



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

IGOR SILVA CRUZ

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DO CAMPO DE DUNAS PIRANGI-POTENGI
COM ÊNFASE A SAN VALE E LAGOINHA – NATAL/RN: UM INSTRUMENTO DE
APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.**

Natal 2007

IGOR SILVA CRUZ

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DO CAMPO DE DUNAS PIRANGI-POTENGI
COM ÊNFASE A SAN VALE E LAGOINHA – NATAL/RN: UM INSTRUMENTO DE
APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação, em
Engenharia Sanitária, da
Universidade Federal do Rio Grande
do Norte, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Farias
do Amaral

Natal 2007

IGOR SILVA CRUZ

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DO CAMPO DE DUNAS PIRANGI-POTENGI
COM ÊNFASE A SAN VALE E LAGOINHA – NATAL/RN: UM INSTRUMENTO DE
APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação, em
Engenharia Sanitária, da
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte, como requisito
parcial à obtenção do título de
Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr. RICARDO FARIAS DO AMARAL – Orientador – UFRN

Dra. MARIA DEL PILAR DURANTE INGUNZA – Examinador UFRN

D.Sc. MARGARETH MASCARENHAS ALHEIROS – Examinador externo UFPE

Natal, 18 de Junho de 2007.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a minha esposa Helderlany Porcidônio da Silva Cruz e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar a todo o momento do meu lado, me dando força, saúde e coragem para enfrentar os desafios da vida.

A minha família, esposa, pai, mãe, irmãos, avó, tios e tias, pelo apoio que me deram durante esse período e sempre, para que eu pudesse chegar neste grau de escolaridade.

Ao meu orientador, professor Dr. Ricardo Farias do Amaral pela constante paciência, dedicação e profissionalismo comigo.

A todos os professores e colegas, zeladores e secretária do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento - LARHISA, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN;

Em fim, a todos que direta e indiretamente me ajudaram, agradeço de coração.

CRUZ, Igor Silva. Mapeamento Geoambiental do Campo de Dunas Pirangi-Potengi com Ênfase a San Vale e Lagoinha – Natal/RN: Um Instrumento de Apoio ao Planejamento Ambiental. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária, Área de Concentração: Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral

RESUMO

A cidade de Natal-RN está construída sobre áreas de dunas com relevos ondulados a suavemente ondulados e áreas verdes que ajudam a manter um clima agradável. Dentre estas destaca-se o campo de dunas Pirangi-Potengi com as áreas de San Vale e Lagoinha. Esses ambientes estão sendo substituídos gradativamente por imóveis e outras obras de engenharia em nome da expansão urbana. Este estudo teve como objetivo geral a elaboração de um mapeamento geoambiental do Campo de Dunas Pirangi-Potengi com ênfase a San Vale e Lagoinha em Natal-RN. O mapeamento feito teve como objetivos específicos elaborar um mapa de vegetação, um mapa de cadastro de problemas ambientais em áreas de dunas, um mapa de suscetibilidade de inundação, um mapa de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas e um mapa de uso e ocupação do solo. Da análise realizada, a área em estudo mostra-se bastante degradada, restando apenas poucas áreas verdes e dunares, assim como, a presença de áreas de vulnerabilidade de inundações e áreas vulneráveis a contaminação do aquífero. Os resultados obtidos permitem afirmar que, este tipo de mapeamento, é de grande importância para análise e avaliação do meio físico contribuindo para o planejamento e gestão ambiental da cidade.

Palavras-chave: Mapeamento geoambiental, vulnerabilidade de aquíferos, uso do solo, campo de dunas Pirangi-Potengi.

ABSTRACT

The city of Natal-RN is constructed on dune areas with wavy relives softly waved and green areas that help to keep a pleasant climate, amongst these is distinguished field Pirangi-Potengi the dune with the areas of San Vale and Lagoinha. These environments are being substituted gradual for property and other workmanships of engineering on behalf of the urban expansion. This study the elaboration of a geoambiental mapping of Field had as objective generality Pirangi-Potengi the Dune with emphasis the San Vale and Lagoinha in Natal-RN. The done mapping had as objective specific to elaborate a vegetation map, a map of registers in cadastre of ambient problems to dunes, a map of flooding susceptibility, a map of vulnerability to the underground water contamination and a map of use and occupation of the ground. Of the carried through analysis, the area in study reveals sufficiently degraded, remaining only few green areas and dunares, as well as, the vulnerable presence of areas of vulnerability in floods and areas the contamination of the water-bearing one. The gotten results allow to affirm that this type of mapping, is of great importance for analysis and evaluation of the environment of the city.

Keywords: mapping geo-ambient, map of vulnerability of inundations, environmental degradation, field of dunes Pirangi-Potengi.

SUMÁRIO

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	ix
 CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO	 2
1.1 – Localização Geográfica da Área de Estudo	4
1.2 – Meio Físico	5
1.2.1 – Clima e condições meteorológicas	5
1.2.2 - Aspectos geológicos e geomorfológicos	7
1.2.3 – Sistema hídrico subterrâneo.....	9
1.2.4 – Vegetação	10
1.2.5 – Uso e ocupação do solo	10
 CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	 13
2.1 – Planejamento ambiental	13
2.2 – Geoprocessamento	13
2.2.1 – Modelo Digital de Terreno (MDT)	14
2.3 – Riscos de enchentes e alagamentos.....	16
2.3.1 – Riscos e áreas de Risco	16
2.3.2 – Enchentes e alagamentos urbanos	19
2.4 – Vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas	20
 CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	 23
3.1. – Materiais	23
3.2 – Métodos.....	23
3.2.1 – Escolha e georreferenciamento dos produtos de sensores remotos.....	23
3.2.2 – Criação do plano de informação vegetação	24
3.2.3 – Criação do plano de informação cadastro de problemas ambientais	24
3.2.4 – Criação do plano de informação altimetria	24

3.2.5 – Criação do plano de informação vulnerabilidade ambiental a contaminação do aquífero	
3.2.6 – Geração do plano de informação mapa de uso e ocupação do solo.....	27
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	29
4.1 – Vegetação	29
4.2 – Problemas ambientais na área em estudo	29
4.3 – Suscetibilidade de inundações	35
4.4 - Vulnerabilidade à contaminação do aquífero	36
4.5 – Mapa de uso e ocupação do solo.....	47
4.6 – Mapa geoambiental para San Vale e Lagoinha.....	51
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	53
5.1 – Conclusões.....	54
5.2 – Recomendações	56
CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Área de estudo no Campo de Dunas Pirangi-Potengi com destaque a San Vale (ZPA 1) e Lagoinha (ZPA 5).....	04
Figura 02 - Tipos de aquíferos.	09
Figura 03 - Mapa índice de Natal, fora de escala, em destaque amarelo o local aproximado do Campo de dunas Pirangi-Potengi com a área de San Vale localizada nas cartas com pontos azuis e Lagoinha nas cartas com pontos vermelhos.	25
Figura 04 - Esquema para avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero.	27
Figura 05 - Mapa de vegetação.....	29
Figura 06 - Localização de problemas ambientais referentes a resíduos de construção civil, resíduos sólidos e abertura de trilhas nas dunas.....	31
Figura 07 - Área de duna da ZPA nº5, com a presença de obras de engenharia.	32
Figura 08 - Área de duna utilizada para depósito de lixo e entulho (Cidade Satélite).	33
Figura 09 - Residências (sítios e granjas) dentro dos limites da ZPA5.	34
Figura 10 - Localização das áreas com suscetibilidade de inundações com cotas altimétricas abaixo de 30m.	35
Figura 11 - Mapa de Vulnerabilidade à contaminação do aquífero para alguns bairros da Zona Sul.....	36
Figura 12 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Novo Campo.	37
Figura 13 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Cidade Satélite.....	38
Figura 14 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Cidade Satélite.....	40
Figura 15 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Nordeste.....	40
Figura 16 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Lagoa Nova I e II.....	42
Figura 17 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Dunas (Parque das Dunas).....	43

Figura 18 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Quintas.....	43
Figura 19 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Cidade da Esperança.....	44
Figura 20 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Dix Sept Rosado.	45
Figura 21 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Guarapes.	45
Figura 22 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Pirangi.....	46
Figura 23 - Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Planalto.	47
Figura 24 – Mapa de uso e ocupação do solo para San Vale.....	49
Figura 25 – Mapa de uso e ocupação do solo para Lagoinha.....	50
Figura 26 – Mapa geoambiental para San Vale	51
Figura 27 – Mapa geoambiental para Lagoinha	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Velocidade do vento 1997/2006.....	5
Tabela 02 - Temperatura do ar 1997/2006.....	6
Tabela 03 - Precipitação - 1997/2006	6
Tabela 04 - Umidade relativa -1993/2002	7
Tabela 05 - Pontos de controle coletados em San Vale para georreferenciar as fotografias aéreas.....	22
Tabela 06 - Problemas ambientais referentes à disposição direta no solo de entulho e lixo e a presença de trilhas nas dunas.....	29
Tabela 07 - Novo Campo (Capim Macio).	36
Tabela 08 - Cidade Satélite.	37
Tabela 09 - Felipe Camarão	38
Tabela 10 - Bairro Nordeste.	39
Tabela 11 - Lagoa Nova I e II.	40
Tabela 12 - Parque das Dunas.....	41
Tabela 13 - Quintas.....	42
Tabela 14 - Cidade da Esperança.....	43
Tabela 15 - Dix Sept Rosado	43
Tabela 16 - Guarapes.	44
Tabela 17 - Pirangi.	45
Tabela 18 - Planalto.	46
Tabela 19 – Uso e ocupação do solo	46

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

Natal é uma cidade construída sobre dunas que quando vegetadas ajudam a manter um clima agradável. Esses ambientes estão sendo substituídos gradativamente por imóveis e outras obras de engenharia em nome da expansão urbana que, sendo feita sem planejamento, descaracterizam as paisagens através dos desmatamentos, aberturas de arruamentos, agricultura, retirada de areia para a construção civil e serviços de terraplenagem. Este processo resulta basicamente na devastação da vegetação nativa e na degradação das dunas com consequências danosas à água subterrânea.

Este trabalho refere-se à importância ambiental do campo de dunas Pirangi/Potengi enfocando as Zonas de Proteção Ambiental 1 (ZPA1 - região de San Vale) que compreende o campo dunar do Pitimbú, Candelária e Cidade Nova, principal área de recarga do aquífero subterrâneo, que garante a demanda de água potável da cidade, além de proteção da flora e fauna das dunas; a Zona de Proteção Ambiental 5 (ZPA 5 – Lagoinha), associação de dunas e lagoas do bairro de Ponta Negra (região da Lagoinha), complexo de dunas e lagoas com desenvolvimento de vegetação com espécies predominantes de formação de tabuleiro litorâneo e espécies de mata Atlântica.

De acordo com Projeto de Lei Complementar sobre o Plano Direto de Natal (em tramitação) e dá outras providências, o Artigo 17, Considera como Zona de Proteção Ambiental a área na qual as características do meio físico restringem o uso e ocupação, visando a proteção, manutenção e recuperação dos aspectos ambientais, ecológicos, paisagísticos, históricos, arqueológicos, turísticos, culturais, arquitetônicos e científicos. O Artigo 18 divide a Zona de Proteção Ambiental de Natal em dez zonas, sendo as ZPAs a seguir estudadas neste trabalho:

- a) ZPA 1 campo dunar dos bairros de Pitimbu, Candelária e Cidade Nova, regulamentada pela Lei Municipal nº4.664, de 31 de julho de 1995;
- e) ZPA 5 ecossistema de dunas fixas e lagoas do bairro de Ponta Negra (região de Lagoinha), já regulamentada pela Lei Municipal nº 5.565, de 21 de junho de 2004;

As dunas são responsáveis pela diminuição do escoamento superficial, através da infiltração das águas da chuva que servem para alimentar o lençol freático e abastecimento de rios e lagoas da região, como, por exemplo, o Rio Pitimbu e o sistema lagunar de Lagoinha, servindo como fonte de armazenamento para posterior captação de água para a população.

Além da importância das dunas, a vegetação também tem um papel fundamental na manutenção das mesmas, servindo como fixador dos sedimentos no solo, contra a erosão eólica e pluvial; também ajudam a manter o clima agradável, serve de refúgio para a fauna, mantendo a biodiversidade local, além de capturar o CO₂ da atmosfera, ajudando a diminuir o efeito estufa.

