta-a-porta realizada pelos caminhões da Secretaria de Serviços Urbanos de Guarapuava (SURG), a coleta seletiva da Cooperativa de Catadores de Papel de Guarapuava (ACPG) e a proposta de construção do aterro

sanitário.

### 3.1.1. O tratamento dos Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde e a Coleta Seletiva

A respeito dos RSSS a Vigilância Sanitária do município buscou adequar-se a nova legislação da RDC nº 306 (Resolução da Diretoria Colegiada) que dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde, onde a responsabilidade de coleta e destinação compete ao gerador deste tipo de resíduo.

Assim, houve a inclusão no Plano Municipal em Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, de Guarapuava, o qual estabelece que este resíduo não seja depositado juntamente com outros no lixão, pois são compostos de materiais cortantes, perfurantes e embalagens, provenientes de farmácias, clínicas veterinárias, casas de saúde, clínicas de estética e hospitais, e podem representar alto risco de contaminação.

Segundo dados da Vigilância Sanitária Municipal, a princípio a coleta dos RSSS era realizada pela Prefeitura Municipal - seis vezes por semana na região central e três vezes por semana nos demais bairros - onde parte tinha como destino, também, o lixão municipal. Por este motivo desde 2004 foi organizada uma comissão com representantes do poder público e particular para articularem um programa de coleta e destinação adequada.

A partir de então, o sistema de coleta e destinação deste material passa a ser terceirizado, sendo realizada em embalagens especiais, veículos adequados e equipe técnica treinada para estes fins, sendo destinados para fora da cidade, onde estão localizadas as empresas que realizam o tratamento e disposição final adequada destes resíduos (SERVIOESTE, 2004).

A fase final do processo de destinação dos RSSS é a incineração, esterilização a vapor e o processamento por plasma térmico, onde são eliminados os agentes biológicos, químicos e físicos do lixo (SERVIOESTE, 2004).

Quanto à coleta seletiva para reciclagem, pode-se afirmar, que o processo desencadeado em Guarapuava se deu numa lógica que envolveu a

inserção de pessoas no ciclo de reciclagem, como nas demais cidades do país, desde a segunda metade do século XX (MELAZO E CASTRO, 2004).

Conforme Melazo e Castro (2004), o surgimento dos catadores deu-se notavelmente pelas necessidades de sobrevivência de milhares de pessoas, que vivendo em extrema pobreza, sem benefícios ou amparo público, e sem condições de moradia, alimentação, saúde, educação e cidadania, pela grande desigualdade social e econômica, viram no processo de coleta seletiva de resíduos uma alternativa de trabalho.

Pessoas que sem as condições básicas de sobrevivência nas cidades encontraram na coleta seletiva uma única opção de trabalho, passando a ser denominados de “catadores” ou “carrinheiros”. Estes atuam informalmente, em sua maioria de forma autônoma, sozinhos, em família ou em pequenos grupos, sendo responsáveis pela coleta de grande parte do lixo produzido nas cidades, contribuindo para a limpeza urbana e pelo reaproveitamento destes materiais, que são comercializados e depois enviados para a reciclagem (SEMAFLOR, 2004).

Em Guarapuava, há registros de coleta de produtos recicláveis desde a década de 1960, geralmente realizada por pessoas idosas ou desempregadas, tendo essa atividade como fonte de renda para muitas famílias, até então todos trabalhando de forma autônoma e individual (SEMAFLOR, 2004).

Em 1995, iniciou-se o trabalho de organização da coleta seletiva pelas associações de bairros, preocupadas com as pessoas desempregadas, que cada vez representavam um maior número, fato que acentuava ainda mais a exclusão social, tendo como objetivo imediato à geração de renda e assistencialismo às famílias excluídas do mercado de trabalho.

A ACPG teve seu fortalecimento em 1998, com o apoio da Prefeitura Municipal, que oficializa e amplia o programa de coleta seletiva. A associação passou por uma fase de organização, capacitação dos operadores e avaliação das condições sociais e de infra-estrutura através de acompanhamento das famílias, buscando melhorar a qualidade do programa e da renda dos associados (SEMAFLOR, 2004).

Atualmente, a metodologia proposta para aumentar a eficiência das

atividades é a implantação gradativa da setorização do município, onde cada operador terá sua área para o recolhimento de materiais, aumentando o contato deste com a população local, e com isso ampliando o número de pessoas envolvidas no processo, entretanto, essa questão merece discussão, pois não há registros concretos de que o número de resíduos foi reduzido a partir do processo de coleta (SEMAFLOR, 2006).

Geralmente, as pessoas encaram a produção de lixo como um ato natural sem considerar a responsabilidade de cada indivíduo com o destino que este recebe. Pois, sabe-se que esta não se encerra no momento em que o lixo é colocado à porta para a coleta, este fato não acaba com o problema dos resíduos apenas, o transfere para outro local, fazendo com que se crie esse falso entendimento pela sociedade, a qual deve passar por uma preparação para mudança de valores e revisão dos hábitos de consumo.

A população também tem papel de fiscalizar o andamento do sistema de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, e reclamar se este não tem um encaminhamento adequado.

### 3.1.2. A destinação final dos Resíduos Sólidos Domiciliares

Os resíduos sólidos são recolhidos por caminhões pela SURG, através do sistema de coleta porta-a-porta. E segundo dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Florestal – SEMAFLOR, a coleta convencional recolhe aproximadamente 75 toneladas diárias de RSU, chegando a um total de 2000 toneladas por mês, recolhidos de aproximadamente 45.000 residências, estabelecimentos comerciais e públicos, dados que podem ser visualizados na Figura 04, sobre a coleta de resíduos sólidos nos setores de Guarapuava-PR (SEMAFLOR, 2006).

Conforme pesquisa realizada por Antonio (2006), verificou-se que a maior concentração da produção dos resíduos sólidos está localizada nas áreas centrais e suas proximidades, sendo que os materiais coletados nestas áreas, somadas produzem semanalmente aproximadamente 106.558 toneladas de

resíduos sólidos, enquanto que a produção mensal total da cidade é de 429.971 toneladas. Ou seja, sozinhas elas representam mais de 24% de toda a produção.

E bairros periféricos apresentam menores concentrações, a qual se deve a diversos aspectos, pois alguns fazem a divisão limitante entre o perímetro urbano com a área rural do município, possuindo pouca ocupação populacional, em grandes propriedades com características quase rurais. Já em outros casos, estão relacionado a menor renda da população.

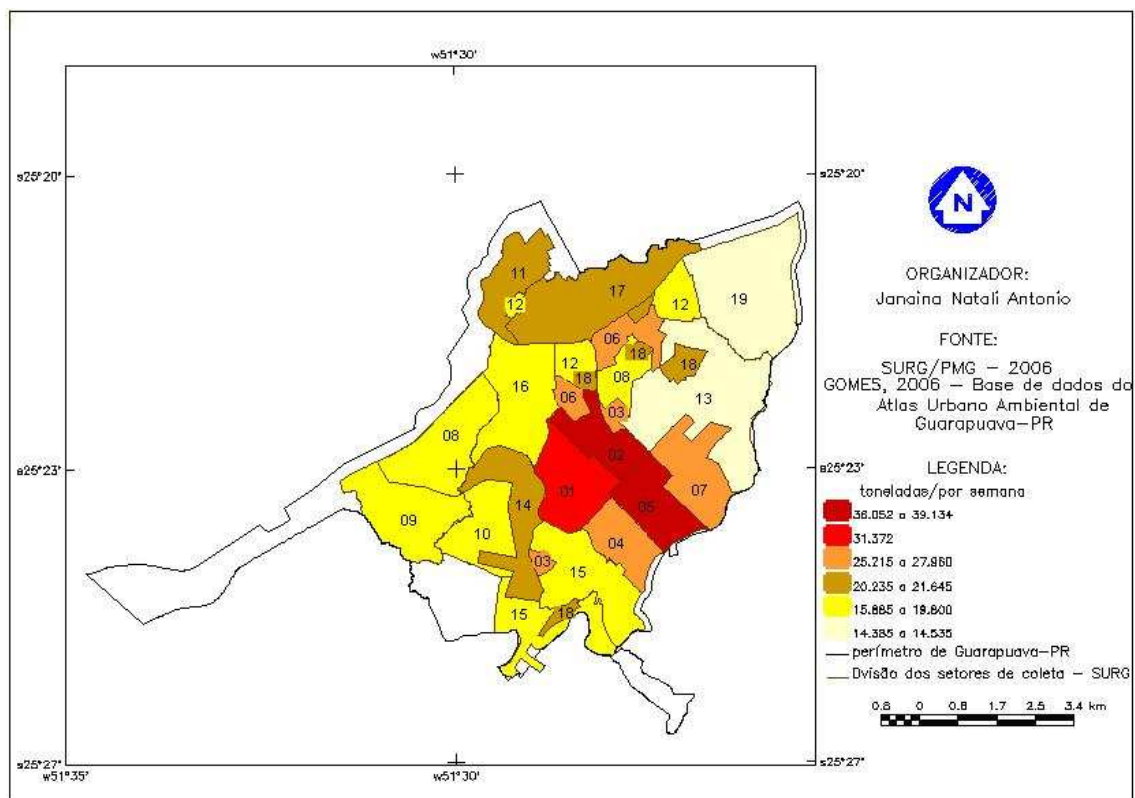


FIGURA 04: Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares em Guarapuava/PR  
FONTE: ANTONIO, 2006

Os resíduos têm como forma de disposição final o lixão municipal, que conforme Mauro (1997) é uma forma imprópria de disposição final, pois, a ausência do gerenciamento adequado pode causar riscos à saúde pública pela transmissão de doenças através da ação de moscas, vetores, baratas, roedores e outros, também degradam o meio ambiente, através da contaminação dos recursos naturais, como o ar, água, solo, além, das condições sociais, estéticas, econômicas e administrativas que são afetadas, como pode ser observado na Foto 01.



FOTO 01: Área do lixão municipal de Guarapuava-PR  
FONTE: ANTONIO, 2009

No local é proibido o acesso por pessoas sem autorização da vigilância sanitária, por ser reconhecida como uma área de risco, com isso também busca-se evitar o acesso de catadores no local, porém ainda há algumas ocorrências de pessoas recolhendo materiais no depósito, conforme Foto 02.



FOTO 02: Catadores coletando materiais no lixão municipal  
FONTE: GOMES, 2008

Tendo em vista as características da área do lixão e da quantidade

de resíduos sólidos que são coletados, a administração municipal na busca por enquadrar-se às normas adequadas de disposição final de resíduos, tem como proposta a construção do aterro sanitário municipal.

### 3.1.3. O projeto de aterro sanitário municipal

O projeto de construção do aterro sanitário em Guarapuava-PR foi realizado no ano de 1999, tramitando nos órgãos municipais e estaduais como IAP que confere o licenciamento para as atividades causadoras de impacto ambiental descritas na Resolução CONAMA 001/86, e a SUDERHSA que por meio do consórcio realizado com o município auxilia no financiamento da construção do aterro sanitário.

A escolha se deu próxima ao local do atual lixão, para não comprometer outras áreas, concentrando o tratamento dos resíduos, no mesmo ambiente já afetado. A área está situada na área rural, no imóvel São Sebastião, com área de 211,627,86 m<sup>2</sup>, acessado pela BR-277, totalizando 12 Km de distância do centro da cidade (SURG, 1999).

A construção do aterro sanitário é importante, pois permitirá que os resíduos recebam uma destinação final adequada minimizando os impactos causados pela sua disposição, porém, para a sua implantação é necessário atender uma série de normas para que futuramente não venha a causar problemas ao ambiente.

No aterro devem ser depositados unicamente o tipo de lixo que não pode ser utilizado para reciclagem ou compostagem, e pequenos detritos que se misturam a outros resíduos não sendo possível realizar a sua separação.

A tomada destas atitudes pode representar ganho em todos os setores, para a vida útil do aterro sanitário que seria aumentada e a administração pública não precisaria investir na construção de um novo aterro por mais tempo. Além de que grande parte do material poderia ser reciclado e reutilizado ajudando na renda daqueles que coletam o lixo, além da diminuição do uso de matéria-prima extraída do meio ambiente.

Segundo o projeto do aterro sanitário a proposta é que este seja implantado em sistema misto de acondicionamento dos resíduos sólidos. O objetivo é de aproveitamento da área e proporcionar um sistema operacional simplificado dos trabalhos.

Na área é prevista a construção de um prédio administrativo e um galpão para triagem dos materiais recicláveis, objetivando dar suporte ao programa de reciclagem, evitando que produtos recicláveis sejam depositados no aterro (SURG, 1999).

Porém como o projeto foi realizado no ano de 1999 algumas informações encontram-se desatualizadas e como a construção do aterro sanitário ainda não foi autorizada, pretende-se por meio da classificação de áreas com características potenciais de implantação de aterros sanitários, seguindo as normas da ABNT/NBR 10.157 de 1997, oferecer alternativas ao poder público municipal para projetos futuros.



## CAPÍTULO 4

### USO E CONTRIBUIÇÃO DA TECNOLOGIA DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO

#### 4.1. INSPIRAÇÃO BIOLÓGICA

As RNA são um ramo da inteligência artificial (IA) que se baseia no princípio de simular parte do funcionamento do cérebro humano usando computadores eletrônicos, usando equações matemáticas que compõe uma rede de neurônios artificiais, na qual informações lógicas ou valores numéricos possam ser processados para gerar uma saída (RIBEIRO, 2005).

O desenvolvimento das RNA teve como base no organismo do ser humano, dotado de complexos circuitos neurais cerebrais composto por conexões entre seus neurônios, conhecidas como sinapses, que por meio de suas interações fazem surgir o comportamento inteligente. A modelagem computacional destas conexões neurais, fez emergir comportamentos inteligentes, também em máquinas.

Conforme Vieira & Roisenberg (2008) um neurônio típico é composto por um corpo celular, um axônio tubular e várias ramificações arbóreas conhecidas como dendritos. Os dendritos formam uma malha de filamentos finíssimas ao redor do neurônio. Ao passo que o axônio consta de um tubo longo e fino que ao final se divide em ramos que terminam em pequenos bulbos que quase tocam os dendritos dos outros neurônios. O pequeno espaço entre o fim do bulbo e o dendrito é conhecido como sinapses, por meio da qual as informações se propagam. O número de sinapses recebidas por cada neurônio variam de 100 a 100.000, sendo que elas podem ser tanto excitatórias como inibitórias. Cada parte do neurônio é responsável por uma função específica do funcionamento geral do cérebro, a Figura 05 mostra o esquema de um neurônio biológico.

- **Dendritos:** constituem as camadas de entradas dos impulsos elétricos externos, e tem como função enviá-los ao corpo celular;
- **Corpo celular:** centro dos processos metabólicos de processamento das informações, obtidas a partir dos dendritos, onde são combinados os sinais recebidos em forma de impulsos nervosos (elétricos), que podem ser excitatórios ou inibitórios;
- **Axônios:** representam a camada de saída das informações processadas no corpo celular, enviando-as a outros dendritos dos neurônios seguintes;
- **Sinapses:** região onde dois neurônios entram em contato realizando ou não uma interligação, por meio de impulsos nervosos que ocorrem por intermédio de um processo bioquímico, e que podem ser inibitórios ou excitatórios, em função do tipo de neurotransmissor.

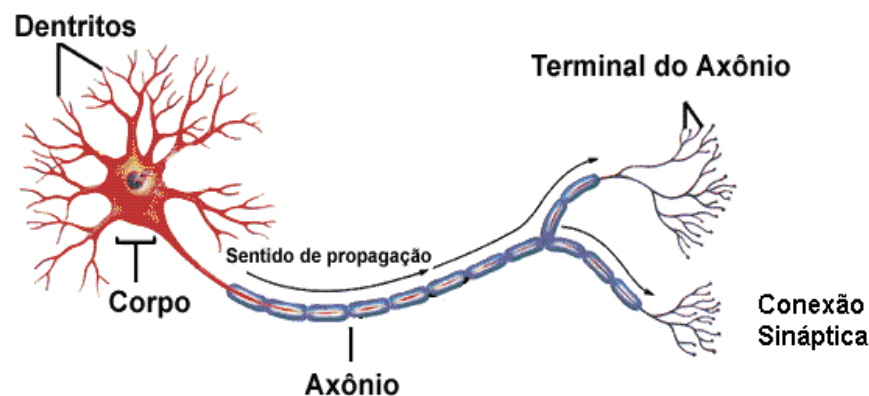


FIGURA 05: Esquema de um neurônio biológico  
 FONTE: Adaptado de MEDEIROS. 2003

#### 4.2. VANTAGENS DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

O sucesso das redes neurais está diretamente relacionado com a sua alta versatilidade no que tange o escopo de suas aplicações, podendo ser utilizada para tarefas que vão desde o desenvolvimento de sistemas especialistas, passando por aplicações nas neurociências e podendo servir até

mesmo para problemas complexos de análise estatística (VIEIRA, & ROISENBERG, 2008).

A sua semelhança com o sistema neural biológico, faz com que apresente diversas vantagens, como aprender mediante exemplos, generalizações redundantes, e tolerância a falhas, velocidade de processamento, etc.

Devido a sua estrutura de conexão das camadas que podem ser arranjadas de forma paralela, fato que as diferencia dos sistemas convencionais, visto que a falha de alguns neurônios não causam efeitos significantes para a performance do sistema completo.

Apresentam vantagens quanto a velocidade de processamento, pois como as RNA consistem de um grande número de unidades de processamento operando em paralelo, elas podem trabalhar em velocidades consideráveis em relação aos métodos computacionais comuns (SABO, 2006).

Uma característica significativa de RNA está em sua habilidade de aproximar qualquer função contínua não linear de um grau de correção desejado. Esta habilidade das redes neurais as tem tornado útil para modelar sistemas não lineares na combinação de controladores não lineares (DIN, 2008).

As RNAs realizam o reconhecimento de padrões com uma quantidade pequena amostras de treinamento em comparação a classificadores paramétricos. Outro fator relevante das RNA é que elas não são paramétricas, sendo capaz de classificar dados advindos de diversas origens com diferentes escalas (RIBEIRO, 2003).

O sistema de treinamento torna as RNAs capazes de aprender com exemplos por meio da experiência, sendo que os modelos de redes neurais podem lidar com dados imprecisos e situações não totalmente definidas. Uma rede treinada tem a habilidade de generalizar quando é apresentada à entradas que não estão presentes em dados já conhecidos por ela (DIN, 2008).

Além destas vantagens seu desempenho varia de acordo com os objetivos e problemas em que as RNAs são utilizadas, pois com os avanços no desenvolvimento de sistemas inteligentes, incluindo às RNAs, pesquisadores das mais diversas áreas têm as utilizado para a solução dos mais diversos tipos de

problemas, com destaque para os que envolvem o controle de sistemas complexos, onde o comportamento das variáveis não é rigorosamente conhecido. E principalmente em aplicações que envolvam o conhecimento de padrões em imagens, análises de séries temporais, processamento de voz, diagnósticos médicos, previsões de mercado financeiro, etc. (SPROL, 2007).

#### 4.3. ARQUITETURA E ATIVAÇÃO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL

As RNAs surgem inspiradas na natureza das redes de neurônios e sinapses biológicas. Esta ideia de modelagem cerebral forma a vertente da Inteligência Artificial chamada Inteligência Artificial Conexionista (VIEIRA & ROISENBERG, 2008).

O primeiro modelo de redes neurais artificiais foi desenvolvido no ano de 1943 quando McCulloch e Pitts conceberam um modelo básico de neurônio artificial, baseado em uma forma de modelagem matemática do neurônio biológico, que pode ser observado na Figura 06. O qual foi considerado como marco, visto que foram os primeiros a tratar o cérebro como um organismo computacional (MEDEIROS, 1999).

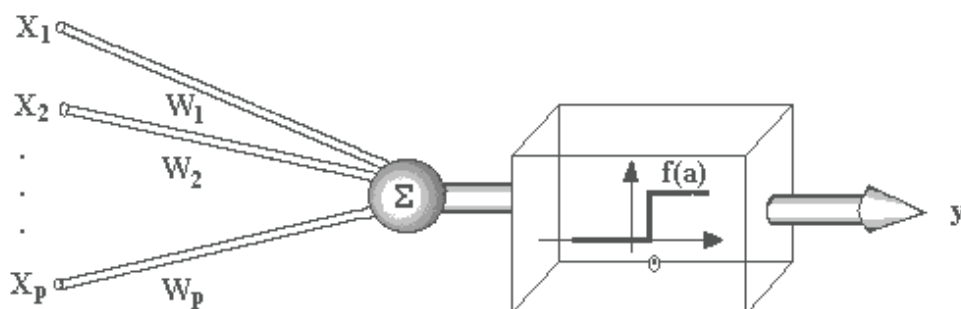


FIGURA 06: Neurônio artificial projetado por McCulloch  
 FONTE: DIN, 2008

Cada neurônio possui um conjunto de entradas e um conjunto de saídas ligadas a outros neurônios, e apresenta um nível atual de ativação.

Conforme este nível das entradas do neurônio, que conjugadas com os pesos sinápticos das conexões, o valor resultante ativará ou não as saídas deste mesmo neurônio (MEDEIROS, 2003).

Desta forma, o funcionamento da rede é determinado pela conexão entre as unidades de processamento. É possível treinar uma rede para reproduzir uma função particular através do ajustamento das conexões entre as unidades. A ideia das RNA é ajustar a conexão entre os neurônios em função do problema a ser desenvolvido (RIBEIRO, 2003).

O neurônio artificial propõe a simulação do comportamento e das funções de um neurônio biológico, caracterizando-se como uma unidade de processamento de informação fundamental para operação de uma RNA (RIBEIRO, 2003).

O exemplo de um neurônio simples com três entradas ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) e seus respectivos pesos ( $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ) e com uma única saída ( $Y$ ) de dados, é descrito na Figura 07.