A construção de imóveis e pavimentação do solo dificulta a recarga das águas de chuva no aquífero. Isto pode prejudicar o abastecimento das gerações atuais e futuras. Melo (1995), comprovou que a recarga é diminuída através do monitoramento de poços situados em áreas densamente povoadas em relação a poços em terrenos pouco ou não povoados.

Através da visualização de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 7 para a zona sul da cidade, obtidas no ano 2004, verificou-se visualmente que ainda existem três áreas consideráveis de dunas vegetadas, estando o Parque das Dunas em primeiro lugar de extensão, em segundo lugar San Vale e em terceiro lugar a Lagoinha.

O objetivo geral desse trabalho é localizar problemas ambientais na área estudada utilizando-se como ferramenta o mapeamento geoambiental que é a atuação de profissionais de geociências no meio ambiente, com o uso da cartografia, que inclui o uso de (SIG) e de banco de dados.

Os objetivos específicos são:

- Elaborar um mapa de vegetação;
- Elaborar um mapa de cadastro de problemas ambientais às dunas;
- Elaborar um mapa de vulnerabilidade à contaminação do aquífero.
- Elaborar um mapa de suscetibilidade de inundações;
- Elaborar um mapa de uso e ocupação do solo;

1.1 – Localização Geográfica da Área de Estudo

A área de estudo foi delimitada pelo polígono de coordenadas (9347919 – 9356690m sul e 247419 – 258414m leste) localizada no Campo de Dunas Pirangi/Potengi, zona sul de Natal-RN, com ênfase na área de estudo principal, San Vale (ZPA 1) e Lagoinha (ZPA 5). A Figura1 delimita a área geral de estudo, o Campo de Dunas Pirangi-Potengi, a ZPA1 e a ZPA5.

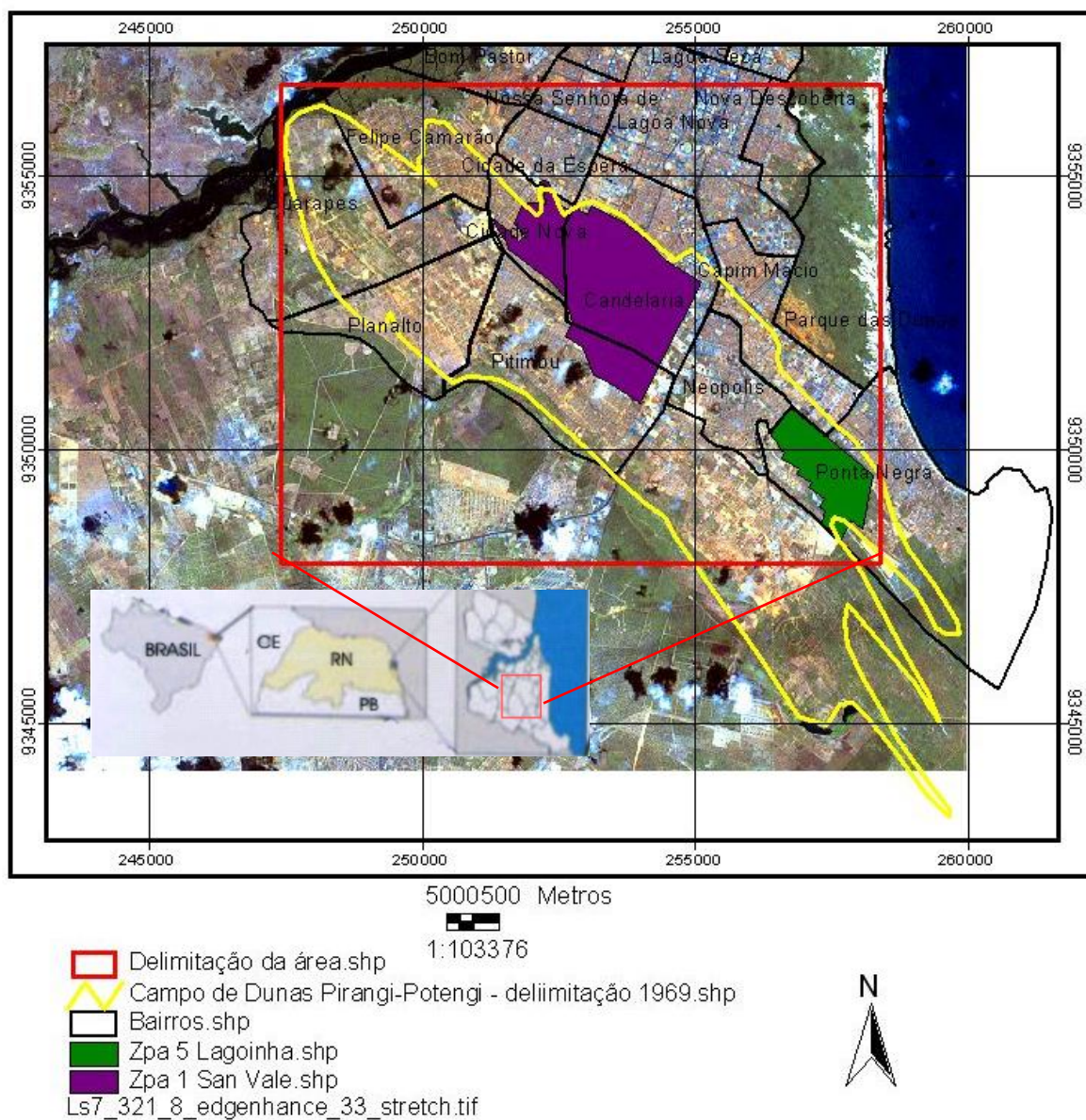


Figura 1: Área de estudo no Campo de Dunas Pirangi-Potengi com destaque a San Vale (ZPA 1) e Lagoinha (ZPA 5).

1.2 – Meio Físico

1.2.1 – Clima e condições meteorológicas

O clima da área de estudo, definido segundo a classificação climática de Köppen é do tipo As, como clima tropical chuvoso quente com o verão seco, conforme VIANELLO & ALVES (1991) apud ECOPLAN, (1994).

Os dados climatológicos a seguir foram adquiridos da Estação Climatológica Principal – UFRN da série histórica de dez anos tabulados pelo autor da dissertação, de 1997 a 2006, exceto para a umidade relativa do ar, com série histórica de 1993 a 2002 pelo motivo de disponibilidade.

Os ventos sopram predominantemente de Sudeste, com velocidade média anual de 4,4m/s para a série histórica, ver Tabela 1

Tabela 1 – Velocidade do vento 1997/2006

Estação Climatológica Principal – UFRN - VELOCIDADE DO VENTO 1997/2006

A/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média anual
1997	4,5	4,8	3,9	3,6	3,9	4,0	4,5	4,8	4,9	5,4	4,7	4,3	4,4
1998	4,1	4,6	4,6	4,8	4,7	4,5	4,1	5,4	5,5	5,4	4,4	4,6	4,7
1999	4,6	4,6	4,2	4,6	3,9	4,4	4,6	4,9	5,1	4,4	4,2	4,3	4,5
2000	4,0	3,8	4,3	3,7	4,2	3,6	3,6	4,5	4,9	5,2	4,5	4,1	4,2
2001	5,1	4,8	3,7	4,0	4,2	3,8	4,5	5,4	5,2	4,6	4,7	4,8	4,6
2002	3,6	4,3	3,6	3,7	3,8	3,1	3,8	4,1	4,5	4,7	4,7	4,7	4,1
2003	3,3	4,1	3,4	3,6	3,7	3,8	4,5	4,4	4,9	5,1	4,7	4,9	4,2
2004	3,7	4,1	4,2	4,1	4,0	3,8	4,2	5,0	6,4	5,2	5,3	4,9	4,6
2005	4,5	4,5	3,5	4,1	3,4	5,5	4,5	5,1	5,3	5,4	4,8	4,9	4,6
2006	5,6	3,8	3,6	2,7	3,8	4	4,3	4,9	3,8	3,6	2,7	3,8	3,9
Média Mensal	4,3	4,3	3,9	3,9	4,0	4,1	4,3	4,9	5,1	4,9	4,5	4,5	

Praticamente não existem dias com calmaria. A temperatura média anual do ar é de 26,3°C com pequenas variações nas médias mensais ao longo dos anos. Para o mesmo período anterior citado, a temperatura máxima absoluta registrada foi de 28,8°C em março de 1998 ver Tabela 2.

A precipitação média anual em Natal é de 1684mm e o período chuvoso se estende de fevereiro a agosto, ver TABELA 3.

Tabela 2 – Temperatura do ar 1997/2006

Estação Climatológica Principal – UFRN - TEMPERATURA DO AR 1997/2006

A/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média anual
1997	27,1	27,6	27,2	26,6	25,6	25,3	24,8	24,6	25,8	26,8	27,2	27,5	26,8
1998	27	28,4	28,8	28,2	27	25,6	24,5	25	25,9	26,5	26,9	27,2	25,8
1999	26,7	26,7	26,8	26,6	25,7	25,2	24,6	24,2	25,3	25	26,5	26,4	25,7
2000	26,6	26,8	27,1	26,3	25,8	24,5	23,6	24,5	25,2	25,8	25,6	26,3	25,8
2001	26,2	26,9	26,7	25,8	25,6	24,5	24,2	23,9	25,2	26	26,7	27,7	26,5
2002	27,2	27,6	26,9	26,8	26,8	25,4	25,2	25,1	26,4	26,7	26,9	27,3	26,6
2003	27,7	27,3	26,9	25,9	26,9	25,4	24,9	26,2	26	26,8	27,4	27,6	26,5
2004	27,1	27,1	27,4	27,3	26,5	25	24,7	26,6	25,8	26,6	27	27,2	26,8
2005	27,7	28,1	28,1	27,8	26,4	24,8	25	25,4	26	26,8	27,3	27,6	26,4
2006	27,6	28	28,2	27,2	26,2	26,2	25,2	25,2	26,2	26,2	25,2	25,2	26,3
Média Mensal	27,09	27,45	27,41	26,85	26,25	25,19	24,67	25,07	25,78	26,32	26,67	27	

Tabela 3 – Precipitação - 1997/2006

Estação Climatológica Principal – UFRN - PRECIPITAÇÃO 1997/2006

A/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média anual
1997	13,3	72,8	159,6	256,2	339,0	77,3	79,7	124,2	5,1	3,0	2,7	55,8	1188,7
1998	48,7	78,3	81,4	74,7	163,0	210,0	793,9	138,7	19,0	13,7	8,5	17,0	1646,9
1999	12,6	143,8	139,2	175,8	289,5	131,5	31,1	49,8	51,1	14,5	5,4	66,9	1111,2
2000	50,0	83,9	122,3	177,4	230,0	577,4	482,3	288,0	205,1	8,7	12,1	23,0	2260,2
2001	30,1	6,8	133,8	360,9	14,4	373,6	145,2	104,4	28,4	13,7	17,1	50,2	1278,6
2002	113,9	82,3	480,0	137,7	122,9	405,6	225,2	312,9	1,0	29,1	98,2	19,4	2028,2
2003	83,7	184,0	317,8	133,4	230,8	244,3	201,6	19,6	41,6	21,7	16,1	22,5	1517,1
2004	303,9	283,0	255,0	168,8	160,7	642,9	393,5	90,1	44,4	14,4	10,3	4,8	2371,8
2005	2,0	36,4	186,3	144,0	548,3	772,3	115,2	134,6	43,9	31,6	1,2	10,4	2026,2
2006	4,2	87,2	157,4	377,1	115,3	375,2	133,4	90,4	28,4	13,7	12,1	22,5	1416,9
Média Mensal	66,2	105,9	203,3	200,6	221,4	381,0	260,1	135,3	46,8	16,4	18,4	29,3	

A umidade relativa do ar sofre pouca variação ao longo do ano, com uma média anual de 82,4%, com máxima no mês de junho 85,7% e mínima no mês de outubro 81%, ver Tabela 4.