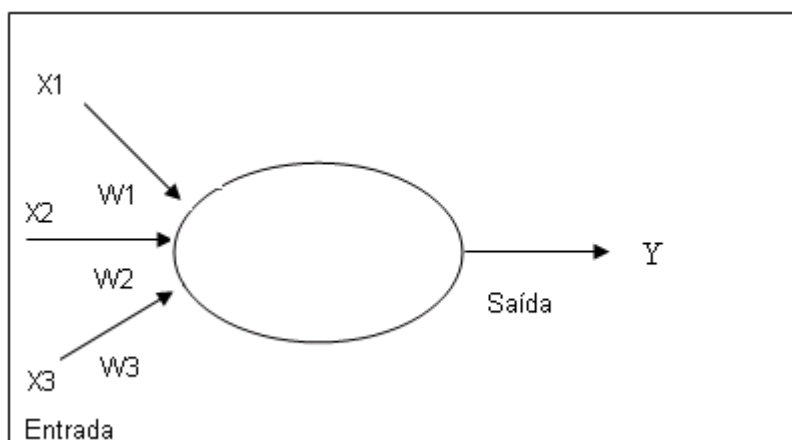


FIGURA 07: Exemplo de um neurônio  
FONTE: Adaptado de RIBEIRO, 2003.

O funcionamento do neurônio ocorre pela geração de um impulso de saída a partir da combinação dos sinais recebidos, e pode ser representado pela Equação 01.

$$Y = f (W \cdot X) \quad (01)$$

Conforme RIBEIRO (2003) a saída é gerada em função da soma ponderada das entradas ( $S_i$ ). O modelo de RNA pode ser descrito segundo a Equação 02.

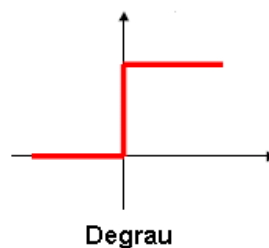
$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} X_i \quad (02)$$

$S_i$  - nível de ativação ou função de ativação;  
 $w_{ij}$  - peso ajustado;  
 $x_i$  - atividade do neurônio (entradas).

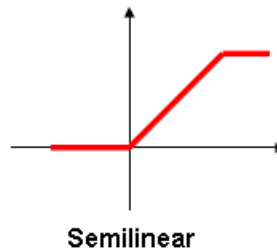
Conforme a equação, o valor da função de ativação  $S_i$  depende da intensidade combinada dos impulsos que a ela chegam. Uma soma ponderada destes impulsos, por meio dos pesos  $w_{ij}$ , origina um valor de saída  $y = f(S_i)$ . Se esse valor for muito pequeno, ele é desconsiderado, se não  $f(x) > \alpha$  e um impulso unitário é gerado e passado aos neurônios da seguinte camada (seguinte neurônio), por meio da função transferência. De forma que,  $\alpha$  desempenha o papel de um limiar que controla a intensidade do sinal de saída (RIBEIRO, 2003).

Diferentes funções podem ser utilizadas para gerar uma saída de sinal pela RNA, as quais podem ser:

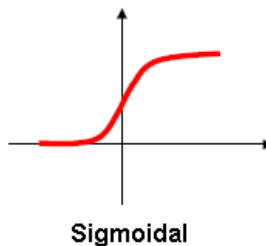
Degrau:  $f(x) = 0$ , se  $x \leq \alpha$  e  $1$  se  $x > \alpha$ , sendo  $\alpha$  o limiar de disparo;



Semilinear:  $f(x) = 0$ , se  $x < \alpha_{\text{mín}}$ ;  $mx+L$  se  $\alpha_{\text{Max}} \leq x \leq \alpha$   
 $\text{mín}$  e  $f_{\text{máx}}$  se  $x > \alpha$ ;



Sigmoidal:  $f(x) = f_{\text{máx}} / 1 + e^{-x}$ , (logsig - MatLab 4.0).



Uma RNA seguindo na linha de seu paralelo biológico, é composta de um certo número de nodos ou *units*, também denominados neurônios, conectados por ligações, conexões sinápticas ou *links*, sendo que cada *link* possui uma quantidade associada como um peso. O conhecimento da rede é adquirido pela atualização destes pesos, algumas das *units* são conectadas ao ambiente externo, sendo designadas como entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) (MEDEIROS, 2003).

A RNA é composta por várias unidades de processamento, conectadas por canais de comunicação que estão associados a determinado peso, estas unidades fazem operações com os dados locais, que são entradas recebidas pelas suas conexões. Seu comportamento inteligente vem das interações entre as unidades de processamento da rede (DIN, 2008).

Conforme Lippmann (1987, apud GALO, 2000) existem vários modelos de RNA, desenvolvidos para as mais diversas aplicações, dentre as quais podem ser citadas as estruturas de *perceptron*, que com o desenvolvimento de algoritmos de treinamento, evoluíram para configurações com múltiplas camadas, sendo capazes de reconhecer várias classes e resolver o problema das regiões de decisão em áreas de superposição.

O *perceptron*, por meio do treinamento, consegue identificar uma função de decisão linear e realizar a separação de dois conjuntos de treinamento lineares. Porém, para manipular funções de decisão capazes de reconhecer múltiplas classes, independente de serem ou não separáveis, foram desenvolvidas arquiteturas mais complexas que consistem várias camadas de elementos de perceptron (GONZALEZ & WOODS, 1993 apud GALO, 2000).

A forma de arranjar *perceptrons* em camadas é denominado *Multilayer Perceptron*, que foi concebido para resolver problemas mais complexos, os quais não poderiam ser resolvidos pelo modelo de neurônio básico. Para isto são necessárias mais conexões, que só existem em uma rede de perceptrons dispostos em camadas. Os neurônios internos são importantes para a RNA, visto que provou-se que sem estes torna-se impossível a resolução de problemas linearmente não separáveis (DIN, 2008).

A organização das RNAs em camadas é conhecida como topologia ou arquitetura da rede, e podem ser compostas por apenas uma camada simples (*perceptron*), ou por multicamadas, compostas por várias camadas intermediárias (SABO, 2006). Como pode ser visto na Figura 08, o exemplo de uma rede neural *multilayer perceptron*. Uma RNA é formada da seguinte forma:

- **Camada de entrada:** onde é feita a apresentação e distribuição dos dados a rede;
- **Camadas ocultas ou intermediárias:** onde é realizado o processamento dos dados, por meio das conexões ponderadas;
- **Camada de saída:** onde é realizada a conclusão e apresentação dos resultados finais.



A topologia ou arquitetura, portanto, refere-se à maneira como os elementos de processamento são organizados, o que afeta o desempenho da rede, uma vez que sua estrutura está intimamente ligada ao algoritmo de aprendizado usado na fase de treinamento da rede (SABO, 2006).

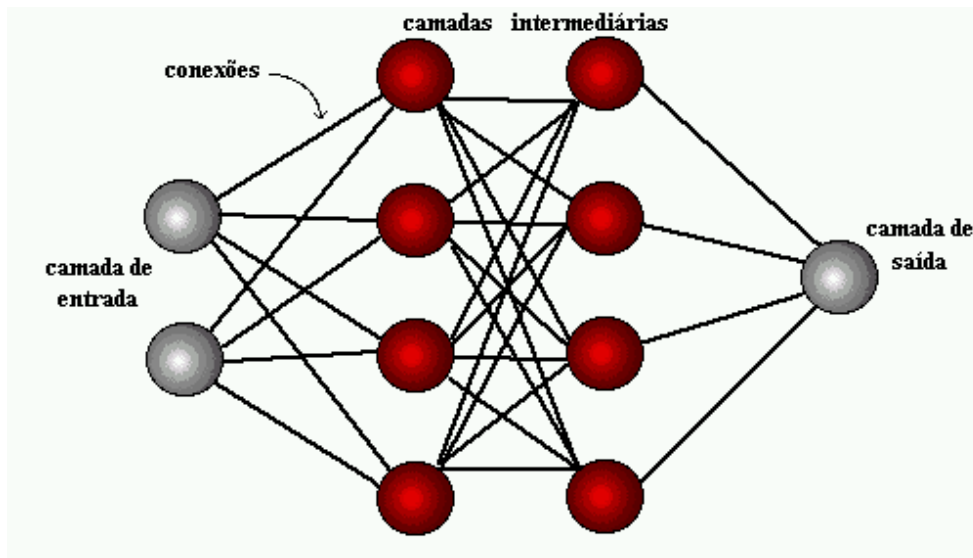


FIGURA 08: Arquitetura de uma rede neural multilayer perceptron  
 FONTE: DIN, 2008

A composição da topologia ou arquitetura da rede, se dá em função do sentido do fluxo de dados, as redes podem ser classificadas em: *feed-forward* ("alimentadas" adiante) em que os dados só se propagam para frente e *feedback* (recorrentes), se os dados podem se propagar nos dois sentidos (PAVANELLI, 2007).

Conforme Ribeiro (2003) na *feed-forward* os neurônios estão organizados em camadas e a informação se desloca em um único sentido desde as camadas de entrada até as de saída, ilustrada na Figura 09.

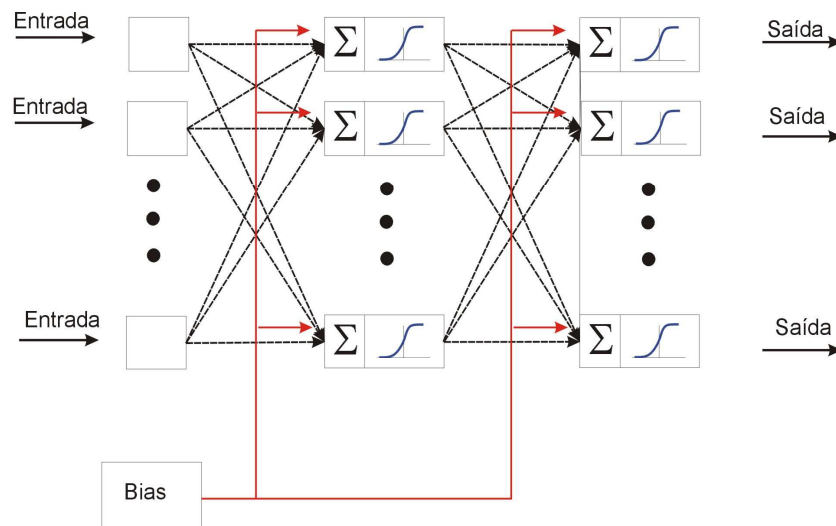


FIGURA 09: Arquitetura de uma rede neural *feed-forward*  
 FONTE: RIBEIRO, 2003

A rede neural *feed-back* caracteriza-se pela apresentação de pelo menos uma ligação de realimentação, sendo totalmente conectada de forma que, cada neurônio está conectado a todos os outros. As saídas das redes recorrentes são determinadas pelas entradas atuais e pelas saídas anteriores, portanto são dinâmicas, estas redes podem possuir interligações entre neurônios da mesma camada e entre camadas (RIBEIRO, 2003). A arquitetura da rede neural *feed-back* é apresentada na Figura 10.

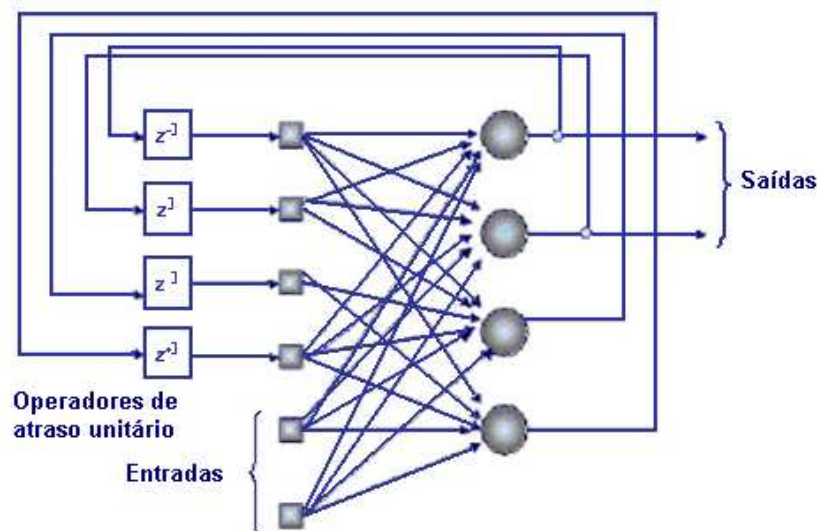


FIGURA 10: Arquitetura de uma rede neural *feed-back*  
 FONTE: HAYKIN, 2001

O funcionamento da RNA é determinado pela conexão entre as unidades de processamento. É possível treinar uma rede para reproduzir uma função particular por meio do ajustamento das conexões entre as unidades. A ideia das RNA é ajustar a conexão entre os neurônios em função do problema a ser desenvolvido (RIBEIRO, 2003).

A utilização de camadas intermediárias (ou ocultas) que permitem as RNAs implementar superfícies de decisão mais complexas, faz com que os elementos da rede, se organizem de tal forma que cada elemento aprenda a reconhecer características diferentes do espaço de entrada, assim, o algoritmo de treinamento deve decidir que características devem ser extraídas do conjunto de treinamento (VIEIRA e ROISENBERG, 2008).

#### 4.4. APRENDIZADO DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

O aprendizado de uma RNA é realizado por meio de processos iterativos de ajustes aplicados aos pesos, o chamado treinamento. O

aprendizado só ocorre quando a RNA atinge uma solução generalizada para um determinado problema (SOUZA, 2006).

A maioria dos modelos de redes neurais possui alguma regra de treinamento, onde os pesos de suas conexões são ajustados de acordo com os padrões apresentados. Ou seja, elas aprendem por meio de exemplos, que são apresentados em seu processo de treinamento (DIN, 2008).

O conhecimento da RNA ocorre mediante da ponderação que os pesos da conexão entre os neurônios de diferentes camadas trocam entre si. Portanto para encontrar solução para um determinado problema utilizando RNA é necessário encontrar uma topologia adequada para o problema a ser resolvido, bem como o ajustar dos pesos e conexões entre os neurônios. A forma de aprendizado das RNAs podem ser classificadas em dois tipos: supervisionado, não supervisionado (VIEIRA e ROISENBERG, 2008).

O aprendizado não supervisionado, não requer pares de entrada-saída de forma que, não realiza comparações para determinar uma resposta ideal, é o próprio conjunto de treinamento que modifica os pesos de forma a produzir saídas que sejam consistentes. Antes do treinamento não há maneira de se determinar, qual o padrão que será gerado na saída para um vetor de entrada de uma determinada classe (RIBEIRO, 2003).

Conforme Vieira & Roisenberg (2008), o aprendizado não-supervisionado não possui conhecimento *a priori* das saídas da rede, e funciona de modo a distinguir classes de padrões diferentes dos dados apresentados à rede, através de algoritmos de aprendizado baseados geralmente em conceitos de vizinhança e agrupamento. Neste modelo a RNA é ajustada de acordo com regularidades estatísticas dos dados de entrada, de tal forma que ela cria categorias, otimizando em relação aos parâmetros livres, que podem passar por ajustes, independente da tarefa a ser executada.

O aprendizado supervisionado conta com a apresentação de sucessiva de conjuntos de padrões de entrada e seus correspondentes padrões de saída, sendo que, durante o processo a RNA realiza um ajuste de pesos das conexões entre elementos de processamento, segundo uma determinada lei de

aprendizagem, até que o erro entre os padrões de saída gerados pela rede alcancem um valor mínimo (MEDEIROS, 1999).

De acordo com Souza (2006), no treinamento supervisionado a saída obtida é comparada com um vetor de saída desejado (o qual foi inicialmente apresentado à rede) e um erro é calculado a partir dessa diferença. Os pesos atribuídos para cada entrada são atualizados conforme o algoritmo usado, para que este erro seja minimizado. O aprendizado supervisionado, portanto conta com uma estrutura de adaptação dos pesos com objetivo de encontrar a menor diferença entre a saída esperada e a obtida.

Um dos tipos de RNA mais utilizados atualmente são as redes diretas, principalmente pelo advento da popularização do algoritmo de treinamento *backpropagation*. Este tipo de rede pode ser considerado um aproximador universal de funções, sendo que seu nível de precisão dependerá principalmente do número de neurônios, bem como da escolha eficiente do conjunto de exemplos (VIEIRA, e ROISENBERG, 2008).

O algoritmo de treinamento *backpropagation* é um método de aprendizado supervisionado para RNA multicamadas. É um algoritmo com capacidade de encadear camadas escondidas, ou seja, quando duas ou mais camadas de pesos são ajustadas, a camada intermediária detecta características, que responde aquelas especificadas no padrão de entrada e as detecta automaticamente. Os pesos das conexões são ajustados pela retropropagação de erro (HAYKIN, 2001, p. 188, apud SOUZA, 2006).

Para Vieira & Roisenberg (2008) o *backpropagation* é utilizado para o aprendizado de problemas de mapeamento complexo. Basicamente, a rede aprende, a partir de um conjunto pré-definido de pares de exemplos de entrada/saída em ciclos de propagação/adaptação. Depois que um padrão de entrada foi aplicado como um estímulo aos elementos da primeira camada da rede, ele é propagado por cada uma das outras camadas até que a saída seja gerada. Este padrão de saída é então comparado com a saída desejada e um sinal de erro é calculado para cada elemento de saída.

#### 4.5. EXPERIÊNCIAS DA APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA PLANEJAMENTOS

Recentemente alguns trabalhos avançados têm demonstrado o excelente desempenho das RNAs na aplicação de estudos ligados a questão ambiental (SPROL, 2007).

Segundo Medeiros (1999) na geografia, como em muitos outros ramos da ciência houve um rápido e crescente interesse na aplicação de métodos neurocomputacionais, que por sua vez, são novas técnicas que podem vir a complementar os métodos existentes. Como na geografia muitos métodos de análise quantitativa e modelagem inserem-se na classe dos problemas complexos, a justificativa corrente é a promessa de uma melhora no desempenho e na eficiência, através da diminuição das suposições críticas, na grande facilidade de tratamento de problemas complexos, na expansão da aplicabilidade dos métodos computacionais quantitativos e na automação.

Galo (2000), considerando que a aplicação de estruturas de redes neurais artificiais em imagens de sensoriamento remoto, integradas a dados temáticos, permite estabelecer relações de síntese entre as variáveis que representam o meio físico e fenômenos ambientais. Assim, buscou adequar estruturas computacionais a diferentes situações de classificação, e aplicá-las à caracterização ambiental, do Parque Estadual Morro do Diabo, obtendo bons resultados quanto a viabilidade de se aplicar redes neurais para a classificação da vegetação em momentos distintos, e baseados em fundamentos da Ecologia da Paisagem.

Ribeiro (2003) ao realizar pesquisa sobre a integração de imagens Landsat TM, e dados auxiliares para a delimitação de unidades fisionômicas de solos, utilizou a técnica das redes neurais artificiais, para a integração de dados originários do sensoriamento remoto, imagens digitais, e informações a respeito dos agentes formadores das paisagens, e que por meio da obtenção de resultados satisfatórios na separação das unidades fisionômicas/geológicas, pode atestar que o uso da técnica, das redes neurais artificiais apresentam vantagens

sobre as técnicas de classificação paramétricas, visto que, permitem a associação de dados de diferentes origens e escalas.

Sabo (2006) realizou pesquisa na área urbana, na qual foi desenvolvido um experimento, baseado na aplicação de uma rede neural artificial para a classificação da cobertura do solo urbano, de Presidente Prudente-SP, e na análise da incerteza na representação das classes temáticas mapeadas, de forma que a ambiguidade de caracterização destas classes foi analisada através da distribuição espacial da probabilidade por classe, da incerteza por classe e da entropia. A realização do experimento confirmou a expectativa inicial quanto ao potencial da rede neural artificial, em discriminar classes de cobertura do solo urbano, caracterizadas pelo alto grau de mistura que apresentam, e representar espacialmente a incerteza associada a cada classe, desde que a aplicação de interesse seja cuidadosamente modelada.

Sprörl (2007) utilizou as redes neurais na modelagem da fragilidade ambiental, traduzindo em modelos matemáticos a relação existente entre componentes físicos, bióticos e sócio-econômicos dos sistemas ambientais. Os resultados comprovaram que é possível emular, o padrão de avaliação de especialistas na definição da fragilidade dos sistemas ambientais, eliminando assim, a arbitrariedade e a subjetividade do processo de elaboração de modelos de fragilidade ambiental.

Samizava et al (2007) realizou uma avaliação do desempenho de uma rede neural artificial na seleção de áreas potenciais para construção de aterros sanitários, abordando duas metodologias de inferência espacial, a análise multicriterial e RNA. Como resultado verificou-se que os métodos apresentaram-se coerentes com a realidade, e a RNA conseguiu reconhecer os padrões espaciais dos dados de entrada, mostrando sua adequação às necessidades de produção de informação. Trabalho que permitiu constatar que, para o estudo de caso, a abordagem baseada em RNA é equivalente à abordagem baseada na aplicação de uma combinação linear na qual os pesos representam o conhecimento de especialista.

## CAPÍTULO 5

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo localiza-se no município de Guarapuava apresentado na Figura 11, que compreende as folhas: SG.22-V-D-III-3 (MI-2838/3), SG.22-V-D-II-4 (MI-2837/4), SG.22.V-D-V-1 (MI-2852/1), SG.22-V-D-VI-1 (MI-2853/1), SG.22-V-D-II-3 (MI-2837/3) , (MI- 2837/2), (2838/1), (MI-2838/4), (MI-2852/2). Possui uma área de 3.115 Km<sup>2</sup> e população de 172.725 habitantes segundo o IBGE (2009).

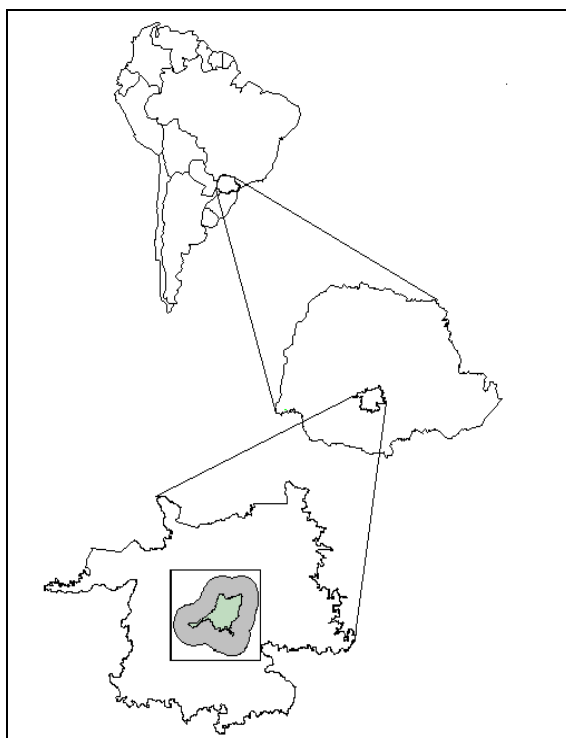


FIGURA 11: Localização área de estudo

FONTE: Modificado de Prefeitura Municipal de Guarapuava-PR



O recorte da área de estudo está localizado entre as folhas, MI-2853/1 e MI-2852/2. Considerando que para a construção do aterro sanitário, a distância indicada do centro de coleta não deveria ser maior do que 10.000 metros (ROCHA, et, al., 2004), optou-se, pela disponibilidade de material cartográfico, delimitar a distância de 5.000 metros do perímetro urbano do município, conforme a Figura 12, que mostra em a área do perímetro urbano e o *buffer* de 5.000 metros, em verde e cinza, respectivamente.

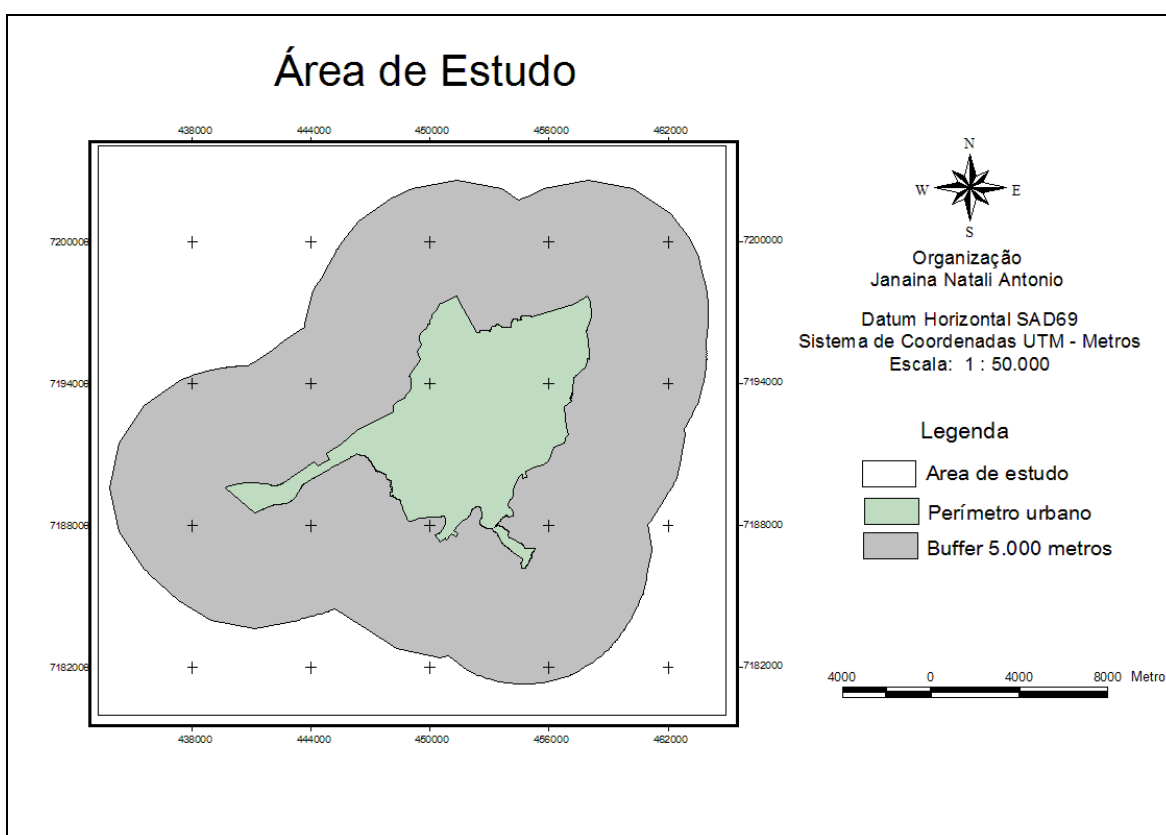


FIGURA 12: Mapa da área de estudo

## 5.2. MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

- Mapa topográfico no formato digital, na escala 1:50.000, cedidas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano – SEDU e Paranacidade.

- Mapas geológico e geomorfológico, na escala de 1:250.000, cedidas pela MINEROPAR;
- Mapa da malha urbana, rodovias e estradas, na escala 1:25.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Guarapuava;
- Mapa da hidrografia, na escala 1:25.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Guarapuava;

### 5.3. PROGRAMAS

- ENVI 4.4. Utilizado para a classificação das áreas potenciais a implantação de aterro sanitário, com a classificação supervisionada por redes neurais artificiais;
- ArcView 3.2 a, utilizado para o pré-processamento de dados, e módulo 3D *Spacial Analyst*, usado para o processamento do Modelo Digital do Terreno.

### 5.4. MÉTODOS

#### 5.4.1. Variáveis de Entrada

A partir dos critérios para a implantação do aterro sanitário, e dos materiais disponíveis foram determinadas as variáveis de entrada, que passaram por um pré-processamento no *ArcView 3.2a* para posterior processamento nas RNA, apresentadas no diagrama de blocos na Figura 13.

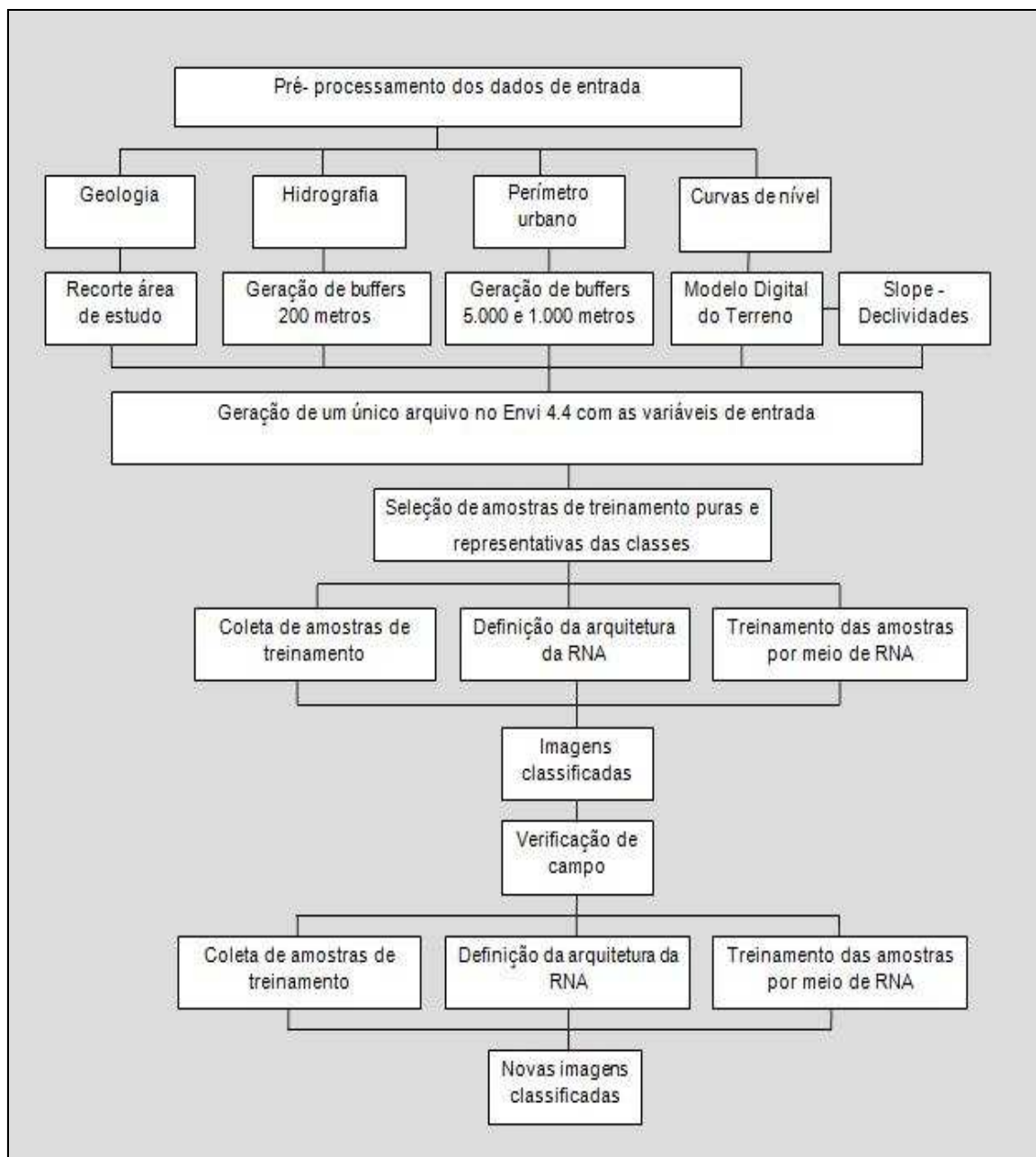


FIGURA 13: Diagrama de blocos – Procedimentos

A seguir são apresentadas as variáveis de entrada e os procedimentos de pré-processamento.

#### 5.4.1.1. Hidrografia

A ABNT (1997) estabelece que as áreas para a construção de um aterro sanitário não devem ser menores que 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.

Desta forma, para delimitar as distâncias dos corpos d'água, foram gerados *buffers* da hidrografia da área de estudo. A geração de *buffers* foi realizada no *ArcView 3.2a*, como exibido na Figura 14.

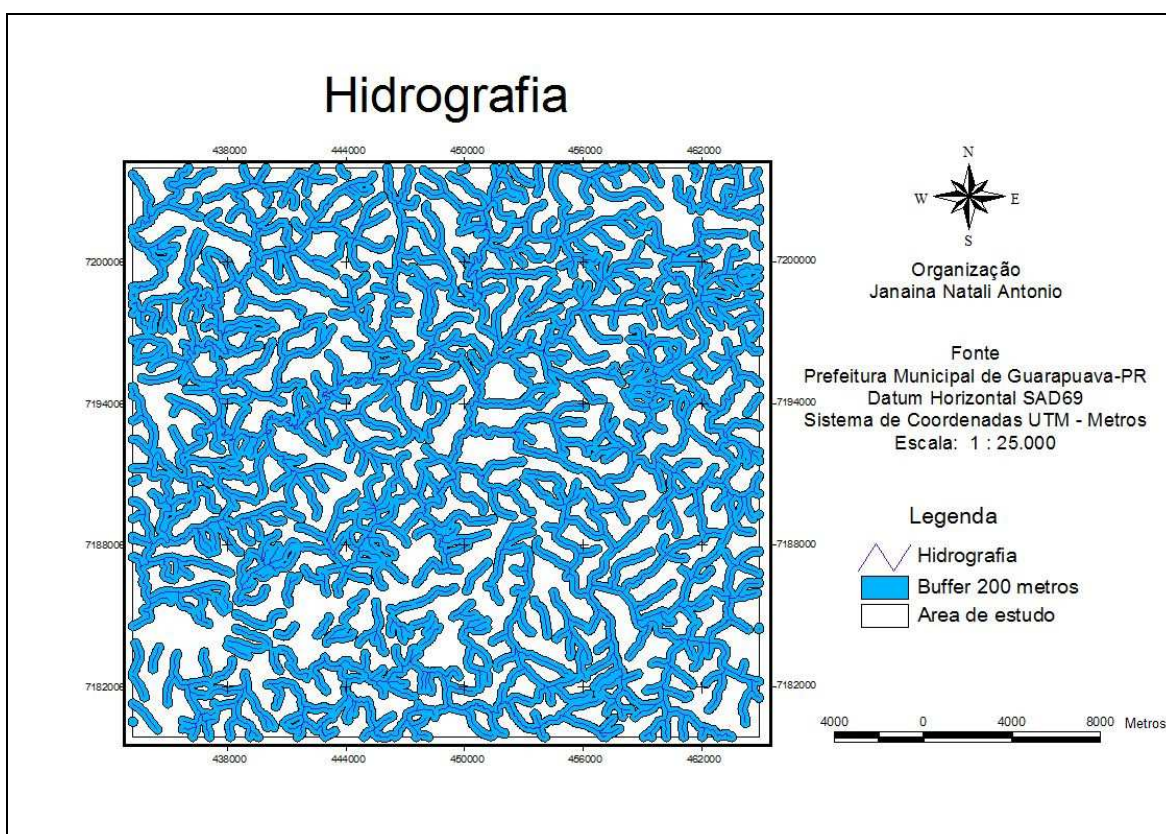


FIGURA 14: *Buffers* da hidrografia  
FONTE: ANTONIO, 2009

#### 5.4.1.2. Perímetro Urbano

De acordo com a ABNT (1997), as áreas não devem se situar a menos de 1.000 metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes. Considerando que podem causar transtornos a população. Para a determinação da área de estudo foi considerada a distância máxima do local de coleta, mediante a geração do *buffer* de 5.000 metros do perímetro urbano, considerando que a distância da área coletora não deve ser maior que 10.000 metros (TENÓRIO e ESPINOSA, 2004).

Neste critério foi identificado o perímetro urbano determinado pelo plano diretor municipal, na escala 1:50.000. Sendo realizada a geração do *buffer* do perímetro urbano com uma distância de 1.000 metros, conforme a legislação indica. A Figura 15 mostra o contorno da área urbana e os *buffers* de 5.000 e 1.000 metros em rosa e vermelho, respectivamente.

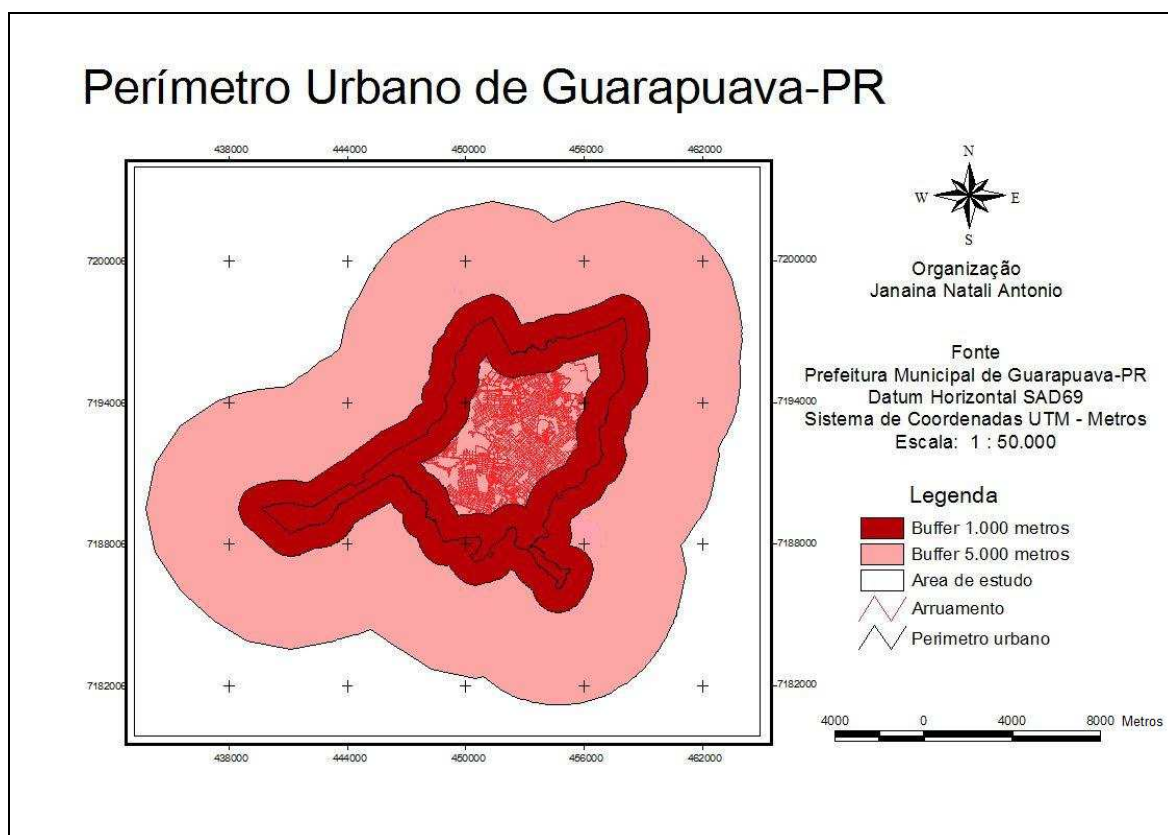


FIGURA 15: Mapa do perímetro urbano de Guarapuava e área de estudo  
FONTE: ANTONIO, 2009

A área do perímetro urbano e a do *buffer* de 1.000 metros representam as de áreas não indicadas, pela impossibilidade de se implantar o aterro sanitário, sendo que as áreas entre os *buffers* de 1.000 e 5.000 metros representam as indicadas.

#### 5.4.1.3. Geologia e Solos

Muller e Pott (2004) realizaram estudo sobre a cobertura pedológica na bacia do Rio das Pedras – Guarapuava-PR, por meio do exame de perfis do solo em cortes de estradas, e identificaram dos 25 pontos estudados 10 foram classificados como Cambissolos, 7 como Neossolos, 5 como Nitossolos e 3 como Latossolos. Portanto há predominância da combinação cambissolos+neossolos (68% dos pontos), resultado que vai ao encontro dos dados emitidos pelo levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná, realizado pela Embrapa em 1984 (MULLER E POTT, 2004).

Este estudo mostrou que os solos apresentam-se, muitas vezes plásticos e pegajosos, aparentemente ricos em ferro (fe), interferência que deriva da variação de cores da matriz do solo (vermelha-amarela) e da presença em vários perfis de plintita e petroplintita (MULLER E POTT, 2004).

Os cambissolos são constituídos por material com horizonte b incipiente abaixo de qualquer horizonte superficial, de subsuperfície que sofreu poucas alterações físicas e químicas, e devido a menor intensidade de alterações, possuem um maior percentual de minerais primários, localizados em áreas com declividades acima de 18% (MULLER E POTT, 2004).

Os neossolos regolíticos apresentam contato com a rocha abaixo de 50 cm a partir da superfície, já os neossolos litólicos o contato ocorre a menos de 50 cm da superfície, apresentando pequena espessura. Tanto os neossolos regolíticos quanto os neossolos litólicos localizam-se geralmente em topografias acentuadas na região e, sendo rasos, com pequeno volume para armazenamento de água pluviométrica, tornam-se suscetíveis ao encharcamento e a erosão (MULLER E POTT, 2004).

Os nitossolos são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte b nítico imediatamente abaixo do horizonte a, ou dentro dos primeiros 50 cm de horizonte b, que se caracteriza pela textura mais fina que a do horizonte a, argilosa ou muito argilosa, estrutura moderada a forte, em blocos ou prismas, com superfícies reluzentes entre os blocos ou prismas, associados a cerosidade (argila iluvial) ou compressão (EMBRAPA, 1999 apud MULLER E POTT, 2004).

Os latossolos têm menor permeabilidade devido ao enriquecimento de argila no horizonte b nítico, o que resulta em menor quantidade de macroporos (predomínio de microporos). São solos em avançado estágio de intemperização, destituídos de minerais primários, muito evoluídos, profundos, de estrutura bem desenvolvida e localizados em áreas menos declivosas compressão (EMBRAPA, 1999 apud MULLER E POTT, 2004).

Quanto à geologia, Guarapuava esta situada sobre a Formação Serra Geral com rochas ígneas, e estritamente em sua área leste, na Formação Botucatu, do Grupo São Bento, e tiveram sua formação durante a era mesozóica. Através de vulcanismo fissural foram geradas essencialmente tipos de rochas ígneas, no qual, com predominância das rochas de natureza básica (basaltos e andesitos toleíticos) em aproximadamente 97,5% do volume total, e as rochas de natureza ácidas (riolitos e riodacitos) representam 2,5% do volume, como pode ser observado na Figura 14 (NARDY, et al. 2002).

O topo da sequência vulcânica Serra Geral é composto por extensa e homogênea cobertura de riodacito porfirítico, com afloramentos isolados de basalto, riolito, vitrófiro e brecha de fluxo. No planalto de Guarapuava, esta cobertura estende-se por um intervalo de 470 m, entre as cotas aproximadas de 860 m e 1.330 m (ARIOLI, 2008).

As rochas vulcânicas mesozóicas encontradas no Paraná distribuem-se em uma faixa, que abrange cerca de 50% da área total do estado e que está associada a compartimentação do Terceiro Planalto Paranaense (VOLKMER e FORTES, 2004).

A escarpa Mesozóica, conhecida com Escarpa da Esperança, denominação local da Formação Serra Geral no Paraná marca o início do terceiro



planalto paranaense, o Planalto de Guarapuava. Geologicamente esta área corresponde ao vasto derrame de rochas eruptivas (basaltos, diabásios e meláfiros) e aos depósitos de arenitos (Botucatu e Caiuá) da era Mesozóica, onde aconteceu o maior derrame de lavas vulcânicas do mundo, conhecido como derrame de Trapp, que mais tarde originou a famosa terra roxa, que se faz presente no norte e oeste do estado (LEINZ,1949).