Tabela 4 – Umidade relativa -1993/2002

Estação Climatológica Principal – UFRN - UMIDADE RELATIVA (%) 1993/2002													
A/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média anual
1993	77	81	77	81	84	86	86	83	80	80	81	81	81,4
1994	86	80	85	86	85	89	85	81	80	77	79	81	82,8
1995	80	77	81	85	87	87	87	80	80	78	80	78	81,7
1996	79	78	83	84	81	84	84	83	81	80	83	81	81,8
1997	80	81	82	85	87	80	83	83	79	80	84	83	82,3
1998	84	83	82	84	84	85	87	83	80	77	77	77	81,9
1999	77	78	80	82	83	80	80	79	83	83	83	86	81,2
2000	87	89	89	91	90	93	94	91	90	87	87	79	88,9
2001	81	78	79	84	80	88	86	84	80	75	75	77	80,6
2002	81	80	83	83	83	85	84	83	79	80	81	81	81,9
Média Mensal	81,2	80,5	82,1	84,5	84,4	85,7	85,6	83	81,2	79,7	81	80,4	

O regime térmico na região é relativamente uniforme e as temperaturas elevadas ao longo de todo o ano. Essas características são devidas à grande quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre associada a altas taxas de nebulosidade. Além disso, a proximidade do mar induz a redução na amplitude térmica.

1.2.2 - Aspectos geológicos e geomorfológicos

Ocorrem em Natal duas unidades geológicas distintas: Os sedimentos da Formação Barreiras, formados de arenitos e argilas intercaladas e as areias de dunas. Os sedimentos Barreiras afloram em estreita faixa no domínio da área e ocorrem em sub-superfície em toda extensão desta, com espessura em média de 60m. As dunas cobrem praticamente toda área com espessuras muito variadas e condicionadas ao relevo local (Melo 1995).

A área de San Vale é representada por um sistema hidrodinâmico composto de dois aquíferos separados por estratos mais impermeáveis (aquitarde). A seqüência da parte superior até a inferior do sistema é composta do aquífero livre, denominado aquífero Dunas, do aquitarde e do aquífero semiconfinado, também denominado aquífero Barreiras (ECOPLAN, 1994).

O aquífero é mantido pelas águas de chuvas que se infiltram em campos e lençóis de dunas. Através disso, as dunas e o aquífero formam um só conjunto, integrado e independente.

Segundo Amaral *et al* (2005), a área de Lagoinha tem como principal manancial de águas subterrâneas o Aquífero Barreiras, de natureza livre, formado no topo por um sistema hidráulico único com os sedimentos de dunas fixas, estabelecendo-se assim o Sistema Aquífero Dunas-Barreiras.

Destaca-se a importância deste manancial subterrâneo por apresentar um potencial aproveitável da ordem de $300 \times 10^6 \text{ m}^3$, sem considerar parte das reservas permanentes (Melo e Queiroz (1996) *apud* Amaral *et al* (2005)). As águas subterrâneas contribuem com 70% da demanda hídrica da cidade, $94 \times 10^6 \text{ m}^3$, e 30% da demanda provém das lagoas do Jiqui, com manancial disponível de $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ e Extremoz, com $29 \times 10^6 \text{ m}^3$. Estes dados mostram claramente a importância dos mananciais subterrâneos, já que representam, 70% de toda a água fornecida para a cidade. Garantindo dessa forma, as demandas hídricas, que dependendo dos mananciais superficiais não seriam suficientes para atender as necessidades da população. Isto mostra que uma vez poluído o aquífero, será comprometido o seu potencial para abastecimento.

De acordo com Amaral *et al* (2005), as dunas são acumulações elevadas de areia média e bem selecionada, desenvolvidas pela ação do vento. Na cidade ocorrem dunas associadas lado a lado chamado os campos de dunas. Estes campos são importantes para a recarga dos aquíferos, aspectos paisagísticos, testemunha a geologia e a geografia da cidade e possibilitam a importante reserva de flora e fauna característica.

As dunas são em geral formadas de areias finas e menos freqüentemente areias médias, quartzosas, homogêneas, de boa seleção e em alguns casos com percentual argiloso. As dunas da área de San Vale e Lagoinha são classificadas como recentes ou atuais que correspondem aos corpos dunares situados em geral nos níveis topográficos superiores a 50m. Trata-se de depósitos de areia mais recente que aqueles das superfícies aplainadas ou rebaixadas (dunas antigas onde estão situadas às áreas edificadas de Natal, com cotas inferiores a 50 metros), (Melo, 1995).

As dunas iniciam-se nas zonas de praia como dunas primárias não vegetadas e avançam para o continente, primeiro como dunas parabólicas não vegetadas e em seguida, como dunas parabólicas vegetadas. Também relaciona-se a campos de dunas que são unidades geomorfológicas regionais, presentes em todo o litoral do RN, (Amaral *et al* 2005).

As feições geomorfológicas da área propiciam uma drenagem simples, com reduzidos escoamentos e elevadas taxas de infiltração. A impermeabilização artificial provocada pelas pavimentações produz, entretanto, fortes escoamentos superficiais e alagamentos, afetando desta feita as condições naturais de drenagem das águas, (Melo, 1995).

1.2.3 – Sistema Hídrico Subterrâneo

Um reservatório de água subterrânea, também designado por aquífero, pode ser definido como toda a formação geológica com capacidade de armazenar e transmitir a água e cuja exploração seja economicamente rentável.

De acordo com Barros (2003), no município de Natal foram identificados dois aquíferos mais expressivos na exploração de água para consumo. O aquífero freático ou livre é formado pelos sedimentos inconsolidados, com as águas sob pressão atmosférica e extraídas por poços rasos, podendo estar conectado artificialmente com o aquífero inferior através de poços profundos. O aquífero inferior, denominado de aquífero Barreiras, cujas zonas de acumulação encontram-se nas fácies de areias com níveis conglomeráticos, sotopostos a fácies de grande variação litológica (desde arenito a argilito), semipermeável a impermeável, conferindo-lhe o caráter de confinamento.

Na figura 2 estão representados um aquífero confinado e um livre. Observe que o aquífero confinado, camada B, é limitado no topo e na base por camadas impermeáveis C e A, respectivamente. O aquífero livre é formado pela camada D e limitado na base pela camada impermeável C.

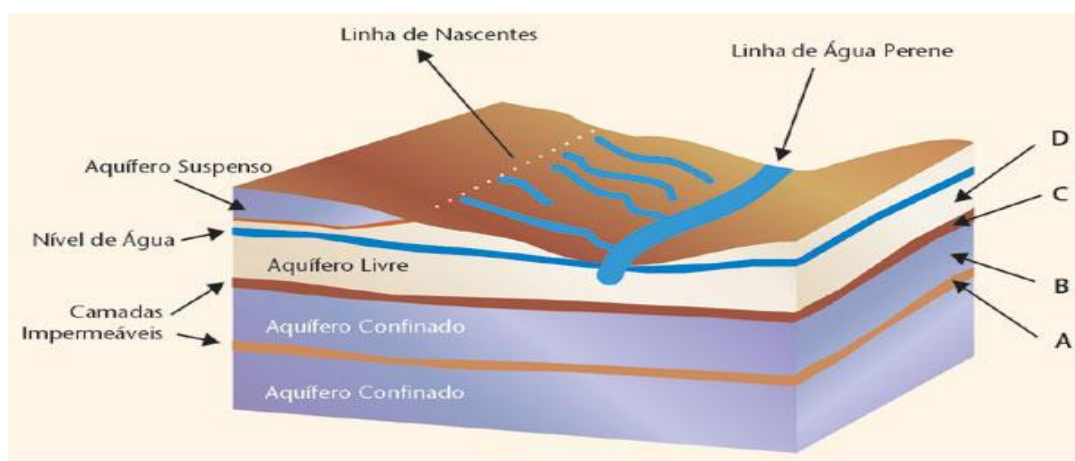


Figura 2 – Tipos de aquíferos.

Fonte: Instituto Geológico e Mineiro (2001).

De acordo com Melo (1995), a espessura saturada das dunas varia em função das variações sazonais do nível das águas subterrâneas. No período seco as dunas permanecem insaturadas em quase toda a área, exceto naquelas que envolvem as lagoas de Pirangi, as lagoas de Lagoinha em Ponta Negra. Isto ocorre por causa da estrutura hidrogeológica local, condicionada à formação de aquíferos suspensos, que dificultam a drenagem das águas das lagoas para os níveis aquíferos inferiores.

1.2.4 - Vegetação

A vegetação encontrada na área de estudo possui funções muito importantes, dentre elas está a proteção da superfície dunar contra as ações climáticas do vento, sol, chuva, também servem de abrigo à fauna local e possuem valor paisagístico.

Existem evidências de contato de vegetação dos tipos estepe e restinga na região de Natal e com o avanço da urbanização, mais de 90% desta foi devastada provocando, reações iniciais de auto-regulação do sistema paisagístico natural que se mantiveram até a exaustão. A partir da década de 90, a cobertura vegetal original das dunas vem sendo retirada com a implantação de loteamentos próximos ao vale do Pitimbu, San Vale, entre outros. (Araújo, 2002).

De acordo com Amaral et al 2005, em trinta anos, mais de 80% da área do Campo de Dunas Pirangi-Potengi foi desmatada ou ocupada de alguma forma. Em 2005 apenas duas áreas pequenas estavam aproximadamente preservadas, sendo elas San Vale com área aproximada de 6km² e área verde de aproximadamente 5,9km² e a área de Lagoinha da zona de proteção ambiental 5 (ZPA 5), com cerca de 3 km² e área verde com aproximadamente 2,7km², sendo estas áreas medidas em imagens de 1999.

1.2.5 – Uso e ocupação do solo

Com a expansão urbana de Natal, os processos de equilíbrio da paisagem natural e da dinâmica vêm sendo alterados.

O estudo do uso do solo permite analisar a estrutura urbana pela relação entre a ocupação espacial e as atividades sócio-econômicas desenvolvidas nas áreas urbanas. (Marques, *et. al.*, 2001).

Uma definição de levantamentos de uso da terra segundo o IBGE (1999) são aqueles estudos que envolvem pesquisas de gabinete e campo, compreendendo registros de observações e análises. Usos semelhantes são reunidos em classes,

estas combinadas com informações relativas à produção constituem a base fundamental para a composição de Unidades de Mapeamento que é um grupamento de áreas de uso, estabelecido para representação em bases cartográficas e mostrar a distribuição espacial, extensão e limite dos diferentes usos.

A partir da década de 60, Natal cresce rapidamente na medida em que entra no contexto urbano do País. (Oliveira, 2003).

O crescimento da mancha urbana da cidade no período de 1994 a 2002 é aproximadamente 33%, ou seja, mesmo com a diminuição das áreas de expansão, a cidade ainda se urbaniza, principalmente nas áreas periféricas. A urbanização, justificada pelo uso do solo diferenciado destas áreas, intensifica-se bastante, principalmente quando se comparam as expansões na zona norte à zona sul da cidade. O que mais se destaca é o seu acentuado crescimento urbano em relação ao mapeamento anterior nos bairros de Planalto, Candelária San Vale e Pajuçara, configurando-lhes grandes expansões e crescimento no que tange à sua urbanização. (Oliveira, 2003).

Segundo Nunes (2000), a zona urbana reflete bem a ocupação do solo sem planejamento e conseqüentemente, à diminuição de áreas para infiltração das águas de chuva, dessa forma, ocasionando os alagamentos, sendo que, o volume de escoamento superficial vem aumentando a cada ano. E para agravar a este problema, temos o sub-dimensionamento da rede de saneamento já existente.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Planejamento Ambiental

Há algumas décadas nos preocupamos com o meio ambiente, com as ações do homem, com o aumento no uso dos recursos naturais e seu poder de autodepuração que é limitado. Com isso, percebemos a necessidade de definir até que ponto podemos alterar a biosfera e passar a ter certeza de que é preciso planejar nossas ações quanto ao que fazemos com relação ao ambiente em que vivemos.

Planejamento Ambiental é uma expressão usada recentemente, usada através da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro, a ECO-92, foi criado o maior programa de planejamento ambiental, a AGENDA 21, que previa um planejamento a nível global, para o nacional, regional (estadual) até o nível local (municipal), com o objetivo de melhoria da qualidade de vida do ser humano e de conservação e de preservação ambiental.

O conceito de Planejamento Ambiental é a organização do trabalho de uma equipe para consecução de objetivos comuns, de forma que os impactos resultantes, que afetam negativamente o ambiente em que vivemos, sejam minimizados e que, os impactos positivos, sejam maximizados. Floriano (2004).