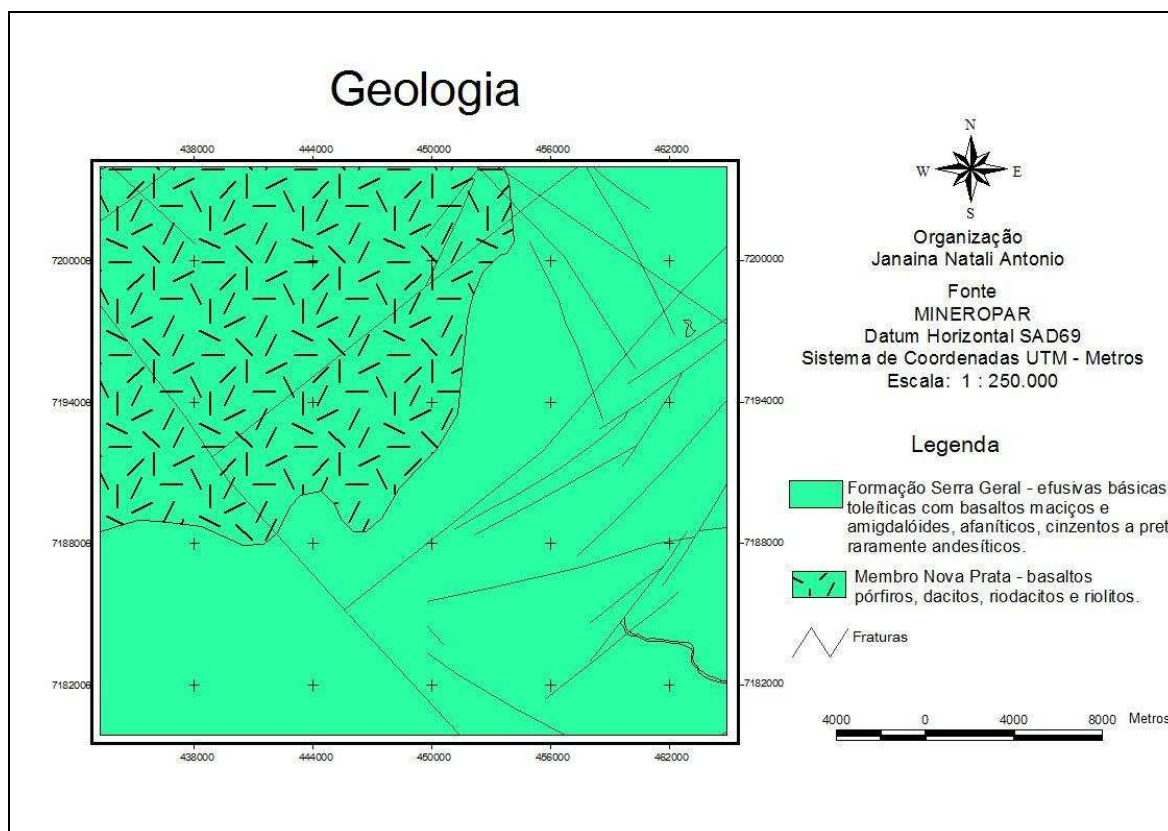


FIGURA 16: Mapa da geologia  
 FONTE: Modificado de MINEROPAR, 2006

Os basaltos predominam na área, subordinadamente as unidades ácidas do Tipo Chapecó, caracterizadas por riolitos, riódacitos e quartzo-latitos, estas unidades caracterizam os platôs de Pinhão e Guarapuava, são os derrames mais recentes. Ainda aparecem rochas intermediárias, os andesitos.

Os basaltos são rochas predominantemente duras e compactas, com textura de granulação muito fina, enquanto que os diabásios, muito



semelhantes, são diferenciados principalmente pela granulação maior; ambas possuem coloração que varia de cinza escura a preta. Estão relacionados a derrames vulcânicos, assim como o riolito rocha vulcânica de composição ácida, ricos em minerais ricos em sílica, sódio e potássio.

Esta formação apresenta algumas fraturas, que são superfícies de descontinuidade física das rochas, causadas nesta região pelo resfriamento de magma e sua consolidação com diminuição de volume, principalmente de baixa profundidade e extravasado como derrame de lava.

Para a classificação das áreas do aterro sanitário foram consideradas como restrição as fraturas da superfície geológica, enquanto a estrutura não foi considerado um fator limitante devido a sua escala de 1:250.000, e pela formação ser composta principalmente por rochas vulcânicas ácidas, como os basaltos que como descrito anteriormente, são rochas duras e compactas e de granulação fina, que impede a infiltração de líquidos provenientes da decomposição do lixo.

#### 5.4.1.4. Relevo

Conforme Rocha (2004) seguindo os critérios do IPT/SP (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo), devem se considerar as características geomorfológicas ligadas às formas e dinâmicas do relevo do terreno, por meio dos aspectos de compartimentação geomorfológica e características das unidades que compõe o terreno, como áreas de morros, planícies, encostas, etc.

Nesta região, dos Campos de Guarapuava, na porção central até a sul do estado, o relevo de colinas é de moderadamente ondulado a escarpado, constituído por formas onduladas suaves que correspondem aos campos de Palmas. Os planaltos desta região dispõem-se em altitudes médias mais elevadas, podendo atingir 1200m, aos quais se associam formas de relevo onduladas que são resposta aos altos e baixos estruturais regionais (VOLKMER e FORTES, 2004).

Conforme a Figura 17, na área de estudo encontram-se partes dos planaltos Pitanga/Ivaiporã, Foz do Areia/Ribeirão Claro e Palmas/Guarapuava, como a escala do mapa geomorfológico de 1:250.000, uma escala pequena, não foi utilizado para a classificação.

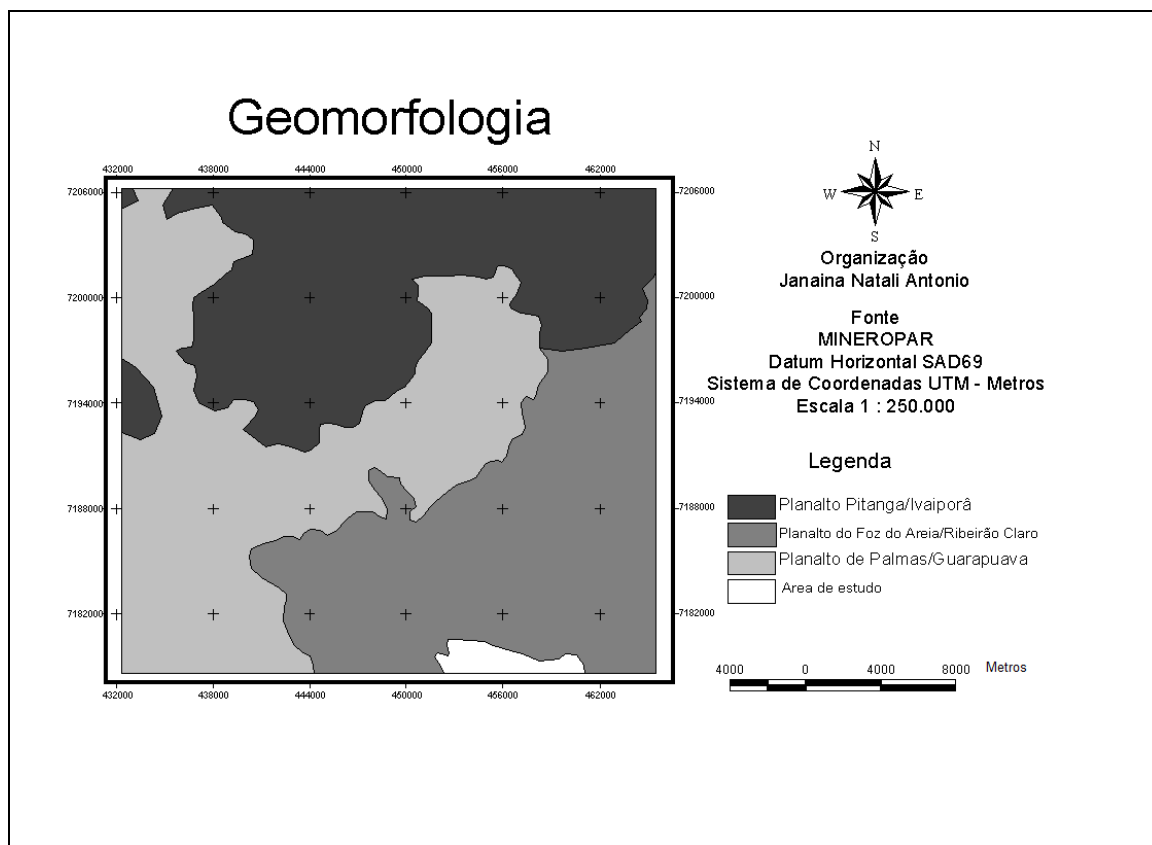


FIGURA 17: Mapa da geomorfologia  
FONTE: Modificado de MINEROPAR, 2006

Optou-se por conta da escala do mapa de geomorfologia, de 1:250.000, trabalhar com as variáveis relacionadas as declividades obtidas pelo MDT, na escala de 1:50.000.

O MDT pode ser definido por equações analíticas (modelos matemáticos) da distribuição espacial da altitude vinculada a uma superfície real. O MDT é um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos, em termos de coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  e a partir desses é interpolada toda a informação relativa a uma superfície  $(x, y)$ , em

um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície (CÂMARA, et al, 1998, p. 419 apud RIBEIRO, 2003).

O MDT, foi gerado pelo mosaico no formato digital das curvas de nível das cartas topográficas MI 2837-4, MI 2838-3, com escala de 1:50:000 de 20 em 20 metros, digitalizadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Paranacidade, apresentado na Figura 18.

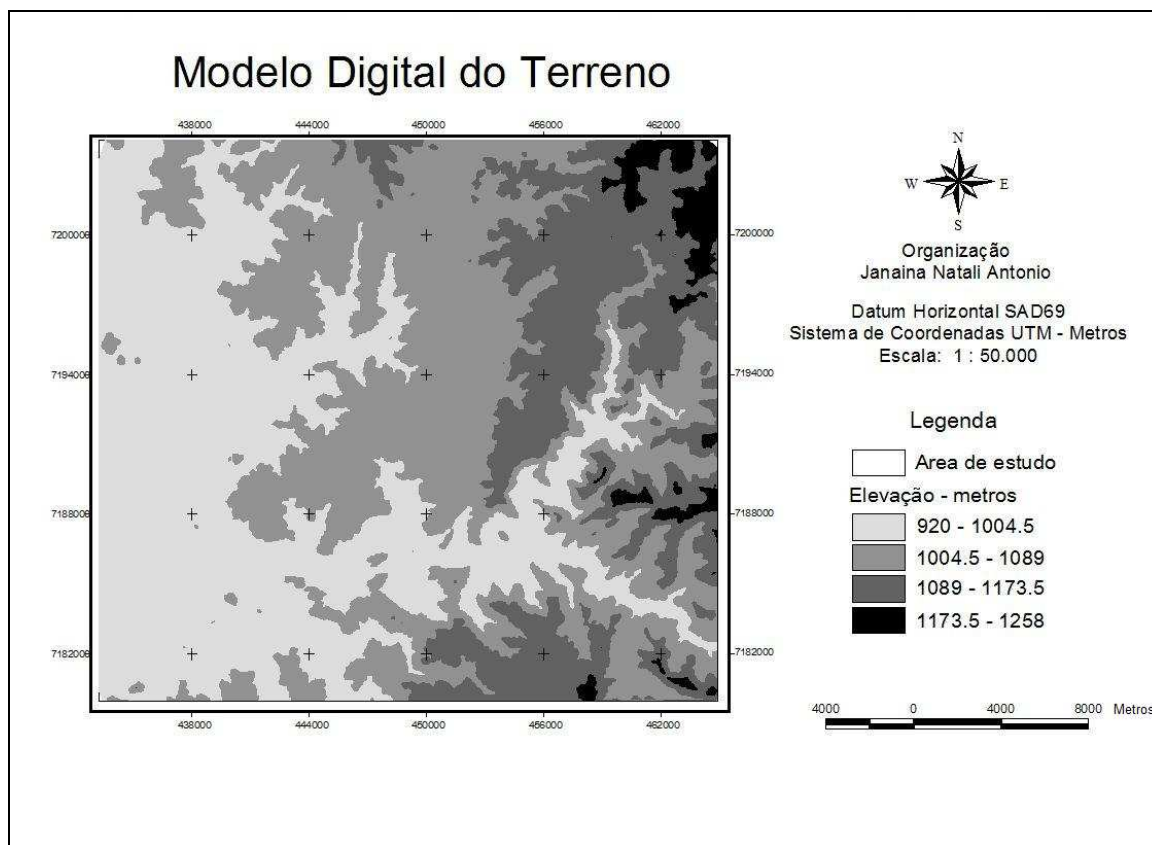


FIGURA 18: Modelo Digital do Terreno  
FONTE: ANTONIO, 2009

O MDT foi incluído como uma das variáveis de entrada na escolha das quatro classes (indicada com preferência; indicada; indicada com restrições e não indicada) considerando os valores de altitude, conforme Quadro 05, visando aumentar o peso da influência da variável de relevo.

QUADRO 05: Classes de Altitude

Altitude	Classificação das áreas
920 – 1004,5 m	Indicada com preferência
1004,5 – 1089 m	Indicada
1089 – 1173,5 m	Indicada com restrições
1173,5 – 1258 m	Não Indicada

A partir do MDT foi obtido o mapa de declividade do terreno, o qual é gerado mediante a utilização da técnica *slope*, com 4 classes de declive em porcentagem, representado na Figura 19. Conforme Samizava et. al. (2005) esta variável não deve estar acima de 30% de inclinação, pois acima desta porcentagem as áreas são consideradas com inadequadas para a implantação do aterro sanitário por serem extremamente acentuada em termos de inclinação.

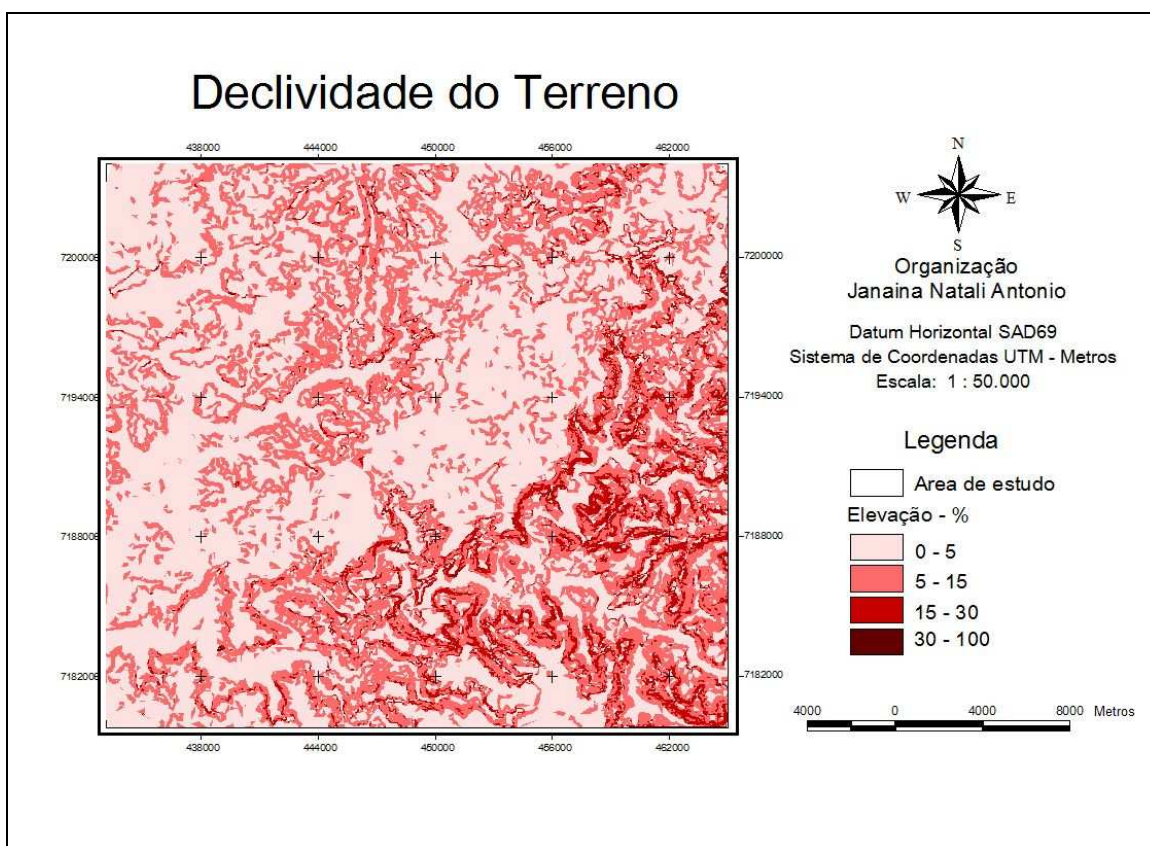


FIGURA 19: Mapa de declividade do terreno  
FONTE: ANTONIO, 2009

As classes de declividade do terreno foram classificadas de acordo com o Quadro 06.

QUADRO 06: Classes de declividade

Declividade	Classificação das áreas
0 – 5 %	Indicada com preferência
5 – 15 %	Indicada
15 – 30 %	Indicada com restrições
30 – 100 %	Não indicada

#### 5.4.2. Redes Neurais Artificiais

Conforme Medeiros (1999, p. 74) na elaboração do projeto da RNA ideal para solucionar algum problema, uma das tarefas mais difíceis é determinar o número de elementos de processamento da camada oculta, bem como o número de camadas ocultas, Emaruchi et al. sugere alguns procedimentos que podem orientar no projeto de da RNA:

- Um maior número de elementos de processamento podem levá-la ao processo de memorização;
- Quanto mais complexa a função de mapeamento maior deve ser a RNA; deve-se iniciar os experimentos com uma única camada oculta, se necessário, utilizar duas camadas ocultas;
- Quanto maior for o conjunto de treinamento, maior deverá ser o número de elementos de processamento da RNA.

Para o treinamento das amostras de treinamento na RNA foi definido um conjunto de variáveis de entrada para definir a área adequada para a implantação do aterro sanitário. Essas variáveis de entrada, estrutura de dados,

pode ser observada na Figura 20, a qual é composta por um conjunto de 05 entradas com as variáveis escolhidas para treinamento, uma camada de processamento e um conjunto de saída composto por classes temáticas do mapeamento da área de estudo.

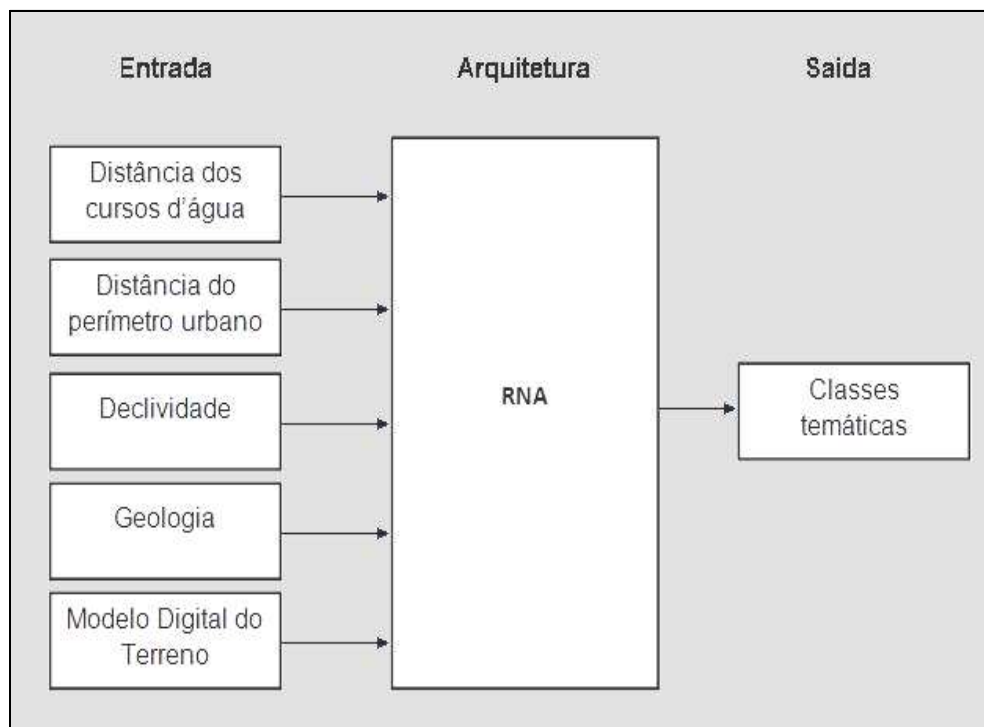


FIGURA 20: Exemplo da RNA com dados de entrada, arquitetura (processamentos) e saída (classes) para análise das áreas aptas a implantação do aterro sanitário.

Os procedimentos foram realizados no *Software* ENVI 4.4, utilizando técnicas específicas para classificação supervisionada com RNA. As variáveis de entrada foram organizadas em um arquivo único, passando inicialmente por um processo de coleta de amostras e após pela definição dos parâmetros da RNA no ENVI 4.4, e posterior classificação.

Após a definição dos planos de entrada e saída, o ENVI 4.4 solicita a definição de alguns parâmetros para classificação, os quais são descritos por Cruz (2005) como:

- **Função de ativação** : para verificar se um elemento de processamento é ou não ativado por uma entrada específica, foi usada uma função sigmóide (logística).
- **Limiar de contribuição do treinamento**: esse limiar determina o tamanho da contribuição do peso interno com respeito ao nível de ativação do nó. É usado para ajustar as mudanças ao peso interno de um nó e pode variar entre 0 e 1.
- **Taxa de Treinamento**: a taxa de treinamento determina a magnitude do ajuste para os pesos, sendo que seu valor pode variar de 0 a 1. Uma taxa mais alta acelerará o treinamento, mas também aumentará o risco de oscilações ou não convergência do resultado do treinamento.
- **Taxa de Momento**: varia de 0 a 1. Uma taxa de momento maior que zero permite fixar uma taxa de treinamento mais alta e sem oscilações, viabilizando mudanças de peso mais adequadas.
- **Critério de término de treinamento baseado no Erro Médio Quadrático (RMS)**: valor do erro no qual o treinamento deve ser finalizado (máxima diferença entre o valor esperado e o valor de saída). Quando o RMS, que é mostrado durante o treinamento, estiver abaixo do valor estabelecido para o erro, o treinamento pára mesmo se o número de iterações previstas não for completado, e então a classificação será efetuada.
- **Número de Camadas Escondidas**: para classes linearmente separáveis o número de camadas escondidas é zero, ou seja, a RNA é caracterizada apenas pela camada de entrada e a camada de saída. Quando as classes não são linearmente separáveis é necessário introduzir camadas escondidas cujo número depende da complexidade do conjunto de dados.
- **Número de iterações do treinamento**: número de ciclos de treinamento necessários para minimizar o erro desejado.
- **Limiar de ativação**: valor que define se um pixel será ou não classificado. Se o valor de ativação do pixel que é classificado for menor que este valor de limiar, então este pixel não será classificado.



#### 5.4.2.1. Coleta das Amostras de Treinamento Puras e Representativas de Cada Classe

Para a coleta de amostras foi organizado um *croqui* de coleta, no *ArcView* 3.2a, através da sobreposição das variáveis de entrada e das restrições para a classificação das áreas. Na Figura 21 tem-se a sobreposição das variáveis de entrada feita no *ArcView* 3.2a para a elaboração do *croqui* de localização das amostras de treinamento, e a Figura 22 ilustra a distribuição das amostras de treinamento na área de estudo.

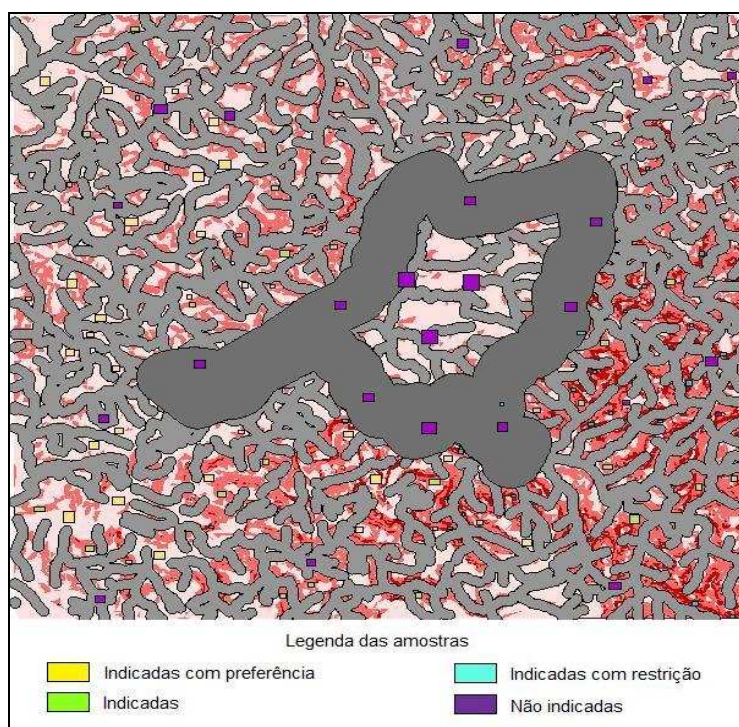


FIGURA 21: Croqui de amostras no Arc View 3.2a



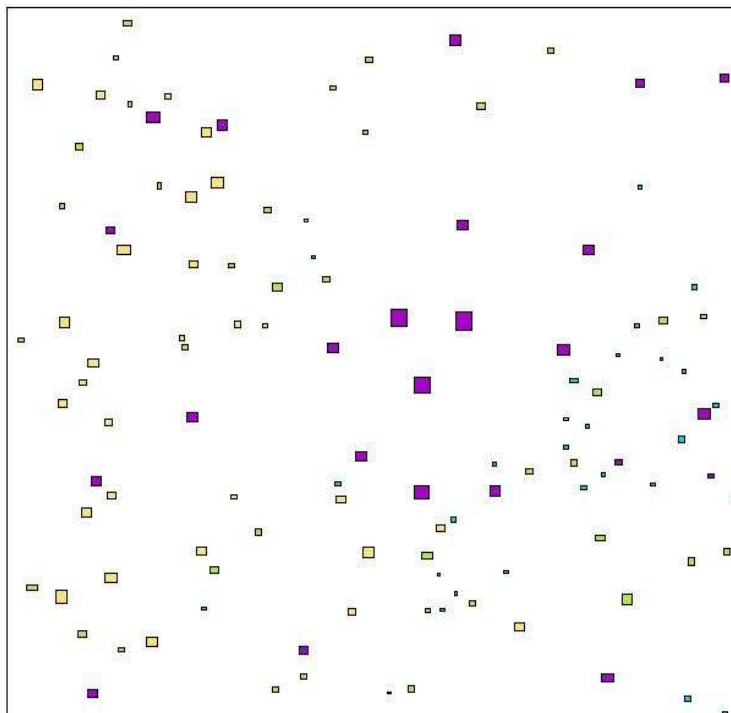
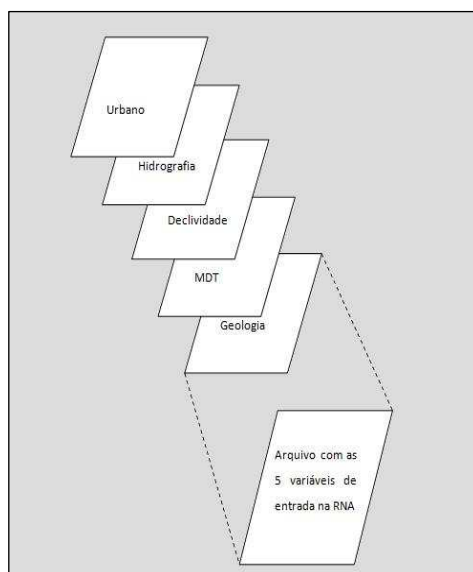


FIGURA 22: Distribuição das amostras

Após a realização do croqui de indicação dos locais de coleta das amostras no *ArcView* 3.2a conforme as Figuras 21 e 22, as variáveis escolhidas para a classificação foram organizadas em um arquivo único no *ENVI* 4.4, conforme a Figura 23.

FIGURA 23: Organização das variáveis de entrada no *ENVI* 4.4

Após esse processo foi realizada a coleta de amostras de treinamento conforme o *croqui* de distribuição na Figura 22, considerando em média 250 *pixels* para cada classe tomando o cuidado para que estas estejam bem distribuídas na área de estudo e que sejam representativas de cada classe indicadas no Quadro 07.

QUADRO 07: Quantidade de *pixels* coletados por classe

Amostra	Cor	<i>Pixels</i>
Não indicada	Vermelho	252
Indicada com restrição	Amarelo	259
Indicada	Azul	255
Indicada com preferência	Verde	256

A seguir será apresentada a organização das variáveis de entrada da RNA, visando avaliar a influência destas na camada de saída.

#### 5.4.2.2. Avaliação da Influência das Variáveis de Entrada para o Treinamento da RNA

Para a verificação da importância das variáveis de entrada na classificação, foram realizados testes alterando as variáveis de entrada e os parâmetros de modelagem da RNA. Foram realizadas três combinações para os testes com 5, 4, 3 variáveis de entrada, indicadas no Quadro 08. Para cada combinação foram mantidos os parâmetros de modelagem (arquitetura da RNA) para verificar a influência de cada variável.

QUADRO 08: Variáveis de entrada avaliadas

Quantidade de variáveis de entrada	Variáveis avaliadas
5	Área urbana Hidrografia Declividade Geologia MDT
4	Área urbana Hidrografia Declividade MDT
3	Área urbana Hidrografia Declividade

Para cada combinação foram realizados 10 testes alterando os parâmetros (arquitetura) da RNA, até alcançar resultados desejados. A retirada de variáveis de entrada foi realizada para verificar sua influência (melhora ou piora o resultado) na camada de saída da RNA com 4 classes. Os critérios utilizados para a retirada das variáveis de entrada foram, para a retirada da geologia a questão da escala, de 1:250.000, pouco representativa para a área de estudo. E para a retirada da variável MDT, pois a variável de altitude está contida na variável referente às declividades.

#### 5.4.2.3. Arquitetura das Redes e Algoritmo de Treinamento

Como não há uma configuração ótima pré-determinada para a RNA, é necessária a realização de testes (treinamento das amostras de acordo com o problema) para definição da melhor arquitetura, de acordo com o problema da pesquisa.

Para a realização dos testes vários foram feitas combinações dos parâmetros da RNA, até chegar a resultados satisfatórios. O algoritmo de treinamento utilizado foi o *Backpropagation* com variações dos parâmetros: mantendo sempre o modo de ativação logística (sigmoidal), e alterando os

parâmetros de Contribuição limiar de treinamento (*Training threshold contributin*), a taxa de aprendizado (*Training rate*), a dinâmica de Treinamento (*Training momentum*), critério de saída EMQ - Erro médio quadrático - de treinamento (*Training RMS exit criteria*), número de camadas escondidas (*Number of hidden layers*), número de iterações de treinamento (*Number of training iterations*).

Para Santos et. al (2005) a função de ativação, também chamada de função de transferência, é uma função matemática que, aplicada à combinação linear entre as variáveis de entrada e pesos que chegam a determinado neurônio, retorna ao seu valor de saída. Existem diversas funções matemáticas que são utilizadas como função de ativação. As funções de ativação mais comumente usadas são: função logística e a função hiperbólica. A ativação logística deve ser usada para classificações que envolvam o aprendizado de um determinado padrão.

As redes multicamadas usam a função de transferência sigmóide para o algoritmo de treinamento *backpropagation*, que utiliza para o ajuste dos pesos o processo de minimização do gradiente descendente e o limiar da função sigmóide. As funções são utilizadas para gerar uma saída de sinal pela RNA. Para Ribeiro (2003, p. 82) se o gradiente descendente (a derivada do erro em relação aos pesos) tem uma pequena magnitude causa pequenas mudanças nos pesos, mudanças não suficientes para que se atinja um valor ótimo.

Como no gradiente descendente padrão a taxa de aprendizado é constante durante o treinamento, onde os pesos são ajustados, sendo que pode ocorrer um processamento muito lento se a taxa de aprendizado é pequena, ou o algoritmo pode se tornar instável se a taxa fixada é muito alta. Com base no exposto, uma solução para se evitar as duas situações é permitir que a taxa de aprendizado seja modificada durante o processo de treinamento (RIBEIRO, 2003, p. 82).

O *Momentum* é a taxa que prevê os efeitos das mudanças dos pesos no ajustamento em questão, portanto estabelece a direção para a minimização mais rápida do erro (JARVIS et al., 1996, p. 964 apud RIBEIRO, 2003, p. 83).

O erro médio quadrático tem objetivo de ajustar os pesos para que os dados de entrada sejam corretamente mapeados em suas correspondentes saídas (LEMOS, 2003)

Sobre o número de neurônios na camada escondida, não há um critério geral de definição, em geral, redes neurais com poucos neurônios escondidos são preferidas, visto que elas tendem a possuir um melhor poder de generalização, porém, podem não possuir a habilidade suficiente para modelar e aprender os dados em problemas complexos (SANTOS, 2005).

Conforme Lemos (2003, p. 86) uma boa escolha dos valores iniciais dos pesos da rede pode diminuir o tempo necessário para o treinamento. Com relação ao tempo de treinamento, vários fatores podem influenciar a sua duração, porém sempre será necessário utilizar algum critério de parada, em geral para algoritmo *Backpropagation*, o critério de parada é o número máximo de ciclos ou iterações.

#### 5.4.2.4. Validação dos Testes

Para a validação das classificações foi realizada uma conferência de campo em 4 áreas, cada uma contendo as características da classificação (Indicada com preferência, indicada, indicada com restrição e não indicada), conforme o Quadro 09.

QUADRO 09: Indicação das áreas de validação dos testes

Classificação da área	Nº da área
Indicada com preferência	01
Indicada	02
Indicada com restrição	03
Não indicada	04

A partir da verificação em campo das características das áreas foi realizada uma nova coleta de amostras de treinamento em áreas diferentes dos primeiros testes, e realizadas novas classificações, seguindo os procedimentos descritos anteriormente.

Foi realizada a coleta de amostras de treinamento nas áreas de verificação de campo e em outras que apresentavam as características semelhantes. Em média foram coletados 260 *pixels* para cada classe tomando o cuidado para que estas estejam bem distribuídas na área de estudo e que sejam representativas de cada classe, mostrados no Quadro 10.

QUADRO 10: Quantidade de *pixels* coletados por classe

Amostra	Cor	<i>Pixels</i>
Não indicada	Vermelho	263
Indicada com restrição	Amarelo	264
Indicada	Azul	264
Indicada com preferência	Verde	266

A arquitetura utilizada para a RNA e as classificações com os melhores resultados serão apresentadas no capítulo 6. resultados e discussões, a seguir.

## CAPÍTULO 6

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 6.1. RESULTADO DO TREINAMENTO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL

A seguir serão apresentados os resultados do uso das RNA para a identificação das áreas com potencial a implantação do aterro sanitário em Guarapuava-PR. Conforme descrito no item 5.4.2.2. foram realizados testes variando as camadas de entrada, para avaliar a influência destas no resultado de saída. Para cada combinação de camadas de entrada foram testadas diferentes arquiteturas da RNA.

Os testes foram realizados com o algoritmo de treinamento *backpropagation* para RNA multicamadas, alterando-se a quantidade de camadas de entrada e a sua topologia ou arquitetura. Os melhores resultados da RNA com 5, 4 e 3 camadas de entrada, foram obtidos com 2 neurônios na camada escondida, e variações dos parâmetros: limiar de treinamento, taxa de aprendizado, dinâmica de Treinamento, EMQ - Erro médio quadrático e número de iterações, apresentado nos itens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3.

##### 6.1.1. Resultados dos Testes com 5 Camadas de Entrada

Foram realizados uma série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento. Para a primeira sequência testes foram utilizadas 5 camadas de entrada:

- Área urbana
- Hidrografia
- Declividade
- MDT
- Geologia

Na tabela 01, são mostrados os resultados dos testes com 5 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 01: Resultados das classificações com 5 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 5, 1,	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 5, 1,	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 5, 1	Logística	0.9000	0.1000	0.5000	0.0800	1000
Arquitetura 4 5, 1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 6 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	2000
Arquitetura 8 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.1000	2000
Arquitetura 9 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	1000
Arquitetura 10 5, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000

Melhor resultado

Pode-se verificar, por meio da tabela 01, que o erro médio quadrático variou de 0,1000 a 0,0500, apresentando melhor resultado com o valor de 0.0500, indicado pela arquitetura 7.

O número de iterações foram mantidos em 1000 e 2000, visto que valores maiores não obtiveram bons resultados e aumentaram o tempo de processamento da RNA, visto que o número de iterações para o algoritmo *Backpropagation*, representam o critério de parada do processo de classificação.



Sobre o número de neurônios na camada escondida, não há um critério geral de definição, em geral, redes neurais com poucos neurônios escondidos são preferidas, visto que elas tendem a possuir um melhor poder de generalização, porém, podem não possuir a habilidade suficiente para modelar e aprender os dados em problemas complexos (SANTOS, 2005). Nos testes realizados o número de camadas escondidas variou de 1 a 3, sendo que os melhores resultados foram obtidos com 2 camadas escondidas. Apenas com uma camada escondida os resultados não foram satisfatórios, e com 3 camadas escondidas a RNA não conseguiu realizar o processamento.

A arquitetura 1 foi feita com os parâmetros sugeridos pelo programa ENVI 4.4 e não apresentou bom resultado visual, pois realizou apenas a classificação de 3 classes temáticas. Pode-se considerar que para este tipo de classificação os valores de limiar e da dinâmica de treinamento fixados para a arquitetura 1, em 0.9000 foram muitos altos, dificultando a distinção das 4 classes selecionadas pelas amostras de treinamento.

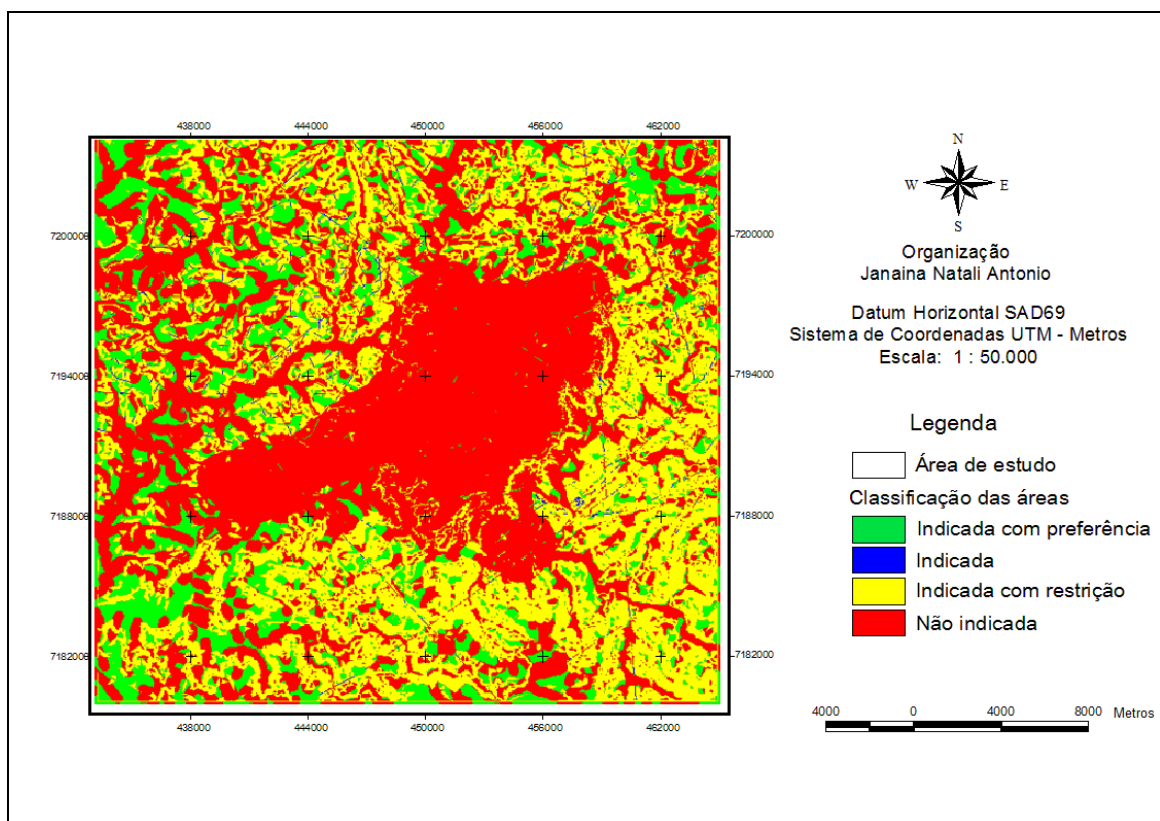


FIGURA 25: Resultado da classificação da arquitetura 1 (5,1)

A partir da arquitetura 2 passam a ser utilizados para a taxa de aprendizado o valor 0.1000, pois apresentou melhor distinção das classes temáticas. E conforme Ribeiro (2003, p. 82) como no gradiente descendente padrão a taxa de aprendizado é constante durante o treinamento, pode ocorrer um processamento muito lento se a taxa de aprendizado é pequena, ou o algoritmo pode se tornar instável se a taxa fixada é muito alta. Assim o valor de 0.2000 mostrou-se alto dando instabilidade a RNA que não apresentou uma boa distinção das classes na camada de saída.

A arquitetura 2 com a diminuição do limiar de treinamento de 0.9000 para 0.8000, a taxa de aprendizagem de 0.2000 para 0.1000, a dinâmica do treinamento de 0.9000 para 0.8000, e o erro médio quadrático de 0.1000 para 0.0800, houve melhora no resultado de saída, com a distinção das 4 classes temáticas, conforme pode-se observar na Figura 26.

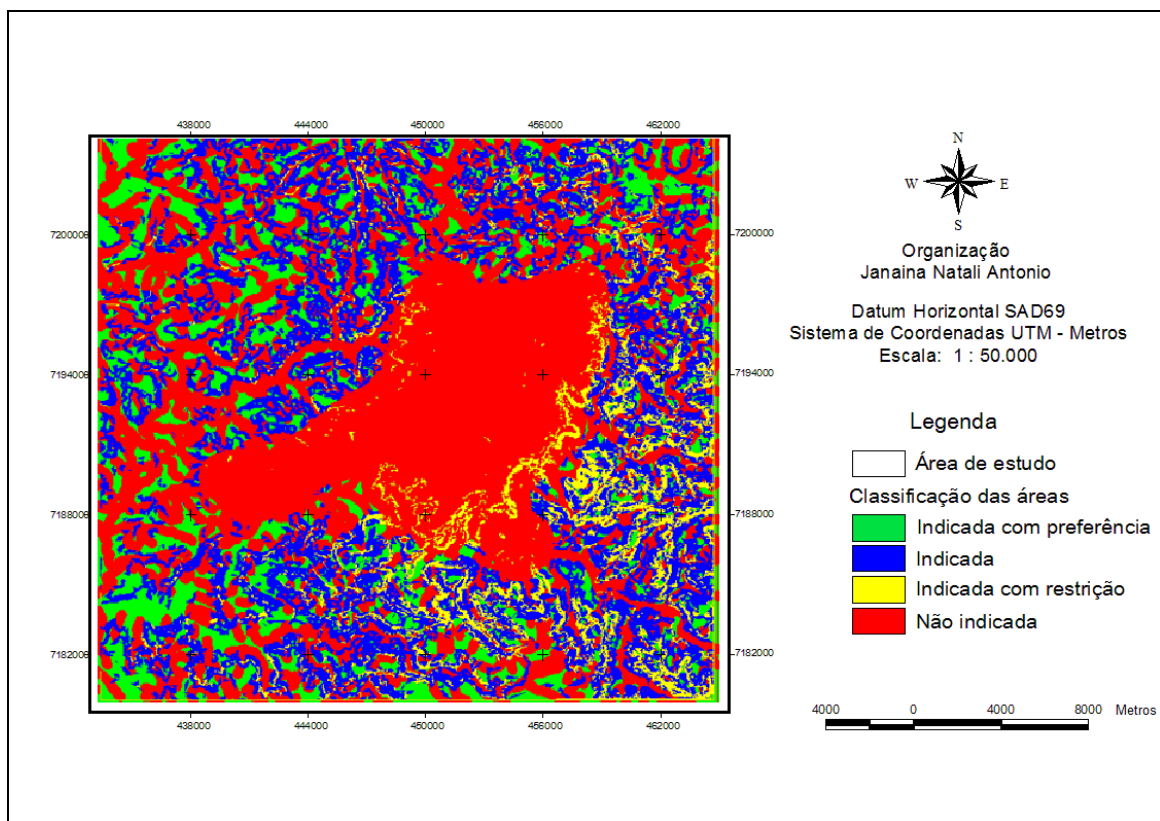


FIGURA 26: Resultado da classificação da arquitetura 2 (5,1)

O melhor resultado obtido com a RNA com 5 camadas de entrada foi com a arquitetura 7, composta por 2 neurônios escondidos, limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica do treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0500 e o número de iterações de 2000, apresentado na Figura 27.

Foi possível constatar, pela avaliação visual, que o aumento para 2 neurônios na cada escondida e número de iterações (ciclos) para 2000, que a RNA melhorou os resultados de reconhecimento dos padrões espaciais.