Segundo Santos (2004), em seu livro “Planejamento Ambiental: Teoria e Prática”, o planejamento ambiental pode ser definido como o “planejamento de uma região, visando integrar informações, diagnosticar ambientes, prever ações e normatizar seu uso através de uma linha ética de desenvolvimento”.

2.2 – Geoprocessamento

Dentre as técnicas utilizadas de geoprocessamento neste trabalho, podem ser citadas a elaboração e o tratamento de Modelo Digital de Terreno e a obtenção de mapas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Satélite.

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica e textual de recursos minerais, de plantas e animais até recentemente era feito em documento e mapas em papel. Impedindo uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da tecnologia da informática, foi possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, dessa forma, surgindo o Geoprocessamento.

Neste contexto, o Geoprocessamento denota o conjunto de tecnologias de coleta, tratamento e desenvolvimento de informações espaciais que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Ministério das Cidades (2006).

Dentre estas tecnologias, o Sistemas de Informações Geográficas (SIG) São sistemas voltados à aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações espaciais.

De acordo com Xavier (2003) o geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto que um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies.

2.2.1 - Modelo Digital de Terreno (MDT)

Os Modelos Digitais do Terreno (MDT) consistem na representação digital da forma da superfície terrestre, sendo bastante utilizados. Entre as diversas aplicações dos MDT's pode-se citar: geração de curvas de nível, cálculo de volumes, perfis e seções transversais, mapas de declividade, análise de corte e aterros, para uso em projeto de estradas, mapas topográficos, visualização tridimensional e análises geomorfológicas Freitas et al (2000) *apud* Xavier (2003).

Segundo Francisco Filho (1999) *apud* Jesus (2002) a geração de MDTs no computador é uma simples questão de se criar uma matriz de X colunas por Y linhas, onde cada pixel possui três dados acoplados: as coordenadas de localização (X,Y) e o DN (digital number) que, nesse caso, significa a altura daquele píxel em relação a uma referência.

A geração dos MDTs consta das seguintes etapas:

1 – Coleta de dados

Os dados coletados são as suas coordenadas geográficas e as suas altitudes. Estes dados podem ser obtidos diretamente com o uso do GPS e plotá-los em um mapa georreferenciado ou diretamente das imagens que contenham curvas de nível.

2 – Tratamento de Imagens

Utilização de tratamento de imagens através da mudança de tonalidade de cor, deixando as linhas representativas das curvas de nível mais visíveis para vetorização.

3 – Vetorização

As curvas podem ser vetorizadas manualmente em mesa digitalizadora ou na tela do computador, vetorização automática ou semi-automática, através de programas específicos para isso.

O arquivo vetorial é necessário para informar ao computador os valores das cotas referentes a cada curva.

4 – Georreferenciamento

Esta fase estabelece a real relação entre o banco de dados espacial e o mundo real. Em uma imagem georreferenciada, cada pixel passa a corresponder a um local específico da superfície terrestre e os seus dados passam a ser então dados espaciais.

As coordenadas de um ponto no espaço podem ser medidas em graus ou em metros e são tomadas a partir do datum relativo à zona em que a área está inserida.

Antes de se iniciar o georreferenciamento, é necessário que se obtenha um número mínimo de pontos de controle, ou seja, pontos da superfície terrestre que possam ser visualizados na imagem a ser georreferenciada. No caso de cartas topográficas, esses pontos são os próprios vértices da carta, que já vem com suas latitude e longitude explicitadas. Caso contrário, esses valores (latitude e longitude) podem ser obtidos em campo com auxílio de GPS.

5 – Geração do MDT

Existem diversos programas de SIG através dos quais é possível gerar um MDT. De modo geral, esses programas fazem uma interpolação dos dados que são gerados a fase de vetorização e georreferenciamento (altitude e coordenadas), criando dados entre as curvas de que se dispunha. São vários os métodos de interpolação através dos quais esses dados podem ser gerados.

O método de Krigagem mais indicado pela Golden Software (1999) por ser mais flexível e adaptável a maioria dos tipos de dados.

O MDT propriamente dito já fornece a noção da morfologia da área. Entretanto, a partir dele podem ser extraídos outros mapas também importantes, como por exemplo, declividade e aspecto.

2.3 – Risco de enchente e alagamentos

2.3.1– Riscos e Áreas de Risco.

Mediante o avanço técnico-científico na área de conhecimentos sobre riscos naturais, não se tem uma terminologia usual para ser empregada pelos profissionais que atuam com o tema riscos ambientais.

Para homogeneizar o entendimento das equipes técnicas, o Ministério das Cidades (2006) através do curso Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Riscos, propôs as seguintes definições.

Risco: Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou conseqüências sociais e/ ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a suscetibilidade e a vulnerabilidade, maior o risco.

Área de Risco: Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Gerenciamento de Áreas de Risco:

De acordo com o Ministério das Cidades, 2006, as ações para o controle de riscos geológicos e a prevenção pode ser aplicadas a partir de três enfoques distintos, simultaneamente ou não.

Eliminar/Reduzir o Risco

- Agindo sobre o processo,
- Agindo sobre a conseqüência

Evitar a Formação de Áreas de Risco

- Controle efetivo do uso do solo

Conviver com os Problemas

-Planos preventivos da defesa civil.

O gerenciamento de áreas urbanas com risco de enchentes tem como base quatro questões, a partir da qual o trabalho é desenvolvido.

A primeira questão refere-se ao tipo de processo a ser mapeado. Deve se definir quais são os processos presentes e como eles ocorrem, identificando quem são seus condicionantes naturais e/ou antrópicos.

Onde os processos ocorrem e, por meio de estudos de correlação e monitoramento, será definido quando o processo será deflagrado.

Sabendo-se o tipo de processo, como, onde e quando ele ocorre, serão definidas as medidas a serem tomadas, sejam de caráter estrutural ou não-estrutural.

Classificação de riscos:

Serão apresentados critérios e parâmetros

Primeiro critério: identificação do parâmetro hidrológico

O primeiro critério de análise refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada.

- a) Processo hidrológico 1 - ENCHENTE E INUNDAÇÃO LENTA DE PLANÍCIES FLUVIAIS (C1);
- b) Processo hidrológico 2 - ENCHENTE E INUNDAÇÃO COM ALTA ENERGIA CINÉTICA (C2);
- c) Processo hidrológico 3 - ENCHENTE E INUNDAÇÃO COM ALTA ENERGIA DE ESCOAMENTO E CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO (C3).

Cada um dos processos hidrológicos comumente ocorrentes será utilizado como critério de análise e de periculosidade na medida em que consistem em processos com diferente capacidade destrutiva e potencial de danos sociais e econômicos em função da sua magnitude, energia de escoamento, raio de alcance lateral e extensão e impacto destrutivo.

Segundo Critério: Vulnerabilidade da ocupação urbana

A avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando basicamente 2 tipologias construtivas:

- a) alta vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira, madeirit e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos;
- b) baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

Terceiro Critério: Distância das moradias ao eixo da drenagem

Intrinsecamente neste critério há embutida a frequência de ocorrência: fenômenos com maior raio de alcance estão associados a eventos de maior magnitude e de menor tempo de retorno em termos estatísticos tendo as chuvas como agente deflagrador do processo.

- a) alta periculosidade (P1): alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;
- b) baixa periculosidade (P2): baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE RISCO

A definição de níveis relativos de risco considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos entre os mesmos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: RISCO MUITO ALTO (MA), RISCO ALTO (A), RISCO MÉDIO (M) E RISCO BAIXO (B).

2.3.2 – Enchentes e Alagamentos Urbanos

As enchentes e alagamentos que ocorrem em Natal são frutos de processos meteorológicos com anormalidade da precipitação pluviométrica. Um fator que ajuda para a ocorrência de enchentes e alagamentos é a impermeabilização do território ocupado por obras urbanas em áreas de vertentes e de captação natural das águas precipitadas na cidade com cotas altimétricas inferiores a 30 metros.

Será apresentando a seguir algumas definições de enchente e inundação segundo o (Ministério das Cidades, 2006).

ENCHENTE ou CHEIA: Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga.

INUNDAÇÃO: Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.

A diferença entre enchente e inundação se resume ao confinamento ou não das águas de um curso de água no seu canal de drenagem.

Os estudos a seguir levantam a tese de que as áreas de inundação da cidade estão comprometidas em cotas altimétricas inferiores a 30 metros.

Todas as lagoas naturais existentes na cidade de Natal estão inseridas na cota de 30m, (Melo 1995).

As cotas de 30m podem ser encontradas acompanhando os limites do município em áreas costeiras e fluviais e também no interior do continente, área esta com maior índice de enchentes e alagamentos pela marcante ocupação urbana. Silva (1999b) *apud* Oliveira 2003.

De acordo com Medeiros (2001), o ecossistema lacustre de Lagoinha é encontrado entre flancos das dunas, com cotas inferiores a 32 metros, que favorecem o afloramento do aquífero. Apresentam uma topografia plana a suavemente côncava, onde é possível observar, em alguns locais o afloramento das águas do aquífero, onde são encontradas lagoas intermitentes, que são também alimentadas pelas águas pluviais.

A rede de drenagem natural é modificada à medida que se dá a ocupação do solo, impermeabilizando-o. E para agravar nos alagamentos, observam-se o sub-dimensionamento e ausência de galerias de águas pluviais, a obstrução de “bocas de lobo” por lixo e a impermeabilização de lagoas de captação de águas de chuva por sedimentos.

De acordo com Nunes (2000) *apud* Oliveira (2003), “... o elevado grau de urbanização e impermeabilização de ruas e avenidas vem reduzindo drasticamente as áreas de infiltração, muito embora com uma quantidade de lagoas significativa para uma cidade de pequeno porte, tais lagoas não são suficientes para infiltrar toda a água de chuva, o que tem provocado a cada período de anormalidade pluviométrica inundações e alagamentos em ruas, avenidas e residências”.

2.4 – Vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas

As águas subterrâneas desempenham um papel muito amplo. Além de determinarem a viabilidade do uso para fins de abastecimento doméstico, industrial ou agricultura, podem fornecer informações sobre a natureza dos solos e das rochas, por onde percolam, contribuindo com informações acerca dos processos de alteração química e intensidade de erosão atuantes em determinada bacia hidrográfica. O relativo baixo custo e excelente qualidade natural, na maioria dos casos, justificam sua exploração, na cidade de Natal.

Devido ao custo relativamente baixo de captação e por ser geralmente de boa qualidade, as águas subterrâneas têm sido frequentemente a fonte preferencial de suprimento em sistemas públicos, assim como largamente exploradas para usos domésticos e industriais.

A disposição dos esgotos urbanos devido ao crescimento de práticas inadequadas de saneamento, fazem com que o subsolo receba toda a sorte possível de contaminantes quer seja de origem doméstica ou industrial. Desta forma, alteração no comportamento dos fluxos hidráulicos dos aquíferos e na qualidade da água subterrânea pode exercer um forte impacto negativo na qualidade dos mananciais subterrâneos. (Bovolato 2001).

Muita atenção tem sido dada aos impactos da urbanização sobre os cursos de água superficiais na deterioração da sua qualidade. Entretanto, a urbanização também afeta o sistema de água subterrânea de duas principais formas:

- Por mudanças radicais nos padrão e razão de recarga dos aquíferos;
- Pelos impactos adversos na qualidade desta recarga.

Um fato comum em relação aos processos envolvidos na urbanização é que resulta em impermeabilização (através da compactação dos solos e pavimentação) de uma significativa proporção da área superficial e a maior parte da água provém, muitas vezes, de áreas que extrapolam os limites urbanos.

Arranjos de sistemas de saneamento e drenagem, os quais são fundamentais quando considerado o ciclo hidrológico urbano, expandem-se com o tempo e variam amplamente em função dos diferentes padrões de desenvolvimento urbano.

As mudanças na recarga dos aquíferos causadas pela urbanização, por sua vez influenciam os níveis da água subterrânea e os regimes de fluxo nos aquíferos. Isto pode levar muito tempo, uma vez que a constante de resposta dos aquíferos são normalmente maiores que todos os componentes do ciclo hidrológico urbano. Conseqüentemente, decorrerão muitos anos antes que os aquíferos alcancem o equilíbrio com as mudanças hidrológicas induzidas pelos processos de urbanização.