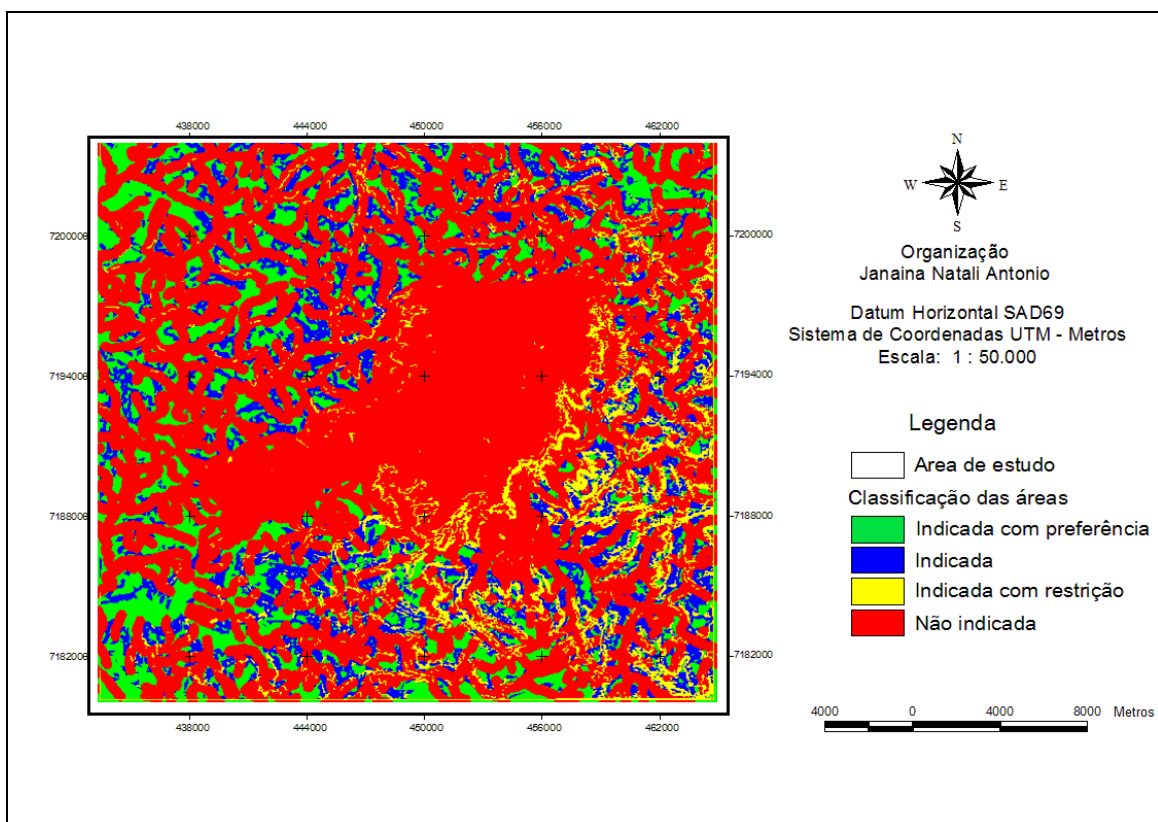


FIGURA 27: Resultado da classificação da arquitetura 7 (5,2)

A classificação obtida com a arquitetura 7, apresentou melhor distinção entre as classes. A classe não indicada, em vermelho, destacou as áreas de restrição referentes a hidrografia e ao perímetro urbano. A classe indicada com restrição, em amarelo, destacou as áreas de declive, porém ficou intercalada com a classe não indicada.

As classes indicadas com preferência e indicada, em verde e azul respectivamente, tiveram boa distinção, e destacaram principalmente áreas com baixas declividades e altitudes.

#### 6.1.2. Resultados dos Testes com 4 Camadas de Entrada

A segunda série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento, foi realizada com 4 camadas de entrada:

- Área urbana
- Hidrografia
- Declividade
- MDT

Na tabela 02, são mostrados os resultados dos testes com 4 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 02: Resultados das classificações com 4 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 4, 1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 4 4, 2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000
Arquitetura 6 4, 2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 4, 2	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 4, 2	Logística	0.8000	0.1200	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 9 4, 2	Logística	0.8000	0.1400	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 4, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000

Melhor resultado

Para a arquitetura da RNA com 4 camadas de entrada os índices que alterados deram melhores resultados foram os referentes a taxa de aprendizado, para o qual foi realizado variações de 0.0800 a 0.2000.

A arquitetura 1 composta por 4 camadas de entrada e um neurônio escondido, o limiar de treinamento de 0.9000, a taxa de aprendizagem 0.2000, a dinâmica do treinamento de 0.9000, o erro médio quadrático de 0.1000 e o número de iterações de 1000, embora tenha realizado a distinção das 4 classes temáticas, não classificou as amostras de restrição referentes a hidrografia, apresentando como única área da classe não indicada a delimitação do *buffer* de 1000 metros do perímetro urbano, q pode ser observado na Figura 28.

Pode-se considerar que para esta classificação os valores de limiar e da dinâmica de treinamento fixados para a arquitetura 1, em 0.9000 e da taxa de aprendizado de 0.2000 foram muitos altos para a distinção das classes temáticas. Sobre o número de iterações (ciclos) fixado em 1000, pode constatar

que em conjunto com os parâmetros da arquitetura 1, foi baixo e por este motivo não teve tempo suficiente para a realização de todos os padrões espaciais.

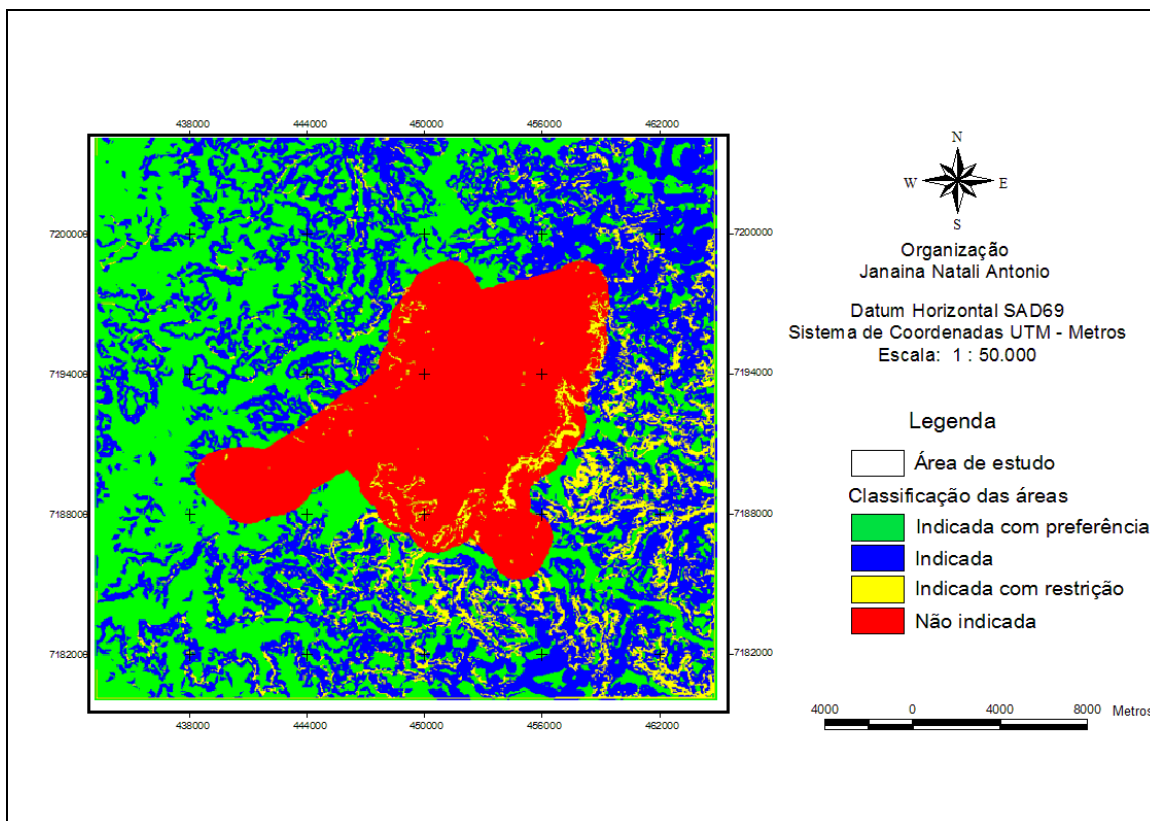


FIGURA 28: Resultado da classificação da arquitetura 1 (4,1)

A Figura 29 mostra o resultado da classificação da arquitetura 3, com 4 camadas de entrada e 2 neurônios na camada escondida, com as variações do limiar de treinamento para 0.8000, a taxa de aprendizagem de para 0.1000, a dinâmica do treinamento para 0.8000, e o erro médio quadrático de 0.0800, e o número de iterações de 2000, houve melhora no resultado de saída, com o aparecimento das restrições relativas a hidrografia, porém apenas em parte da área.

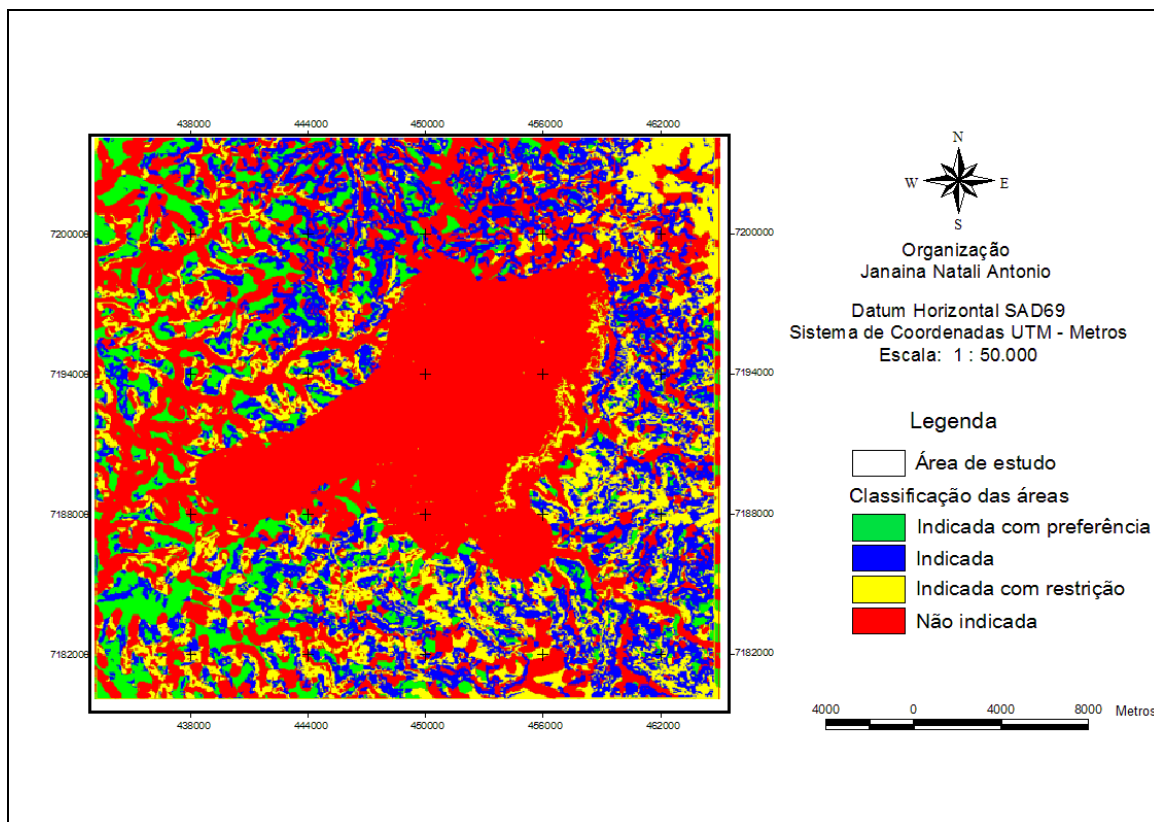


FIGURA 29: Resultado da classificação da arquitetura 3 (4,1)

A Figura 30 apresenta o melhor resultado para a RNA com 4 camadas de entrada, obtido com a arquitetura 6, composto por 2 neurônios na camada escondida, e valores de 0,8000 para o limiar de treinamento, 0.1500 para a taxa de treinamento, 0.8000 da dinâmica de treinamento, 0.0800 do erro médio quadrático e 2000 de iterações.



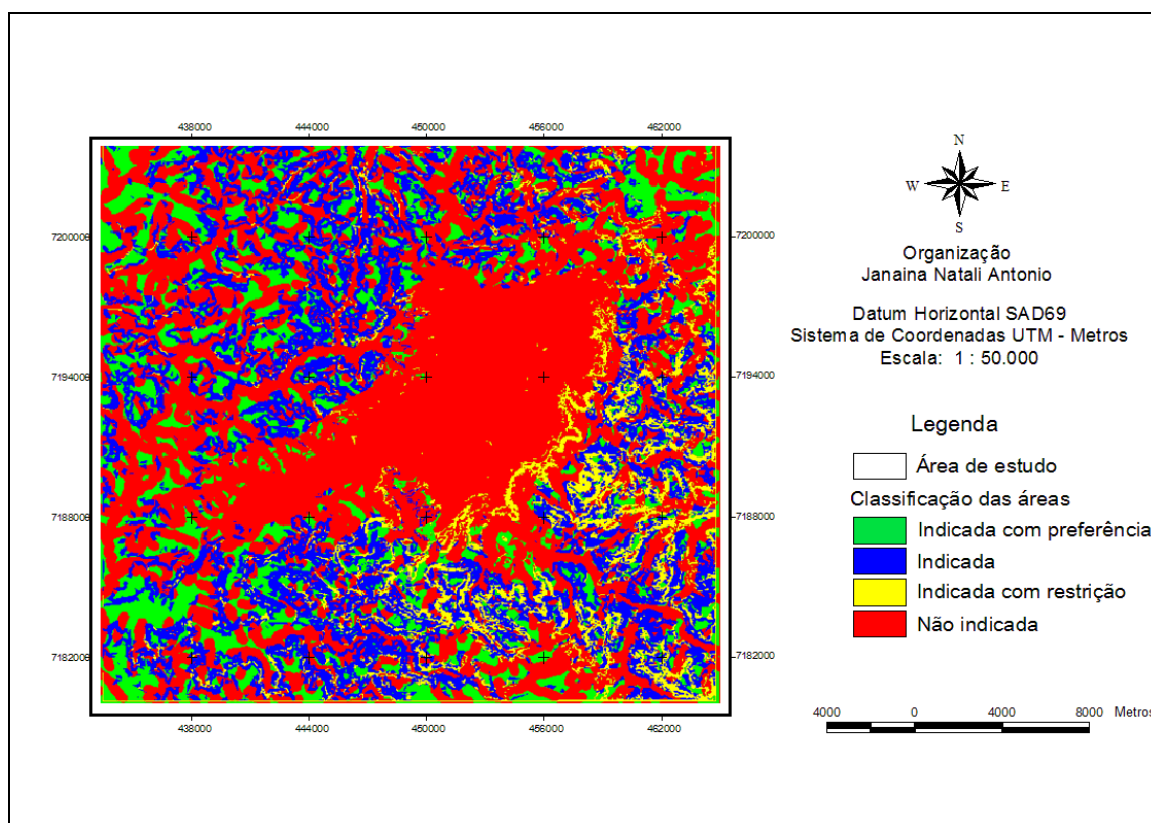


FIGURA 30: Resultado da classificação da arquitetura 6 (4,2)

Embora tenha representado o melhor resultado para a RNA composta por 4 camadas de entrada, não realizou o reconhecimento dos padrões espaciais referentes a hidrografia (não indicada), sendo que muitas áreas pertencentes a esta classe, foram identificadas como pertencentes a classe “indicada”.

### 6.1.3. Resultados dos Testes com 3 Camadas de Entrada

A RNA composta por 3 camadas de entrada, utilizou as seguintes variáveis:

- Área urbana
- Hidrografia
- Declividade



Na tabela 03, são apresentados os resultados dos testes com 3 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 03: Resultados das classificações com 3 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 3, 1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 3, 1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 3, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 4 3, 2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 3, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 6 3, 3	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 3, 2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 3,3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 9 3, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 3, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000

Melhor resultado

A arquitetura 1 composta por 3 camadas de entrada e um neurônio escondido, com limiar de treinamento de 0.9000, taxa de aprendizagem 0.2000, dinâmica do treinamento de 0.9000, o erro médio quadrático de 0.1000 e o número de iterações de 1000, não realizou a distinção das 4 classes temáticas (indicada com preferência, indicada, indicada com restrição e não indicada). Apresentou apenas 3 cores na classificação da camada de saída, o verde, amarelo e vermelho, mostrado na Figura 31.

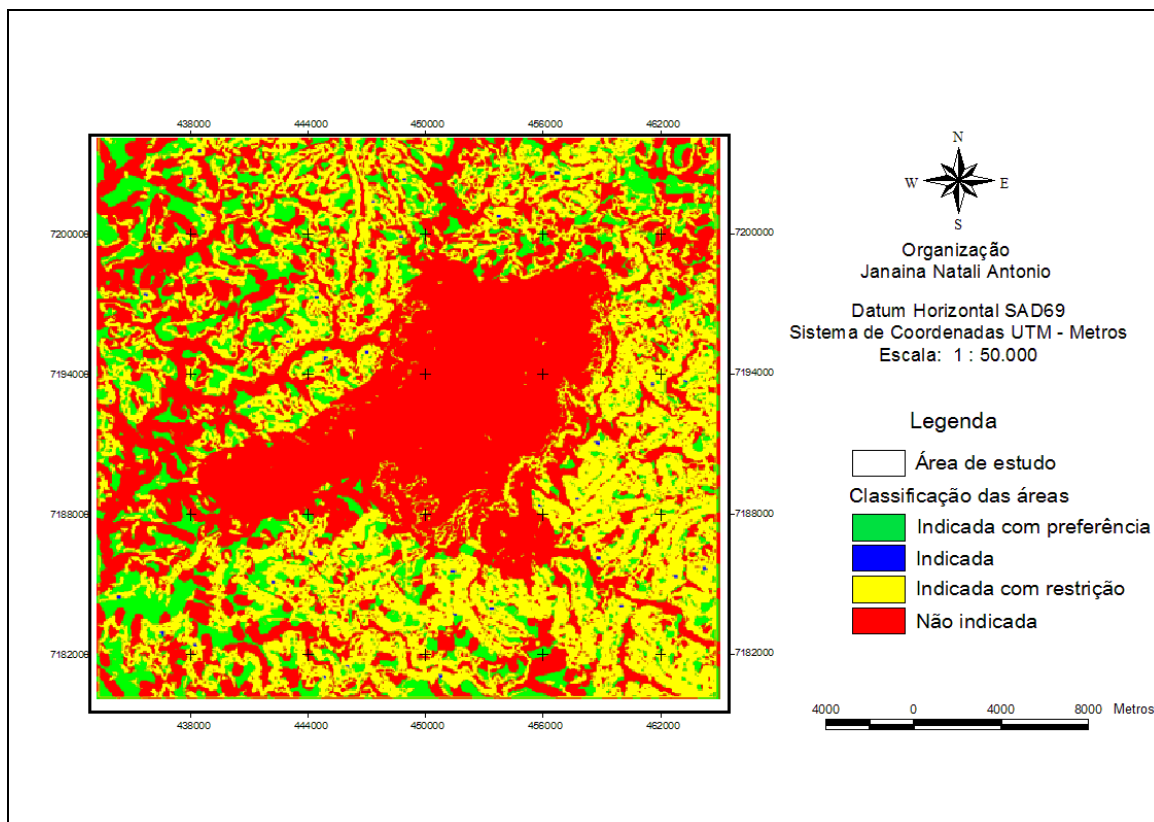


FIGURA 31: Resultado da classificação da arquitetura 1 (3,1)

A RNA composta por 3 camadas de entrada foi a única que conseguiu realizar o processamento com 3 neurônios na camada escondida, o melhor resultado foi obtido pela arquitetura 6, com valores de 0.8000 do limiar de treinamento, 0.1000 da taxa de aprendizagem, 0.1800 da dinâmica de treinamento, 0.0800 do erro médio quadrático e 1000 de iterações. O resultado é apresentado na Figura 32.

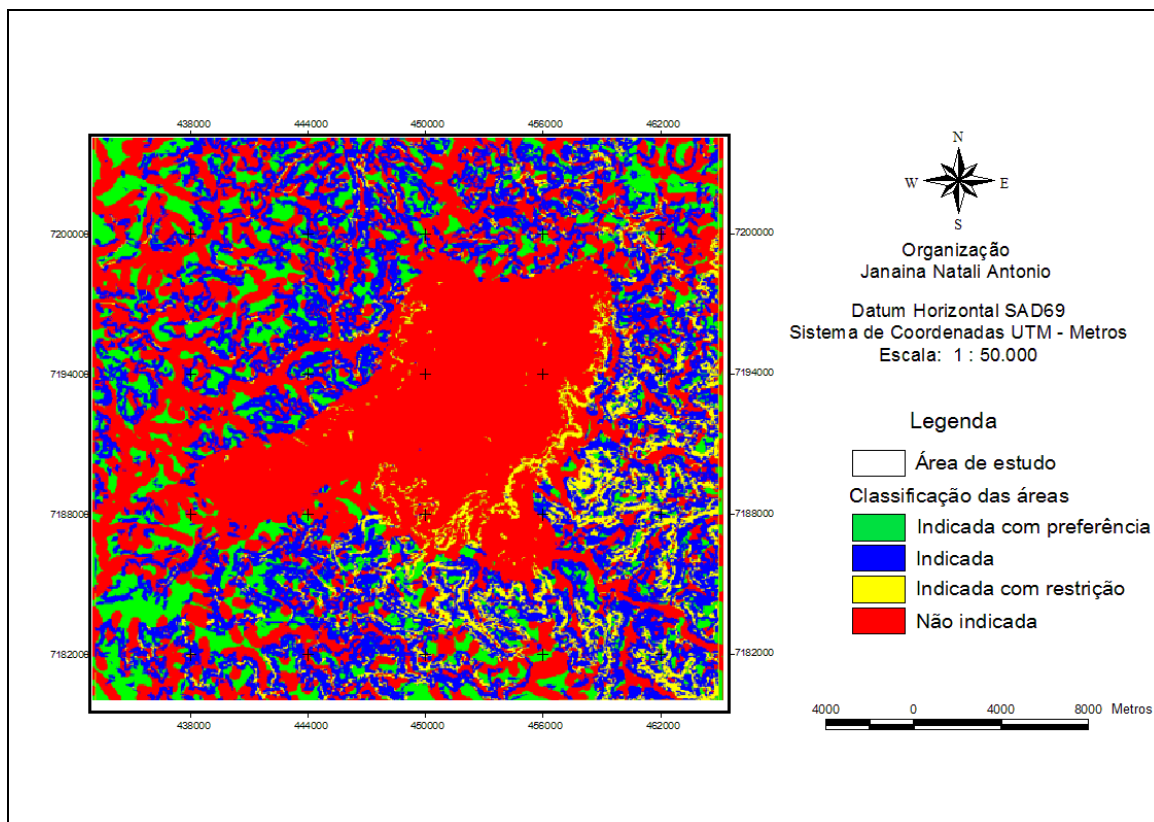


FIGURA 32: Resultado da classificação da arquitetura 6 (3,1)

O melhor para a série de testes com 3 camadas de entrada, é apresentado na Figura 33, o qual foi obtido com a arquitetura 5, composta por 2 neurônios na camada escondida e com limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica de treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0800 e iterações de 2000.