A variabilidade e a intensidade da poluição das águas subterrâneas guardam relação com a vulnerabilidade do aquífero, com as características dos esgotos e do arranjo dos sistemas de saneamento. A degradação da qualidade da água subterrânea por sua vez impactará a disponibilidade de suprimento de água.

Segundo Foster (1993) *apud* Vasconcelos 2002, a definição mais apropriada para o conceito de vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas é o seguinte: grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3 – METODOLOGIA

Para melhor entender o mapeamento geoambiental da área de San Vale e Lagoinha no campo de dunas Pirangi-Potengi serão descritos a seguir os materiais e os métodos empregados para obtenção dos resultados esperados.

3.1 – Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram:

- Veículo automotor;
- Fotografias aéreas da Secretaria Municipal de Trabalho e Assistência Social (SEMTAS) com escala de 1:15.000, do ano 2004;
- Imagens do sensor TM do satélite LandSat 7 do ano de 2004.
- Geografic Position System – GPS;
- Máquina digital;
- Trabalho de gabinete - Hardware e Softwares(ArcView® GIS 3.2., Golden Software Surfer 8.0 e R2V) para geoprocessamento e;
- Cartas altimétricas em escala 1:2000 de Dezembro de 1979, Datum Sad 69, do SEPLAN-IDEDEC.

3.2 – Métodos

3.2.1 – Escolha e georreferenciamento dos produtos de sensores remotos: no trabalho de campo, utilizou-se como instrumentos para orientação cartográfica, fotografias da SEMTAS em escala de 1:15000 do ano de 2004. Foram coletados e tabulados pontos de controle de determinados locais, citados na Tabela 5 – Pontos de controle coletados em San Vale. Estes pontos serviram para o georreferenciamento das fotografias aéreas no software ArcView® GIS 3.2.

Tabela 5 – Pontos de controle coletados em San Vale para georreferenciar as fotografias aéreas.

PONTOS	X	Y	Z	LOCALIZAÇÃO
1	255372	9353030	58	ESQUINA INTEGRAÇÃO X MARGINAL BR 101
2	254872	9351566	50	MAKRO
3	254216	9350484	65	ENTRADA CIDADE SATÉLITE
4	252769	9351984	63	RÓTULA DO PROLONGAMENTO PRUDENTE X XAVANTES
5	251745	9352610	57	LAGOA DE CAPTAÇÃO XAVANTES
6	251296	9352864	53	XAVANTES X LINHA DO TREM
7	251322	9354282	63	SUBIDA DO EX-LIXÃO CIDADE NOVA
8	253550	9354264	62	JAGUARARI X INTEGRAÇÃO
9	254050	9353892	66	PRUDENTE X INTEGRAÇÃO
10	253747	9353416	63	RETORNO NO INÍCIO PROLONGAMENTO PRUDENTE

3.2.2 – Criação do plano de informação vegetação para gerar o mapa de vegetação. Com as fotografias aéreas já georreferenciadas, foram vetorizadas manualmente as áreas verdes de San Vale e Lagoinha. Distribuindo os tipos de vegetação densa e não densa.

3.2.3 – Criação do plano de informação cadastro de problemas ambientais: verificação e coleta de pontos de controle com o uso do GPS nos locais com problemas ambientais, como a deposição de lixo inadequada, entulhos, causados pelo homem no ambiente local, devido à falta de consciência ambiental. Em seguida foram lançados sobre a imagem do sensor TM do satélite LandSat 7 para gerar o mapa de cadastro de problemas ambientais.

3.2.4 – Criação do plano de informação altimetria para a obtenção das cartas altimétricas para San Vale (16-69-01 a 16-69-04, 16-69-07 a 16-69-10, 16-69-13 a 16-69-16) e para Lagoinha (16-77-05, 16-77-06, 16-77-11, 16-77-12, 16-70-19, 16-70-01, 16-70-07, 16-69-23 e 16-69-24). em escala de 1:2000, (Figura 3).

As cartas altimétricas foram tratadas no software Corel Photo Paint 11, para melhoramento de imagem, utilizando o ajuste da curva de tom e a conversão de imagem em preto e branco (1 bit) com o método de conversão linha artística. Foi utilizado um software de transformação de dados raster em vetor, o R2V, possibilitando o conhecimento das características altimétricas da área em estudo. Em seguida foram exportadas para o Software Surfer 7.0 para conversão em

formato de texto (.txt) e exportado para o software ArcView® GIS 3.2. sendo possível gerar o Modelo Digital do Terreno – MDT possibilitando ter o conhecimento das características altimétricas da área em estudo e localizar áreas com cota altimétrica abaixo de 30 metros, para poder gerar o mapa de vulnerabilidade à inundações.

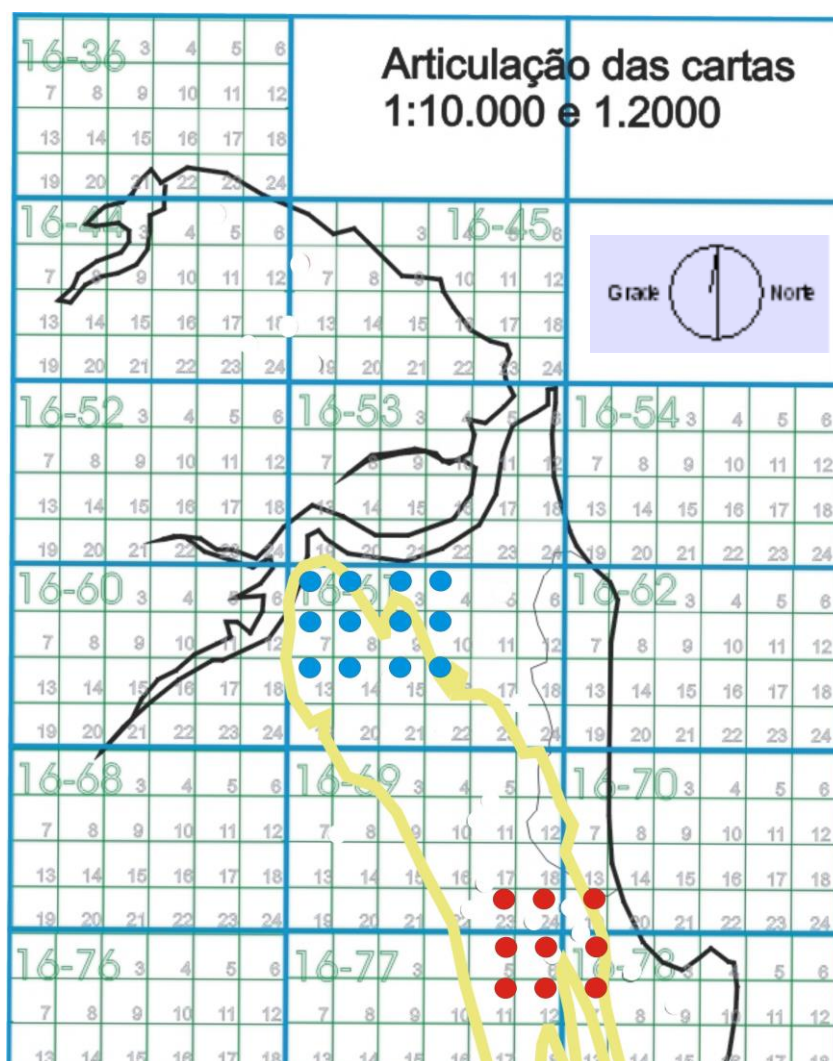


Figura 3 – Mapa índice de Natal, fora de escala, em destaque amarelo o local aproximado do Campo de dunas Pirangi-Potengi com a área de San Vale localizada nas cartas com pontos azuis e Lagoinha nas cartas com pontos vermelhos.

3.2.5 – Criação do plano de informação vulnerabilidade ambiental à contaminação do aquífero para a geração do mapa de vulnerabilidade para a região do campo de dunas Pirangi-Potengi. Na prática, os componentes da vulnerabilidade do aquífero muitas vezes não são diretamente mensuráveis, mas são somente determinados por várias combinações de outros fatores. Estes outros fatores geralmente não estão

disponíveis e nem são facilmente estimados. Deste modo, quando se deseja desenvolver um esquema prático de avaliação de contaminação das águas subterrâneas, tornam-se inevitáveis a redução e a simplificação da lista de parâmetros a serem estimados. Caso a seleção dos parâmetros se baseie em dados provavelmente disponíveis ou facilmente coletáveis, ter-se-ia:

- a) tipo de ocorrência da água subterrânea;
- b) características das litologias até o nível da água em função da textura e do grau de consolidação;
- c) profundidade do nível da água.

Foi elaborado a carta de vulnerabilidade natural e de contaminação das águas subterrâneas, utilizando coletas de dados como perfis litológicos de poços perfurados obtidos de órgãos públicos e privados (Araújo, 2002). A metodologia “GOD” (G - Groundwater hydraulic confinement; O - overlaying strata; D - dept to groundwater table) utilizada para a área em estudo adotou os procedimentos de FOSTER et. al. (1988) e FOSTER & HIRATA (1981) *apud* BARROS (2003).

A estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD” envolve as seguintes etapas:

- 1) identificar o grau de confinamento hidráulico do aquífero, atribuindo um índice a este parâmetro na escala de 0,0 a 1,0;
- 2) especificar as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) tipo de litologia, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,4 a 1,0;
- 3) estimar a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0. O índice final integrado de vulnerabilidade de aquíferos “GOD” é o produto dos índices obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (desprezível) até 1,0 (extrema).

No emprego deste procedimento metodológico, utilizou-se o esquema para avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero, Figura 4, onde cada fator citado recebe um índice, sendo o produto destes parâmetros, também um índice que representa a vulnerabilidade natural do aquífero.

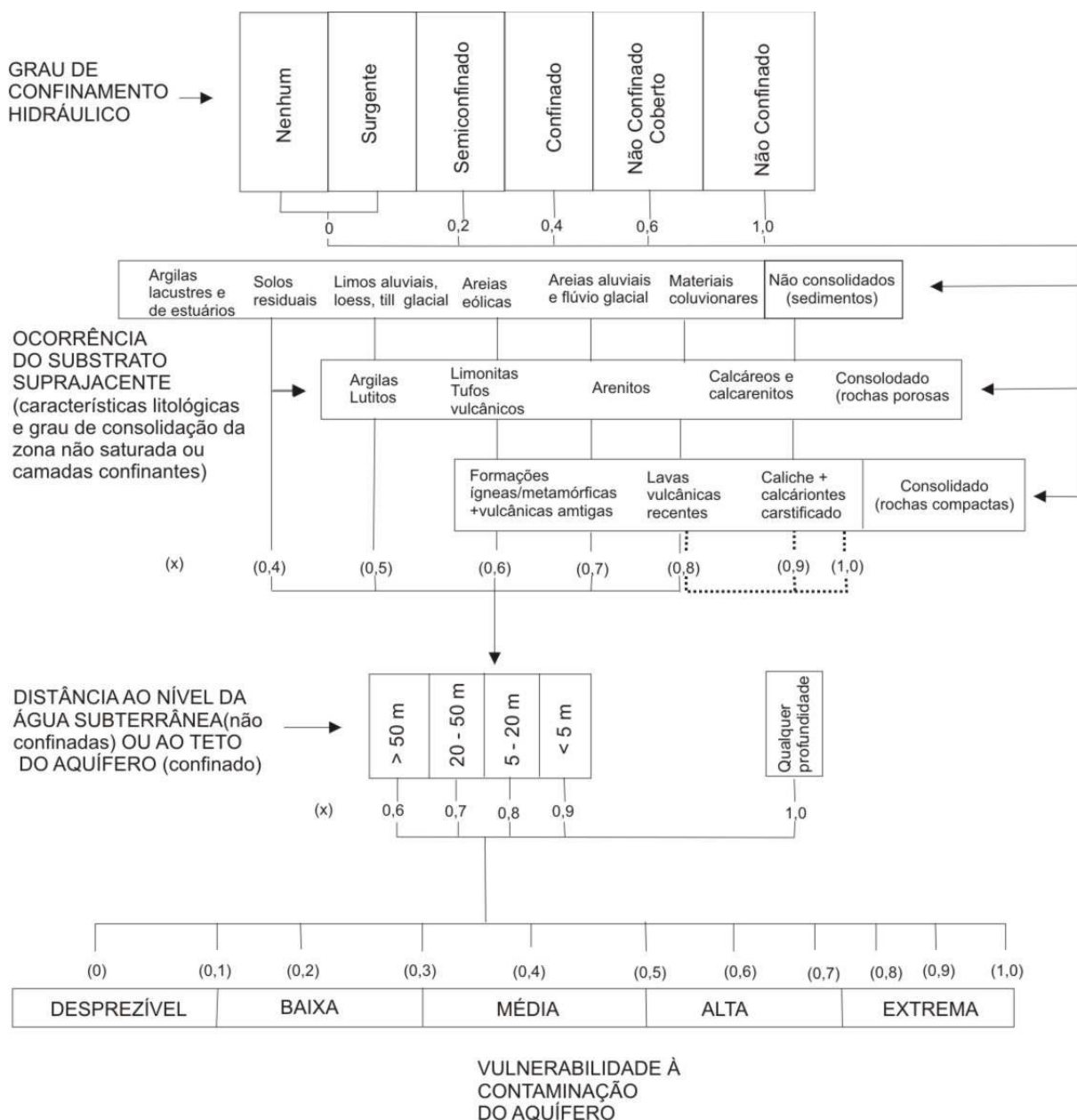


Figura 4 - Esquema para avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero.