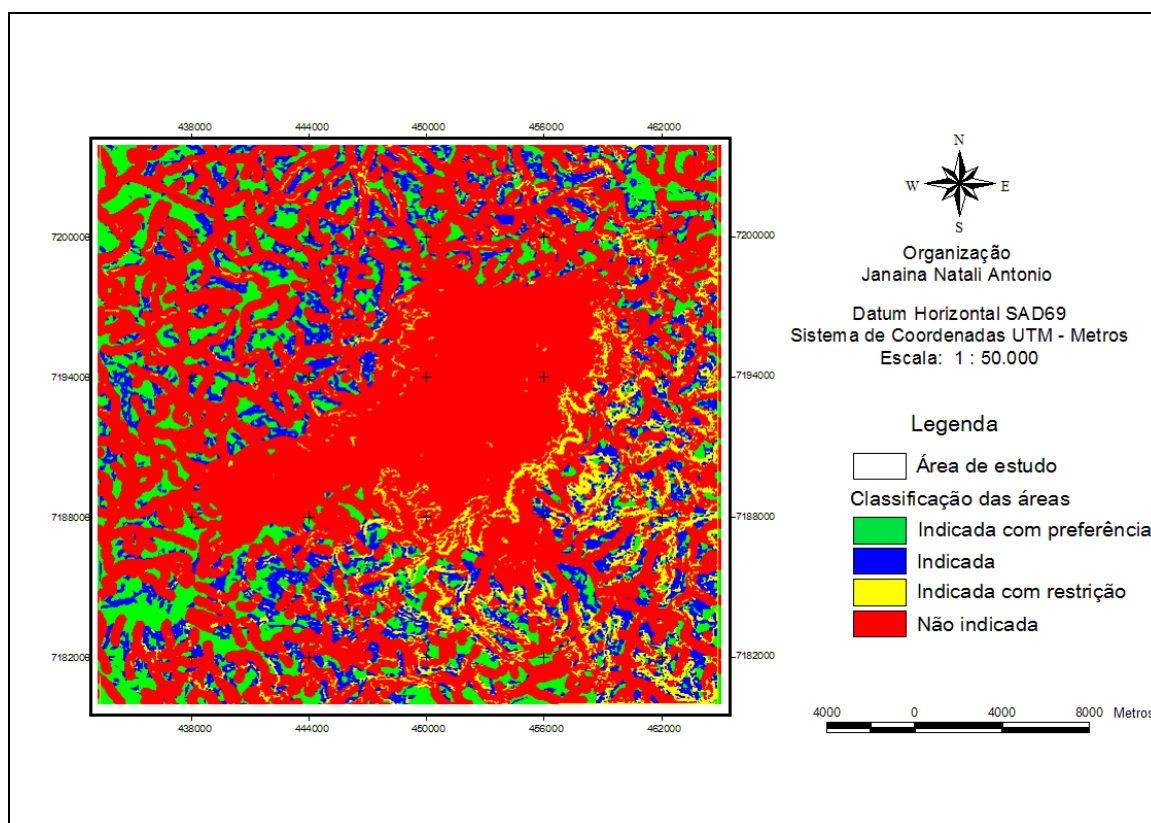
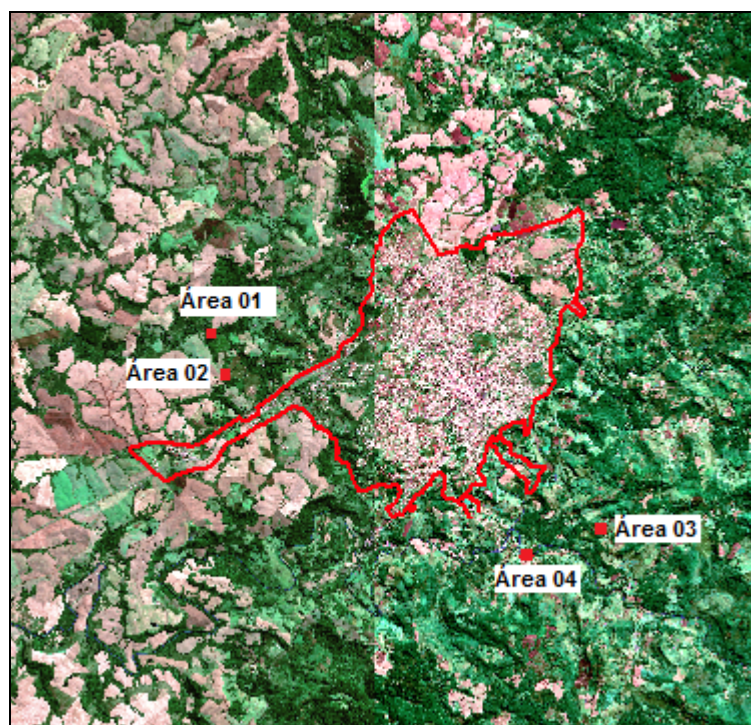


FIGURA 33: Resultado da classificação da arquitetura 5 (3,1)

Após a realização desta série de testes da RNA, foi realizada a verificação de campo em 4 áreas classificadas de acordo com as classes temáticas (indicada com preferência, indicada, indicada com restrição, não indicada), apresentadas no item 6.2. a seguir.

## 6.2. VERIFICAÇÃO DE CAMPO

Para realizar a validação das classificações foi realizado a conferência em campo, visando verificar se as características das áreas condiziam com os resultados das melhores classificações. Foram escolhidas 4 áreas para observação em campo, cada uma correspondendo a uma classe temática de classificação (indicada com preferência, indicada, indicada com restrição e não indicada). A Figura 34 mostra a distribuição das áreas da observação de campo.



Perímetro urbano de Guarapuava-PR

FIGURA 34: Localização das áreas de validação

### 6.2.1. Área 01

A área 01 conforme as classificações realizadas pertence a classe temática indicada com preferência (verde), e deveria apresentar as características referentes a esta classe, conforme Quadro 11.

QUADRO 11: Características da classe: Indicada com preferência

Variáveis de estudo	Indicações/restrições da área
Perímetro urbano	Não deve estar localizada a menos que 1000 metros de distância de núcleos residenciais urbanos.
Declividade	Deve pertencer a classe de declividade de 0 – 5% no máximo.
Hidrografia	Deve estar localizada a distância de 200 metros dos corpos d' água, como rios, lagos, lagoas e oceano.
MDT	Deve estar preferencialmente na classe de com altitudes de 920 – 1004.5 metros.
Geologia	Não deve estar localizada sobre falhas ou fraturas geológicas.

Organização: ANTONIO, 2009

A área 01 fica a aproximadamente 3 km da Br 277, possui acesso por estrada de chão cascalhada, próxima a atual área de disposição final de resíduos – lixão. Apresenta baixas declividade e distâncias maiores que 200 metros dos cursos d'água, está localizada nas classes hipsométricas mais baixas de 920 a 1004.5 metros, como pode ser visto nas Fotos 03 e 04.



FOTOS 03 e 04: Área com características indicadas com preferência



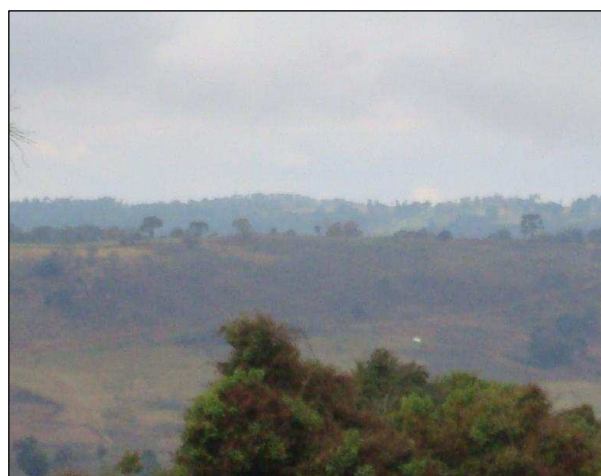
### 6.2.2. Área 02

A área 02 refere-se a classe temática classificada como indicada devendo apresentar as seguintes características indicadas no Quadro 12, mostradas nas Fotos 05 e 06.

QUADRO 12: Características da classe: Indicada

Variáveis de estudo	Indicações/restrições da área
Perímetro urbano	Não deve estar localizada a menos que 1000 metros de distância de núcleos residenciais urbanos.
Declividade	Deve pertencer a classe de declividade de 5 – 15 %.
Hidrografia	Deve estar localizada a distância de 200 metros dos corpos d' água, como rios, lagos, lagoas e oceano.
MDT	Deve estar preferencialmente na classe de com altitudes de 1004.5 – 1089 metros.
Geologia	Não deve estar localizada sobre falhas ou fraturas geológicas.

Organização: ANTONIO, 2009



FOTOS 05 e 06: Área com características Indicadas

### 6.2.3. Área 03

A área escolhida para a verificação de campo 03, foi feita no local onde houve a maior quantidade de áreas classificadas como indicadas com restrição, em amarelo. Nestas áreas a característica mais marcante é a declividade, marcada pelo vale do rio Jordão, marcado nas classificações próximo ao limite do perímetro urbano. Porém além desta área a declividade passa a ser menos acentuada o que caracterizaria como uma área indicada com restrição.

QUADRO 13: Características da classe: Indicada com restrições

Variáveis de estudo	Indicações/restrições da área
Perímetro urbano	Não deve estar localizada a menos que 1000 metros de distância de núcleos residenciais urbanos.
Declividade	Deve pertencer a classe de declividade de 15 – 30 %.
Hidrografia	Deve estar localizada a distância de 200 metros dos corpos d' água, como rios, lagos, lagoas e oceano. Para áreas com distância < 200 metros, com aprovação do órgão ambiental responsável (ROCHA et. al. 2004).
MDT	Deve estar preferencialmente na classe de com altitudes de 1004.5 – 1089 metros.
Geologia	Não deve estar localizada sobre falhas ou fraturas geológicas.

Organização: ANTONIO, 2009

Embora com a presença de drenagens existem áreas extensas e com distancias maiores que os 200 metros de restrição para a implantação do aterro sanitário.





FOTOS 07 e 08: Área com características indicadas com restrição

#### 6.2.4. Área 04

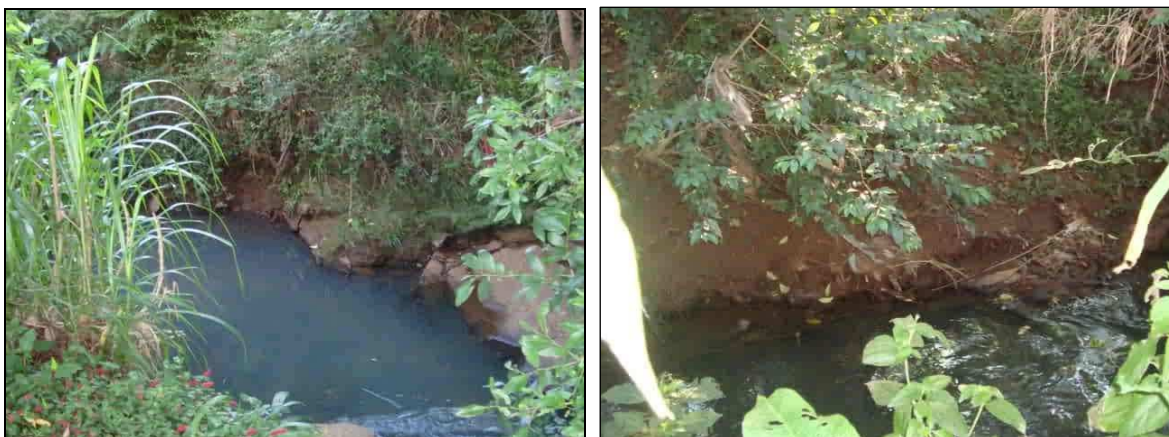
A área 04 refere-se a classe não indicada, considerando as restrições para a construção de um aterro sanitário, indicadas no Quadro 14.

QUADRO 14: Características da classe: Não Indicada

Variáveis de estudo	Indicações/restrições da área
Perímetro urbano	Áreas localizadas a menos que 1000 metros de distância de núcleos residenciais urbanos, e área do perímetro urbano.
Declividade	Pertencer a classe de declividade acima de 30%.
Hidrografia	Estar localizada a distância de 200 metros dos corpos d' água, como rios, lagos, lagoas e oceano.
MDT	Pertencer a classe com altitudes acima de 1173.5 – 1258 metros.
Geologia	Estar localizada sobre falhas ou fraturas geológicas.

Organização: ANTONIO, 2009

A observação das restrições para a possível implantação do aterro sanitário indicadas no Quadro 14 são claramente identificadas, visto nas Fotos 09 e 10 pela a proximidade da hidrografia.



FOTOS 09 e 10: Área com características não indicadas

### 6.3. RESULTADO DO TREINAMENTO DA REDE NEURAL ARTIFICIAL APÓS A VERIFICAÇÃO

Após a verificação de campo foi feita nova coleta de amostras de treinamento, e realizado novos testes variando o número de camadas de entrada (3, 4, 5) e mantendo as arquiteturas das Tabelas 01, 02 e 03.

#### 6.3.1. Resultados dos Testes com 5 Camadas de Entrada

Foi realizada uma série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento. Para a primeira seqüência testes foram utilizadas 5 camadas de entrada:

- Área urbana
- Hidrografia

- Declividade
- MDT
- Geologia

Na Tabela 04, são mostrados os resultados dos testes com 5 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 04: Resultados das classificações com 5 variáveis de entrada após o campo

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 5, 1,	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 5, 1,	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 5, 1	Logística	0.9000	0.1000	0.5000	0.0800	1000
Arquitetura 4 5, 1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 6 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	2000
Arquitetura 8 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.1000	2000
Arquitetura 9 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	1000
Arquitetura 10 5, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000

Melhor resultado

A arquitetura 1 com 5 camadas de entrada e 1 neurônio escondido, classificou apenas 2 classes temáticas, não indicada (vermelho) e indicada com restrição (amarelo). Pode-se considerar que o valor de 0.2000 de taxa de treinamento foi muito alto, não permitindo a identificação das outras classes.

O melhor resultado visual da RNA com 5 camadas de entrada foi obtido com a arquitetura 5, apresentado na Figura 35, com valores de 0.8000 de limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica do treinamento de 0.8000. O erro médio quadrático variou de 0.0500 a 0.1000 sendo que o melhor resultado foi com o valor de 0.0800, e com número de iterações (ciclos) de 1000.

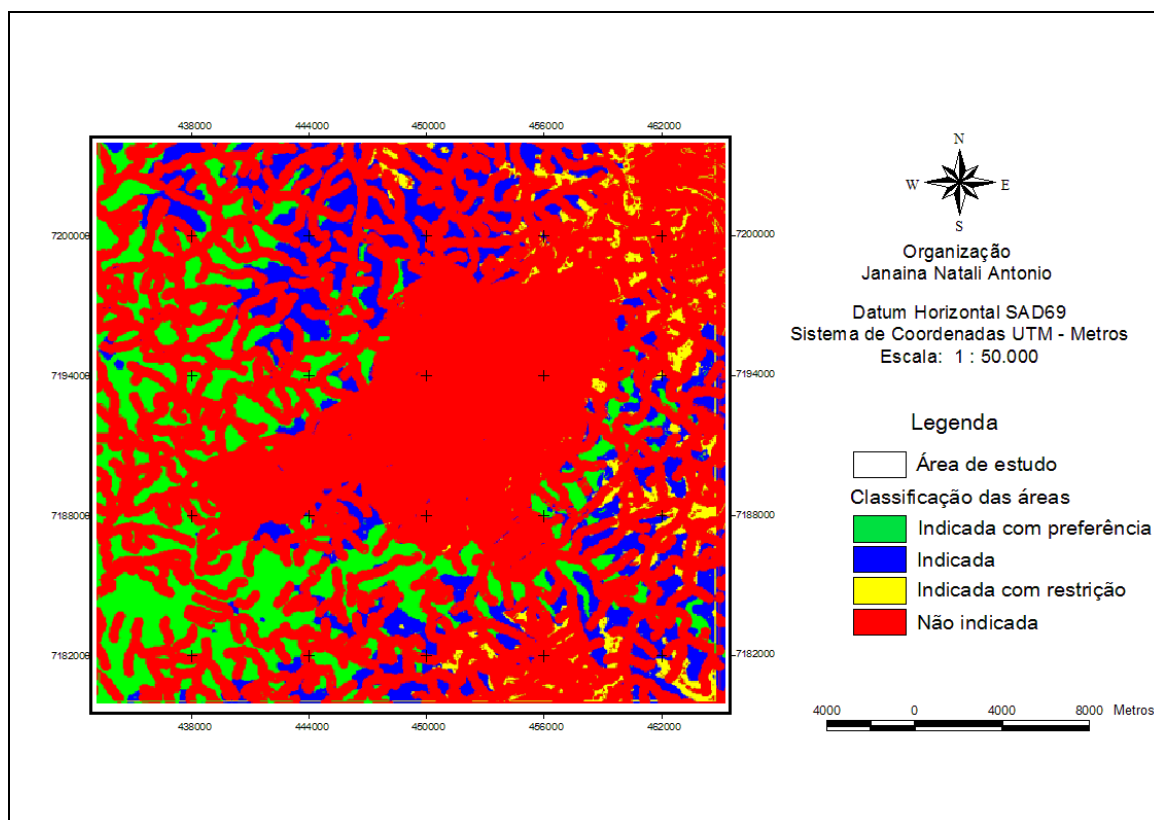


FIGURA 35: Resultado da classificação da arquitetura 5 (5,2)

Nesta classificação foi possível notar a distinção das 4 classes temáticas (indicada com preferência, indicada, indicada com restrição, não indicada), destacando principalmente as características do relevo referente ao MDT.

### 6.3.2. Resultados dos Testes com 4 Camadas de Entrada

Foi feita uma série de testes visando analisar o desempenho da RNA na fase de treinamento, com 4 camadas de entrada:

- Área urbana
- Hidrografia
- Declividade
- MDT

Na Tabela 05, são mostrados os resultados dos testes com 4 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 05: Resultados das classificações com 4 variáveis de entrada após o campo

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 4, 1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 4 4, 2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000
Arquitetura 6 4, 2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 4, 2	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 4, 2	Logística	0.8000	0.1200	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 9 4, 2	Logística	0.8000	0.1400	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 4, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000

Melhor resultado

Nota-se na Tabela 05, que foram feitas mais variações dos valores da taxa de treinamento, considerando que foi a alteração mais significativa nos resultados visuais. O erro médio quadrático foi alterado de 0.1000 para 0.0800 sendo mantido no restante dos testes por ter apresentado melhora na distinção dos padrões espaciais. O número de iterações variou de 1000 a 3000, apresentando melhores resultados para o valor de 2000.

A arquitetura 1 classificou apenas 3 classes (indicada com preferência, indicada com restrição e não indicada), e a arquitetura 2 apenas 2 classes (indicada e indicada com restrição). Apenas as arquiteturas 4 e 7 tiveram como resultado visual a distinção das 4 classes.

O melhor resultado foi obtido com a arquitetura 4, com o menor valor da taxa de treinamento de 0.0800 e erro médio quadrático com mesmo valor, apresentado na Figura 36.

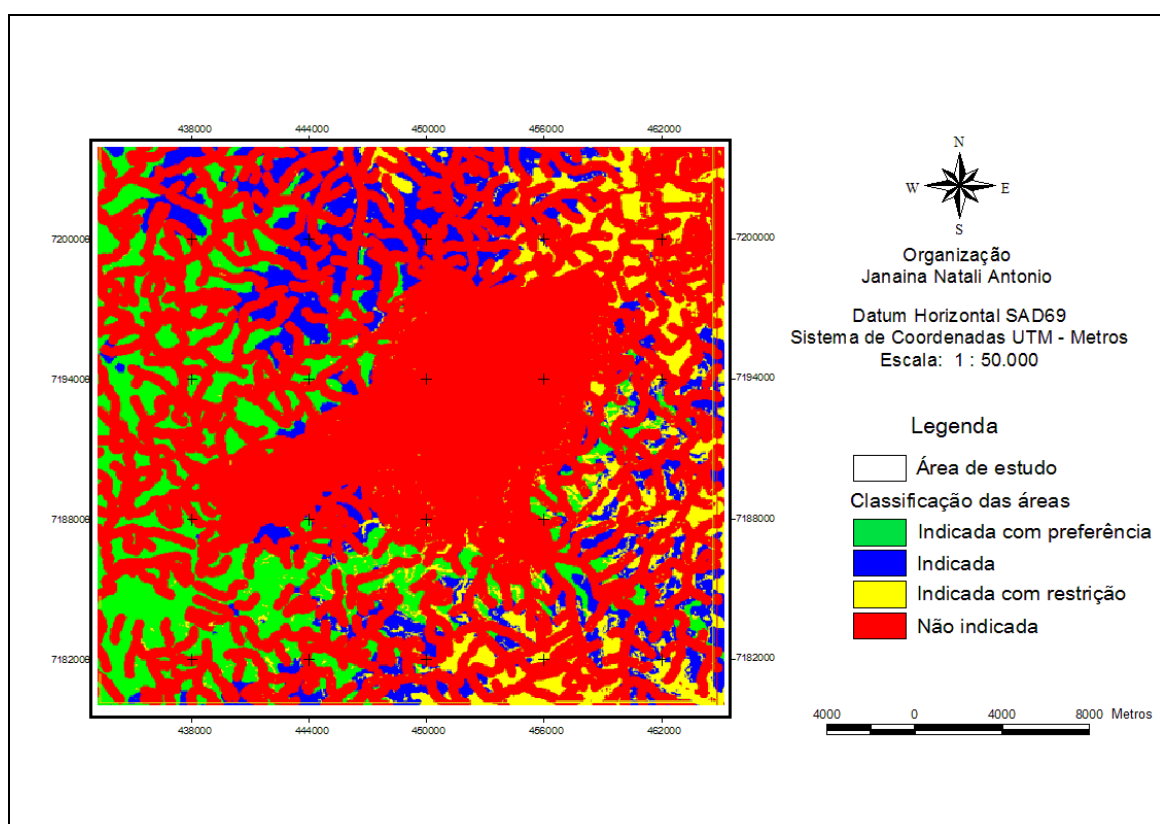


FIGURA 36: Resultado da classificação da arquitetura 4 (4,2)

### 6.3.3. Resultados dos Testes com 3 Camadas de Entrada

A RNA composta por 3 camadas de entrada, utilizou as seguintes variáveis:

- Área urbana
- Hidrografia
- Declividade

Na tabela 06, são apresentados os resultados dos testes com 3 camadas de entrada. As colunas da tabela representam o número de camadas de entrada e de neurônios escondidos, o modo de ativação, o limiar de treinamento, a taxa de aprendizado, a dinâmica de treinamento, o erro médio quadrático (EMQ), e o número de iterações.