Fonte: Foster e Hirata (1988) *apud* Bovolato.2005.

3.2.6 – Geração do plano de informação mapa de uso e ocupação do solo.

Para gerar o mapa de uso e ocupação do solo foram utilizadas as fotografias aéreas do SEMTAS do ano de 2004 na escala de 1:15.000. Estas foram georreferenciadas utilizando o software ArcView® GIS 3.2. e vetorizadas para a geração do mapa de uso e ocupação do solo sendo separadas em classes de vegetação densa, vegetação não densa, lagoas, plantação, área comercial, habitações e solo descoberto.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4 - RESULTADOS

4.1 - Vegetação

Diante da importância da vegetação para o meio ambiente, foi elaborado o mapa de vegetação, figura 5, para a região de San Vale com área de 6,87km², e Lagoinha com área de 2,01km², estas duas são as maiores áreas vegetadas para a região sul de Natal, estando atrás apenas do Parque das Dunas. A vegetação de San Vale, densa (arbustivo-arbórea fechada) de 2,51km² e a não densa (arbustivo-arbórea esparsa) de 1,53km², totalizando aproximadamente 4,04km², e a vegetação de Lagoinha, densa (arbustivo-arbórea fechada) de 1km² e a não densa arbustivo-arbórea esparsa de 0,65km², totalizando uma área vegetada de 1,65km².

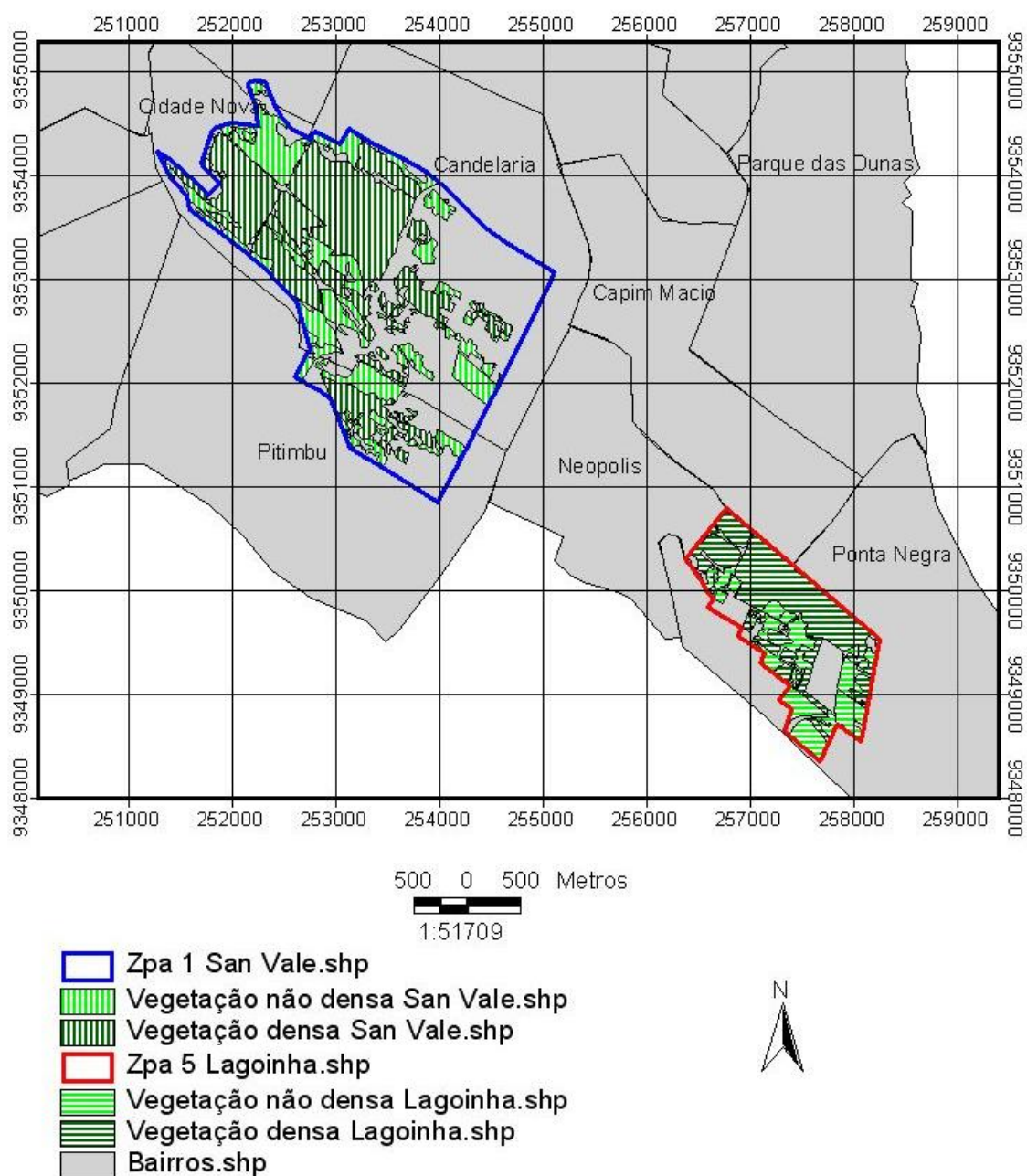


Figura 5 – Mapa de vegetação

4.2 – Problemas ambientais na área em estudo

Até meados do fim da década de 60, as terras da parte mais a sul de Natal, grande área não era urbanizada, pelo simples fato de serem terras privadas (área militar de treinamentos, granjas, pequenas fazendas, sítios, etc.) e seus donos usavam-na para seu próprio benefício. Muitas delas eram usadas para pasto e em outras se encontravam o cultivo de hortaliças e outras plantas (Natal, SEMURB 2003) *apud* Alonso, (2004).

A partir do final da década de 60 a situação mudou com a venda de grande partes das terras locais, surgindo os primeiros conjuntos habitacionais nas áreas de Neópolis, Ponta Negra, com formação de bairros e posteriormente, o conjunto habitacional de Capim Macio. Atualmente esses bairros estão ocupados na sua totalidade, até surgindo novos bairros como (Pirangi, Jiqui, Alagamar, Cidade Jardim, entre outros.

Devido ao crescimento descontrolado esses bairros vem crescendo o volume de habitações, notado pela presença de muitos condomínios que surgem a todo o momento na zona sul de Natal, pressionando as áreas vegetadas e até Áreas de Proteção Ambiental.

A Tabela 6 refere-se a alguns problemas ambientais referentes à deposição incorreta de resíduos de construção civil, resíduos sólidos e à presença de trilhas nas dunas, modificando a paisagem. A Figura 6 exibe a localização destes problemas em mapa na região de Lagoinha e San Vale mostrando a ação antrópica encontrada na fase da coleta de dados em campo.

Tabela 6: Problemas ambientais referentes à disposição direta no solo de entulho e lixo e a presença de trilhas nas dunas.

Ponto	X	Y	Z	Descrição
1	256719	9350724	48	Entulho
2	257403	9350392	44	Trilhas
3	257786	9350306	45	Entulho
4	258124	9349766	43	Entulho
5	258066	9348622	42	Entulho
6	253479	9352384	74	Lixo
7	253381	9352298	66	Trilhas
8	251469	9353854	58	Lixo
9	253070	9354432	60	Lixo

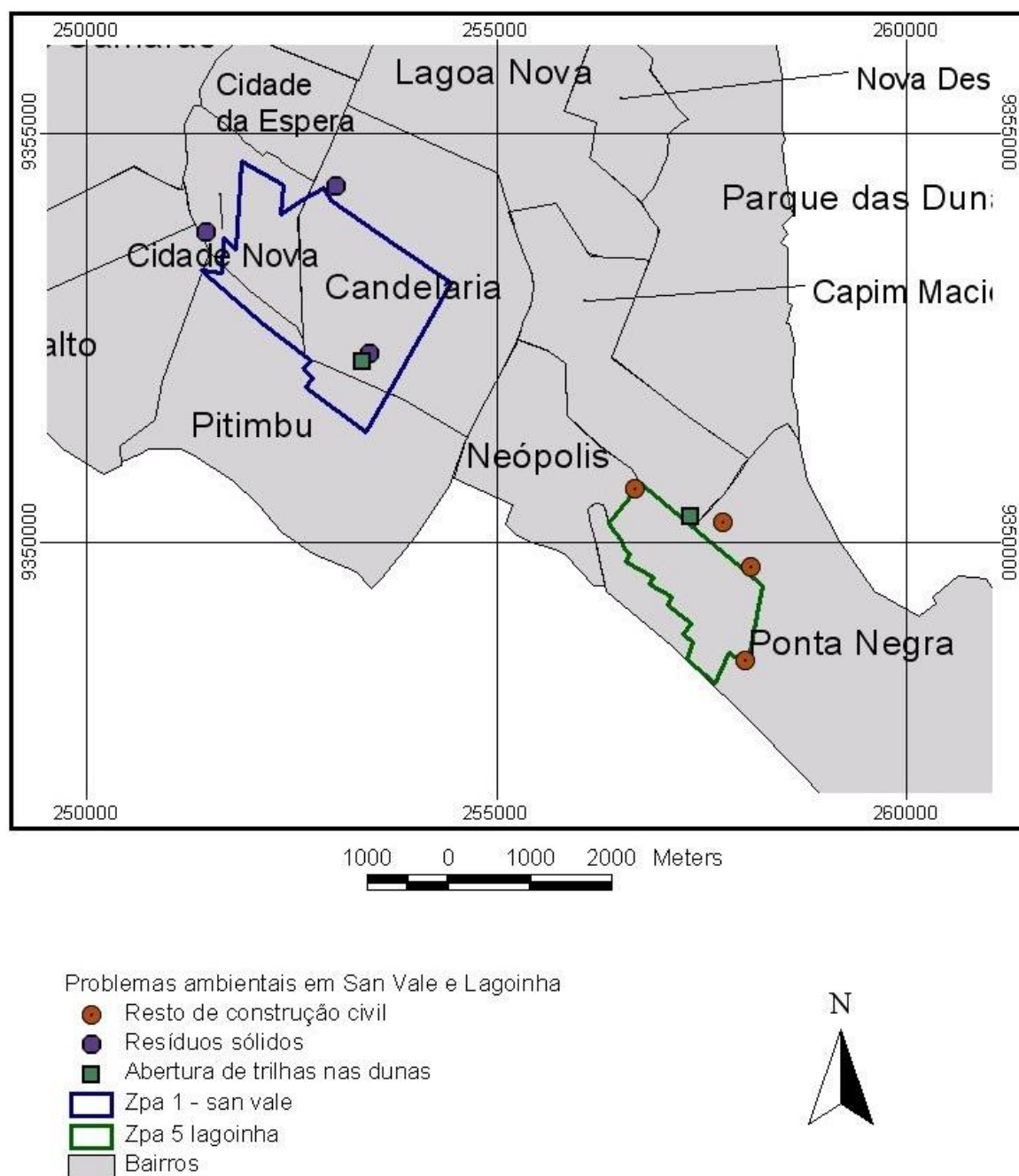


Figura 6 – Localização de problemas ambientais referentes a resíduos de construção civil, resíduos sólidos e abertura de trilhas nas dunas.