TABELA 06: Resultados das classificações com 3 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 3, 1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 3, 1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 3, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 4 3, 2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 3, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 6 3, 3	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 3, 2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 3,3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 9 3, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 3, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000

Melhor resultado

Para a RNA com 3 camadas de entrada os testes não apresentaram bons resultados, visto que não realizaram a distinção das 4 classes, todos os resultados tiveram apenas a separação de 3 classes.

O melhor resultado foi obtido com a arquitetura 7, composta por 3 camadas de entrada e 2 neurônios escondidos, com valores de 0.8000 de limiar e dinâmica de treinamento, taxa de aprendizagem de 0.1500, erro médio quadrático de 0.0800 e 2000 de iterações, mostrado na Figura 37.

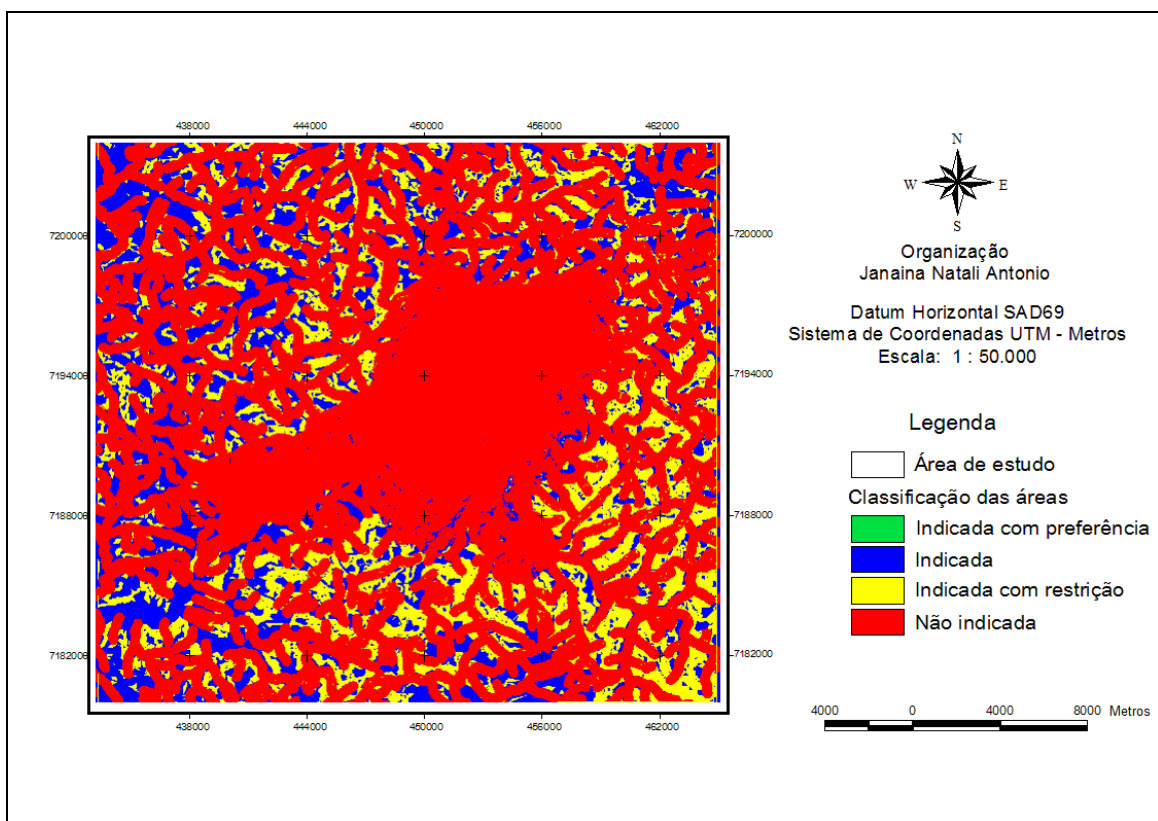


FIGURA 37: Resultado da classificação da arquitetura 7 (3,2)



## CONSIDERAÇÕES

Sobre as RNAs foi possível constatar que é uma técnica capaz de separar características de áreas com potencial de implantação do aterro sanitário, por meio integração de variáveis, com diferentes origens e escalas, o que não é possível com classificadores estatísticos convencionais.

A respeito dos resultados obtidos pelas classificações, os melhores resultados foram obtidos com 2 neurônios na camada escondida, e com melhoras significativas na alteração da taxa de aprendizagem de 0,2000 para 0,1000, do EMQ em média de 0,0500 e 0,0800, das taxas de Limiar e dinâmica de treinamento em média de 0,8000, e o número de iteração com valores de 2000 e em apenas um caso com 1000.

Os testes foram realizados com alteração na quantidade de variáveis de entrada, visando verificar a influência de cada uma delas na camada de saída, nos primeiros testes antes da realização do campo, os melhores resultados foram obtidos com 5 e 3 camadas de entrada, sendo que houve destaque da variável declividade na camada de saída, composta pelas 4 classes temáticas (indicada com preferência, indicada e indicada com restrição, não indicada).

A variável declividade teve maior destaque, considerando que entre as escalas dos materiais utilizados, foi a que se apresentou mais adequada para a área de estudo, sendo de 1:50.000, e recebendo assim maior peso na classificação.

Após a realização do campo para a verificação das áreas e de nova coleta de amostras, os melhores resultados foram obtidos com 5 e 4 camadas de entrada, sendo que houve destaque da variável "MDT" na classificação das áreas (indicada com preferência, indicada e indicada com restrição, não indicada)

## RECOMENDAÇÕES

- Os testes foram realizados em média com 250 *pixels* de amostras, pode-se realizar novos testes com uma quantidade menor de amostras para comparação dos resultados;
- Foi utilizada a RNA padrão para SR – algoritmo *Backproagation* – pode-se testar com um algoritmo não supervisionado.
- Verificação dessa metodologia em outras regiões, áreas com diferentes características físicas;
- Inclusão de outras variáveis de entrada, como de uso do solo, geomorfologia, etc.;

## REFERÊNCIAS

- ANTONIO, J. A. **A produção dos resíduos sólidos urbanos em Guarapuava-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia), Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO: Guarapuava, 2006.
- ANTONIO, J. N.; ASSUNÇÃO, E. F.; GOMES, M. F. V. B. A produção e o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares na cidade de Guarapuava-PR. **Terra Plural**. Ponta Grossa: UEPG, n. 2, v. 1, 2007.
- ARIOLI, E. E., LICHT, O. A. B., VASCONCELOS, E. M. G., BONNET, K. L., SANTOS, E. M. dos. Faciologia vulcânica da formação serra geral na região de Guarapuava, Paraná. **Anais... IV Simpósio de vulcanismo e ambientes associados**. Foz do Iguaçu-PR, 2008.
- ABNT. **NBR 10.157**: Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1984.
- BAUDRILLARD, J. **A sociedade do consumo**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- BITON, J. Os embates entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, A. F. A. & LEMOS, A. I. G. (orgs.) **Dilemas urbanos**: Novas abordagens sobre a cidade. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2005.
- BOTELHO, M. F. **Aplicação de Redes Neurais na classificação de imagens de alta resolução espacial e dados do laser scanner, usando uma abordagem orientada a regiões**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 102 p., 2004.
- BOSCHI, L. S. & GALO, M. de B. T. Análise da incerteza na representação de classes de cobertura do solo urbano resultantes da aplicação de uma rede neural artificial. **Boletim de ciências geodésicas**, Curitiba, v. 13, nº 1, p. 22-41, jan-jun, 2007.
- BRONDINO, N. C. M. **Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através do uso de redes neurais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Transportes) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, C. **GIS para Meio Ambiente**. São José dos Campos: INPE, 1998.

CASTILHOS Jr., A. B. de. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. In: \_\_\_\_\_ Jr., A. B. de. **Resíduos sólidos urbanos: Aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: Abes, Rima, 2003.

CHAGAS, C. da S. et al. Utilização de redes neurais artificiais para predição de classes de solo em uma bacia hidrográfica no Domínio de Mar de Morros. **Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2421-2428.

CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **303 de 20 de março**, 2002.

CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **237 de 19 de dezembro**, 1997.

CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **001 de 23 de janeiro**, 1986.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo. Ática, 1995.

CORSON, W. H. **Manual global de ecologia: O que você pode fazer a respeito do meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Augustos, 2002. 413 p.

CORTEZ, A. T. C. **A questão de resíduos sólidos domiciliares: coleta seletiva e reciclagem – A experiência de Rio Claro (SP)**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

CRUZ, N. C. da. **Uma análise da infestação por plantas aquáticas utilizando imagens multiescala e redes neurais artificiais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

DESIDÉRIO, R. de T e ALENCAR, R. Caixa de leite, papel de bala e pacote de miojo: consumimos para produzir lixo?! Uma experiência com oficinas de educação e meio ambiente. **Anais... VI Congresso Brasileiro de Geógrafos: Setenta anos da AGB: As transformações do espaço e a geografia do século XXI**. Goiânia, Goiás, 18 a 23 de julho de 2004.

DIN – Departamento de Informática – UEM – Universidade Estadual de Maringá. **Uma Introdução às Redes Neurais**. Disponível em: [www.din.uem.br/ia/neurais/](http://www.din.uem.br/ia/neurais/), Acesso em 30/06/2008.

GALO, M. de L. B. T. **Aplicação de redes neurais artificiais e sensoriamento remoto na caracterização ambiental do Parque Estadual Morro do Diabo**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

GONZALES, R.C.; WOODS, R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2000.

GUARAPUAVA. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Guarapuava-PR**. LEI COMPLEMENTAR 016/06. Guarapuava, 2006.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. São Paulo: Annablume, 2005.

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

IANNI, O. **Teorias da Globalização**, 9º ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2001.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB/2000**. Rio de Janeiro, IBGE/DPE, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos e Estimativas**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), Acesso em 03/08/2009.

LACOSTE, Y. **A geografia – isso serve**, em primeiro lugar, para fazer a guerra. Campinas: Papyrus, 1988.

LEFEBVRE, H. **Espacio y Política**. Barcelona: Península, 1976.

LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. **Boletim Faculdade de Ciências, Filosofia e Letras**, n. 5, São Paulo, 1949, 1-61p.

MACHADO, F. W. **Modelagem chuva-vazão mensal utilizando redes neurais artificiais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2005.

MAURO, C. A. de. **Laudos periciais em depredações ambientais, Rio Claro-SP**: IGCE – UNESP, 1997.

MEDEIROS, J. S. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: Tecnologia de apoio à gestão do território**. Tese (Doutorado em Geografia física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

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

MELAZO, G. C. e Castro, F. B. De C. Os resíduos sólidos de origem doméstica e a coleta seletiva do lixo no município de Uberlândia – MG. IN: VI Congresso Brasileiro de Geógrafos: Setenta anos da AGB: As transformações do espaço e a

geografia do século XXI. **Anais**. Goiânia, Goiás, 18 a 23 de julho de 2004. Disponível em: <http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/> acessado em: 15/07/2006.

MINNS, A. W. e HALL, M. J. Artificial neural networks as rainfall-runoff Models. Hydrological Sciences - **Journal des Sciences Hydrologiques**, vol. 41, Jun 1996.

MORATO, R. G. et al. Geoprocessamento para a análise da desigualdade ambiental na subprefeitura do Butantã. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, IX, 2005, São Paulo. **Anais... Geografia. Tecnociência – Sociedade e Natureza**. São Paulo: AGB, 2205, p. 2331-2338.

MULLER, M. M. L. e POTT, C. A. Cobertura pedológica na Bacia do Rio das Pedras – Guarapuava/PR. In: BATISTELLI, M., CAMARGO FILHO, M. HEERDT, B. (Orgs) **Proteção e manejo da Bacia do Rio das Pedras – Relato de experiências**. Guarapuava-PR: Ed. B & D, 2004.

NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; MACHADO, F. B. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**. v. 21. n. 1/2. São Paulo: UNESP, 2002.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

ORTIZ, R. Uma cultura internacional-popular. In: \_\_\_\_\_. **Mundialização e cultura**. São Paulo: Brasiliense, 1998.

PARANÁ (Estado). Decreto nº 12.493, de 22 de janeiro de 1999. Dispõe sobre princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná e dá outras providências. **Diário Oficial**, Curitiba, nº5430, 05 fev. 1999.

PAVANELLI, G. **Análise do tempo de duração de processos trabalhistas utilizando redes neurais artificiais como apoio à tomada de decisões**. Dissertação (Métodos Numéricos em Engenharia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 93 p., 2007.

PHILIPPI Jr., A., BRUNA, G. C., ROMERO, M. de A. **Curso de gestão ambiental**, São Paulo: Manole, 2004.

RESOL. **Manual Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Disponível em: [http://www.resol.com.br/cartilha4/disposicao/disposicao\\_2.asp](http://www.resol.com.br/cartilha4/disposicao/disposicao_2.asp) Acesso em 11/08/2008.

RIBEIRO, S. R. A.. **Integração de Imagens Landsat TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidades fisionômicas usando Redes**

**Neurais Artificiais.** Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 160 p., 2003.

RIBEIRO, S. R. A.; TEDESCO, A.; KRUEGER, C. P.; CENTENO, J. A. S. extração de profundidades mediante redes neurais artificiais e modelo de regressão usando dados de levantamento GPS e de imagem Ikonos II – estudo comparativo. **Engevista**, v. 7, n. 1, p. 73-82, abril 2005.

ROCHA, C. H. B.; BRITO FILHO, L. F. de; SILVA, J. X da. Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários: O caso de Mangaratiba-RJ. In: SILVA, J. X. da & ZAIDAN, R. T. (orgs.) **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço:** problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

RODRIGUES, A. M. Produção do espaço e ambiente urbano. In: SPÓSITO, M. E. B. (org.) **Urbanização e cidades:** Perspectivas Geográficas. Presidente Prudente: UNESP/FCT, 2001.

ROJAS, E. H. M. **Síntese genética de redes neurais artificiais art2 na classificação de imagens áster para mapeamento de uso e cobertura da terra na região norte do Mato Grosso.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

SABO, L. A. **Análise da incerteza na representação de classes temáticas resultantes da aplicação de uma rede neural artificial.** Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

SAMIZAVA, T. M. et. al. SIG aplicado à avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Presidente Prudente – SP. **Anais...** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005.

SAMIZAVA, T. M. et. al. Avaliação do desempenho de uma rede neural artificial na seleção de áreas potenciais para disposição de resíduos sólidos: uma comparação com um modelo baseado em conhecimento. **Anais...** II Simpósio Brasileiro de geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Presidente Prudente, 2007.

SANTOS, M. Sociedade e espaço: a formação social como teoria e como método. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo: AGB, 1977.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado.** São Paulo: Hucitec, 1991.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Lucita, 1996.

SANTOS, A. M. dos, SEIXAS, J. M. de, PEREIRA, B. de B., MEDRONHO, R. de A. Usando redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite A. **Revista brasileira de epidemiologia**. Vol. 8, n 2. São Paulo, Jun. 2005.

SANTOS, E. A. A. dos. **O consumismo como um novo iluminismo: a panacéia do consumo na contemporaneidade**. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SANTOS, L. C. dos; VIADANA, A. G. A questão dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem socioambiental com ênfase no município de Ribeirão Preto (SP) In: MENDES, A. A. e LOMBARDO, M. A. (orgs.) **Paisagem Geográficas e Desenvolvimento Territorial**. Rio Claro: UNESP - AGETEO, 2006.

SEMAFLOR. Programa Nosso Lixo. **Relatório de atividades**. Relatório I, Guarapuava-PR: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Florestamento, 2004.

SEMAFLOR. Projeto Lixo Amigo. **Projeto de gerenciamento de resíduos sólidos do município de Guarapuava-PR**, Guarapuava-PR: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Florestamento, 2006.

SERVIOESTE. **Projeto para destinação final dos resíduos sólidos de saúde**. Chapecó-SC: SERVIOESTE, 2004.

SMITH, N. **Desenvolvimento desigual**. Tradução: Eduardo de Almeida Navarro, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

SOUZA, M. L. de. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SOUZA, E. C. B. de. **Modelagem do relevo oceânico usando redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2006.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPÓSITO, M. E. B. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In CARLOS, A. F. A. & LEMOS, A. I. G. (orgs.) **Dilemas urbanos**: Novas abordagens sobre a cidade, 2. ed. São Paulo: Contexto, 2005.

SUERTEGARAY, D. A. Espaço Geográfico uno e múltiplo. **Revista Eletrônica da Geografia y Ciências sociais**, n. 93, jul. 2001. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/nova.htm> acesso em: 23/out/2007.



SURG. **Projeto de construção do aterro sanitário em Guarapuava-PR.** Guarapuava-PR: Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Guarapuava, 1999.

SURG. **Dados de coleta dos resíduos sólidos em Guarapuava-PR.** Guarapuava-PR: Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Guarapuava, 2006.

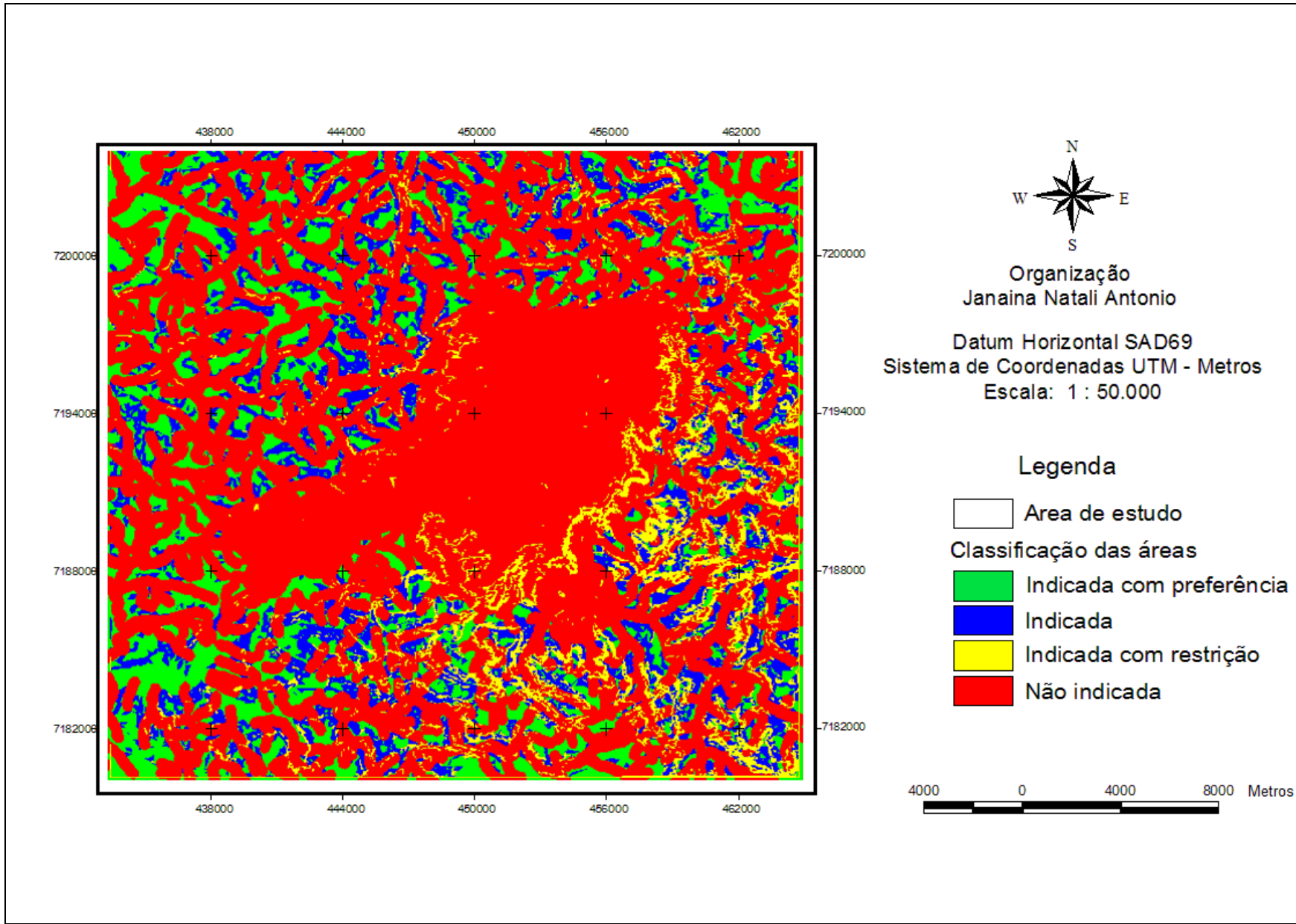
TENÓRIO, J. A. S., ESPINOSA, D. C. R. Controle ambiental de resíduos, in: PHILIPPI JR, A., BRUNA, G. C., ROMERO, M. de A. **Curso de gestão ambiental**, São Paulo: Manole, 2004.

UNESP/IGCE. **Forma de disposição de resíduos.** Universidade Estadual Paulista / Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13>. Acesso em: 18/07/2008.

VIEIRA, C. R. & M. ROISENBERG, M. **Redes Neurais Artificiais:** Um breve Tutorial. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~l3c/artigos/TutorialRNA.pdf>, Acesso em 01/06/2008.

VOLKMER, S. e FORTES, E. Análise preliminar da geomorfologia dos terrenos vulcânicos da região oeste do estado do Paraná. **Anais...** X Simpósio de geografia física aplicada. Rio de Janeiro, 2004.

ANEXO



Melhor Resultado das Classificações Obtido com a Arquitetura 7 (5,2) antes da verificação de campo