Os Problemas ambientais causados pelo avanço antrópico, pode ser notado visivelmente circulando pelos bairros que envolvem a ZPA 5 e a ZPA 1. Muitas construções novas são encontradas todos os dias, podendo-se dizer que, áreas antes verdes ou de mata fechada, hoje são verdadeiros canteiros de obras ou loteamentos Figura 7 ou até mesmo depósitos de entulho e lixo Figura 8.



Figura 7 - Área de duna da ZPA nº5, com a presença de obras de engenharia.

O lixo acumulado pode trazer inúmeros problemas para a população como, por exemplo, mau cheiro, presença de insetos, doenças, contaminação do solo, por componentes químicos e principalmente orgânicos, que formam o chorume, este inserido no solo por meio de chuva ou por estar na forma líquida infiltrando pelas camadas do subsolo.



Figura 8 – Área de duna utilizada para depósito de lixo e entulho (Cidade Satélite).

De acordo com Alonso (2004), os tipos de esgotos em Natal são:

- a) Fossas Secas – cova com, em média, um metro de diâmetro, por 2,5 de profundidade, recebem os dejetos diretamente sem água;
- b) Fossas Sépticas – recebem dejetos junto com água. A parte sólida fica retida por determinado tempo para sedimentação e sofre processo de digestão por microorganismos anaeróbicos. O líquido passa por um sumidouro de paredes permeáveis, permitindo a infiltração no solo. O Transporte é canalizado na rede coletora, mas não recebe tratamento nenhum, em geral o líquido vai para rios e lagoas ou para o mar;
- c) Esgoto condominial – Implantado no início dos anos 80, no Rio Grande do Norte, após várias pesquisas desenvolvidas pela Companhia de águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. Consiste num sistema semelhante aos existentes em condomínios de apartamentos.
- d) Lagoas de estabilização de esgoto: sistema que emprega a degradação de matéria orgânica, através da oxidação por microorganismos presentes no ar, sobre o próprio esgoto, realizam uma degradação e desinfecção parcial, se utilizada

de forma correta, mas devolvem ao meio um efluente rico em nitratos, fósforo entre outros produtos da deterioração da matéria orgânica, prejudiciais à saúde.

O problema dos sistemas de disposição de esgotos, feitos através da coleta pública de Natal é que não acompanharam o crescimento urbano da cidade, causando com isso o rompimento de tubulações, e desativações dos sistemas por incapacidade de suportar a demanda. Existem também em grande escala as contaminações pontuais das fossas e sumidouros presentes nas casas compreendidos nos bairros.

Na área compreendida dentro dos limites da Zona de Proteção Ambiental 5 (ZPA 5), encontram-se residências (sítios e granjas), Figura 09 , que não possuem uma rede adequada de saneamento básico, com os dejetos lançados direta ou indiretamente no subsolo, muitas vezes não tendo tratamento algum, contribuindo também para a contaminação em uma área de alta capacidade de infiltração onde é encontrado água a poucos metros de profundidade.



Figura 09 – residências (sítios e granjas) dentro dos limites da ZPA5.

4.3 – Suscetibilidade de inundações

Foi elaborado um mapa de suscetibilidade de inundações para parte do Campo de Dunas Pirangi-Potengi em Natal, mais especificamente para a região de San Vale e Lagoinha, Figura 10, com curvas de nível espaçadas a cada metro, mostrando-se as áreas que apresentam suscetibilidade de inundações, com cota altimétrica abaixo de 30 metros. A parte centro-sul da ZPA 1 (San Vale) é possível verificar a presença de 8 locais suscetíveis a inundação. E na ZPA 5 (Lagoinha) é possível ver a presença de três locais suscetíveis a inundação, dois no lado interno da delimitação e outro no lado externo, na porção sudeste da ZPA.

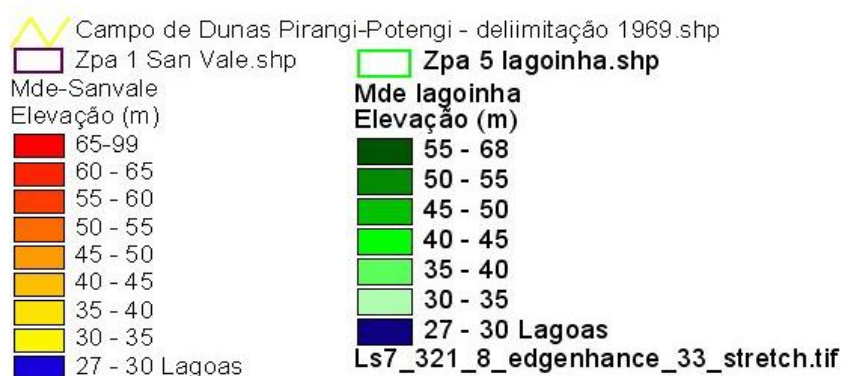
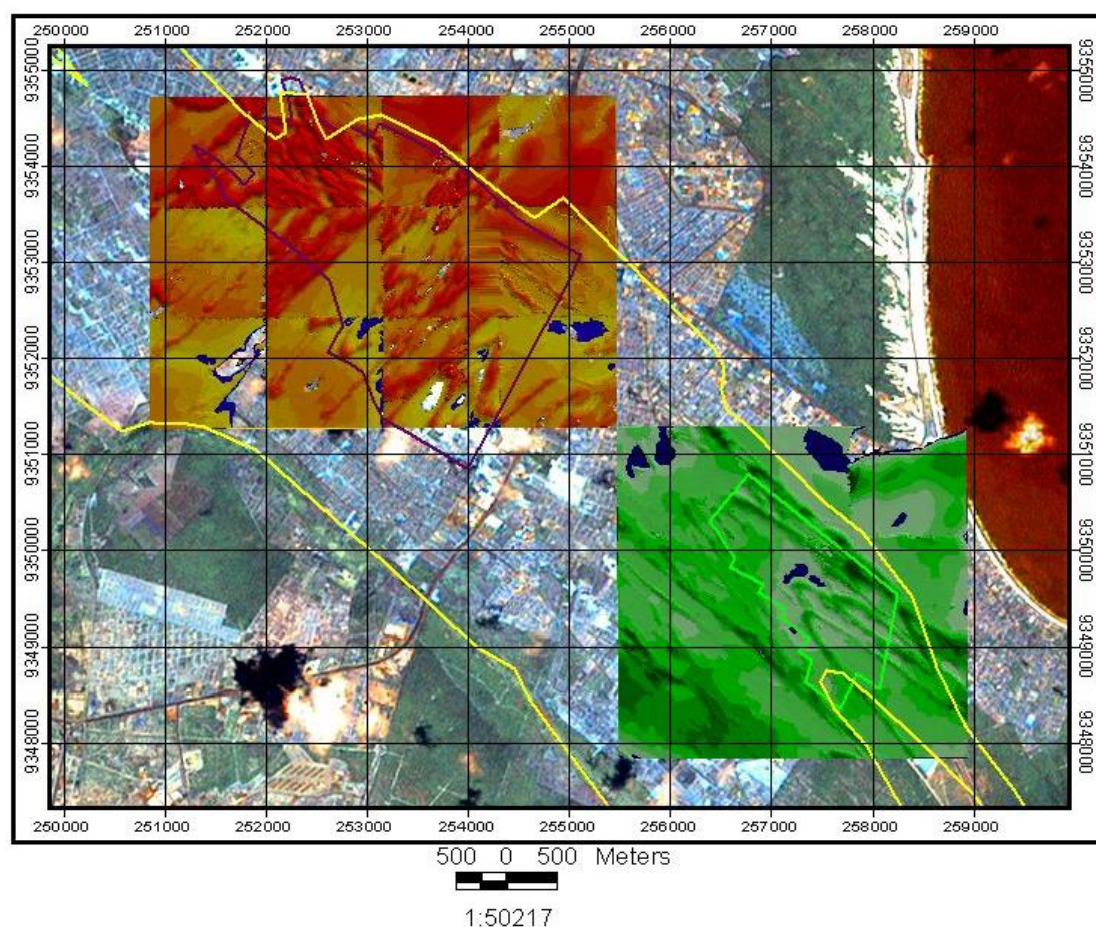


Figura 10 – Localização das áreas com suscetibilidade de inundações com cotas altimétricas abaixo de 30m.

4.4 – Vulnerabilidade à contaminação do aquífero

Em relação à vulnerabilidade à contaminação do aquífero, foi feita a análise para 13 bairros: Capim Macio, Cidade Satélite, Felipe Camarão, Lagoa Nova, Nordeste, Parque das Dunas, Quintas, Cidade da Esperança, Dix Sept Rosado, Guarapes, Neópolis, Nova Descoberta e Planalto. As tabelas a seguir e o mapa da Figura 11 mostra a classificação da vulnerabilidade dos bairros citados.

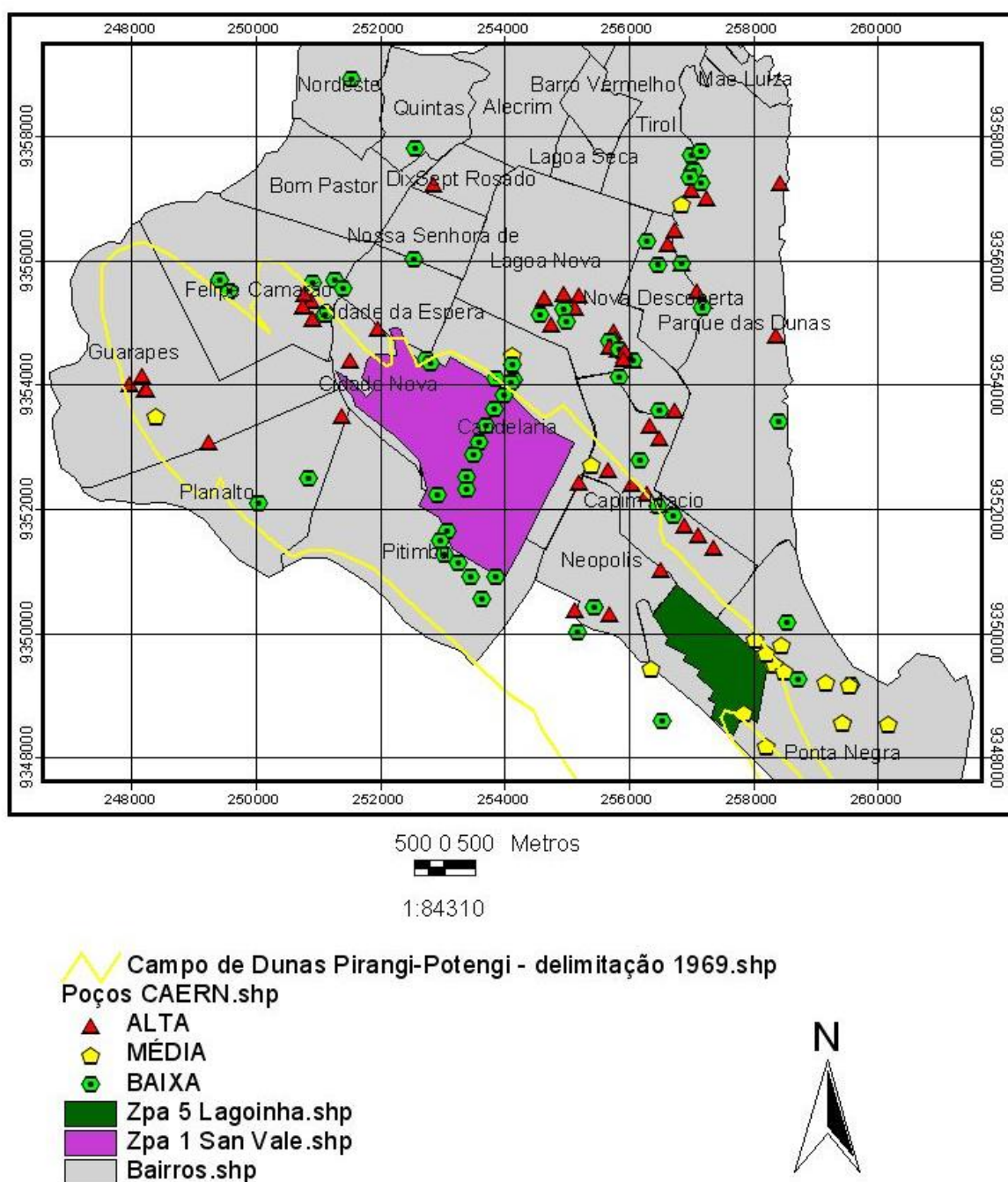


Figura 11 – Mapa de Vulnerabilidade à contaminação do aquífero para alguns bairros da Zona Sul.

Bairro: Novo Campo (Capim Macio)

Pode-se verificar na tabela 7 e na figura 12 que neste bairro foram analisados 17 poços, dos quais cinco apresentaram vulnerabilidade baixa, representando (29%), um, vulnerabilidade média representando (6%), e 11, vulnerabilidade alta, representando (65%).

Tabela 7 – Novo Campo (Capim Macio).

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Novo Campo	P01	livre	areia	15	$1 \times 0,6 \times 0,8$	0,5	alta
Novo Campo	P02	livre	arenito	15	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Novo Campo	P03A	livre	arenito	24	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P04	semiconfinado	argila	18	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa
Novo Campo	P05	livre	arenito	20	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Novo Campo	P05A	semiconfinado	argila	23	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Novo Campo	P06	livre	arenito	23	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P07	livre	arenito	21	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P08	livre	areia	22	$1 \times 0,6 \times 0,7$	0,4	média
Novo Campo	P09	semiconfinado	argila	17	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa
Novo Campo	P10	livre	arenito	21	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P11A	livre	arenito	27	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P13	livre	arenito	17	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P14	semiconfinado	argila	23	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Novo Campo	P15	livre	arenito	25	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Novo Campo	P16	semiconfinado	argila	24	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Novo Campo	P17	livre	arenito	24	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta

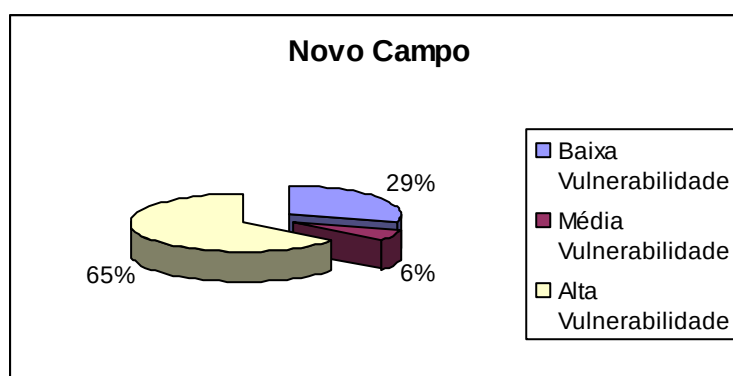


Figura 12 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Novo Campo.

Bairro: Cidade Satélite

Pode-se verificar na tabela 8 e na figura 13 que neste bairro foram analisados 8 poços, dos quais todos apresentaram vulnerabilidade baixa representando (100%) destes.

Tabela 8 – Cidade Satélite.

CAPTACAO	NOME	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Cidade Satelite	P01	semiconfinado	arenito	12	$0,2 \times 0,7 \times 0,8$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P02	semiconfinado	argila	11	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P03	semiconfinado	arenito	12	$0,2 \times 0,7 \times 0,8$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P04	semiconfinado	arenito	27	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P05	semiconfinado	argila	22	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P06	semiconfinado	arenito	20	$0,2 \times 0,7 \times 0,8$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P07	semiconfinado	argila	22	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Cidade Satelite	P08	semiconfinado	arenito	20	$0,2 \times 0,7 \times 0,8$	0,1	baixa

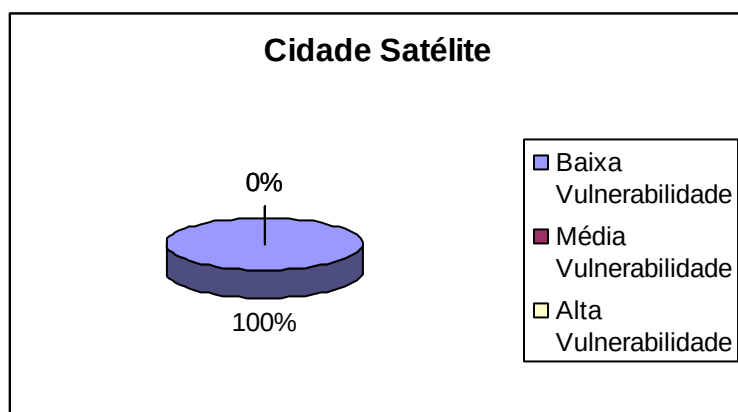


Figura 13 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Cidade Satélite.

Bairro: Felipe Camarão

Pode-se verificar na tabela 9 e na figura 14 que neste bairro foram analisados 17 poços, dos quais oito apresentaram vulnerabilidade baixa representando (50%), nenhum com vulnerabilidade média representando (0%), e oito com vulnerabilidade alta, representando (50%).

Tabela 9 – Felipe Camarão

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Felipe Camarao	P01	livre	arenito	28	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P02	livre	arenito	27	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P03	livre	arenito	37	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P03A	livre	arenito	39	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P04	livre	arenito	34	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P04A	livre	arenito	26	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P05	semiconfinado	arenito	31	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	Baixa
Felipe Camarao	P06	semiconfinado	argila	29	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P06A	semiconfinado	argila	19	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P07	livre	arenito	29	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P08	livre	arenito	31	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Felipe Camarao	P10	semiconfinado	arenito	37	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P11	semiconfinado	arenito	30	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P12	semiconfinado	arenito	36	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P13A	semiconfinado	argila	34	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa
Felipe Camarao	P13B	semiconfinado	argila	37	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa

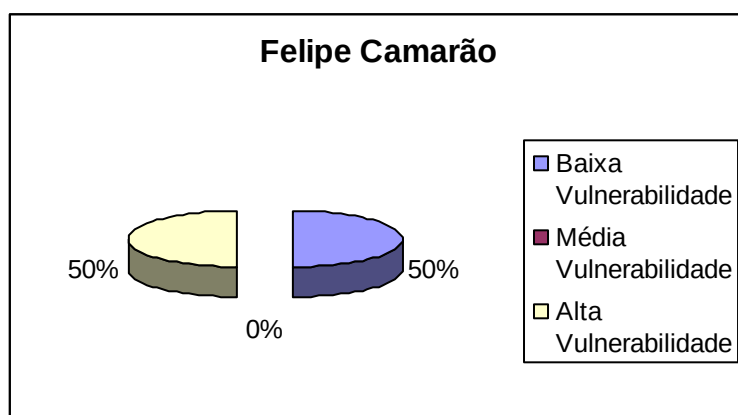


Figura 14 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro de Cidade Satélite.

Bairro: Nordeste

Pode-se verificar na tabela 10 e na figura 15 que neste bairro foi analisado um poço apresentando vulnerabilidade baixa.

Tabela 10 – Bairro Nordeste.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Nordeste	P01	semiconfinado	Argila	32	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa

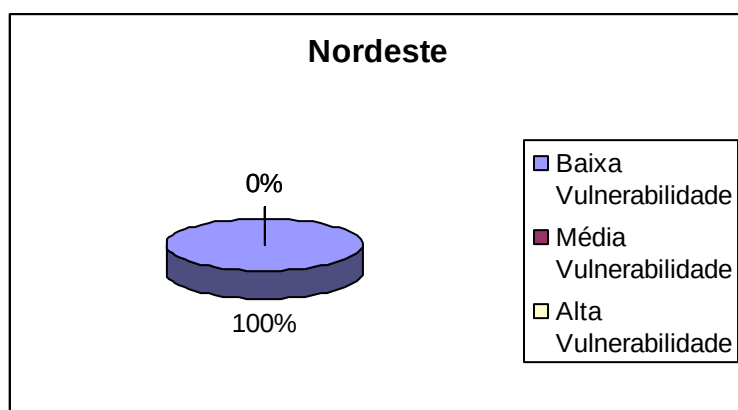


Figura 15 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Nordeste.

Bairro: Lagoa Nova I e II

Pode-se verificar na tabela 11 e na figura 16 que neste bairro foram analisados 23 poços, dos quais seis apresentaram vulnerabilidade baixa

representando (26%), nenhum com vulnerabilidade média representando (0%), e dezessete com vulnerabilidade alta representando (74%).

Tabela 11 – Lagoa Nova I e II.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Lagoa Nova I	P02A	livre	arenito	10	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P05	livre	areia	9	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P05A	livre	areia	10	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P08A	livre	areia	13	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P10	livre	areia	9	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P10A	livre	areia	11	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P11	livre	areia	5	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P11A	livre	areia	5	1 x 0,6 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova I	P12	semiconfinado	arenito	10	0,2 x 0,7 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova I	P13	semiconfinado	argila	12	0,2 x 0,5 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova I	P14	semiconfinado	areia	8	0,2 x 0,7 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova II	P01	livre	arenito	17	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P02	livre	areia	15	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P04	semiconfinado	argila	13	0,2 x 0,5 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova II	P05	livre	areia	4	1 x 0,6 x 0,9	0,5	alta
Lagoa Nova II	P06	livre	areia	13	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P06A	semiconfinado	arenito	23	0,2 x 0,7 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova II	P08	livre	areia	12	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P09	livre	areia	7	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P09A	semiconfinado	argila	24	0,2 x 0,5 x 0,8	0,1	baixa
Lagoa Nova II	P10	livre	arenito	19	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P10A	livre	areia	16	1 x 0,7 x 0,8	0,5	alta
Lagoa Nova II	P11	livre	arenito	14	1 x 0,5 x 0,8	0,5	alta

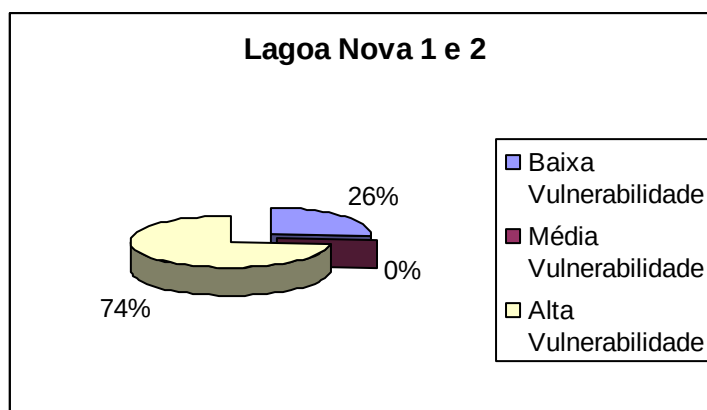


Figura 16 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Lagoa Nova I e II.

Bairro: Dunas (Parque das Dunas)

Pode-se verificar na tabela 12 e na figura 17 que neste bairro foram analisados 18 poços, dos quais oito apresentaram vulnerabilidade baixa representando (44%), nenhum com vulnerabilidade média representando (0%), e dez com vulnerabilidade alta representando (56%).

Tabela 12 – Parque das Dunas.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Dunas	P01A	semiconfinado	argila	29	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P03	semiconfinado	argila	19	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P04	livre	arenito	20	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Dunas	P05A	livre	areia	15	$1 \times 0,8 \times 0,8$	0,5	alta
Dunas	P06A	livre	arenito	22	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Dunas	P07A	livre	arenito	23	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Dunas	P09A	livre	areia	23	$1 \times 0,6 \times 0,8$	0,5	alta
Dunas	P10A	livre	arenito	22	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Dunas	P11A	livre	arenito	21	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Dunas	P12B	semiconfinado	argila	40	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P13A	semiconfinado	argila	29	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P13B	semiconfinado	argila	29	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P14A	semiconfinado	argila	22	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P15	semiconfinado	arenito	22	$0,2 \times 0,7 \times 0,7$	0,1	baixa
Dunas	P16	livre	arenito	22	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
E.E.E. 01 Via Costeira	P01	livre	arenito	11	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
E.E.E. 02 Via Costeira	P02	livre	arenito	11	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
E.E.E. 03 Via Costeira	P03	semiconfinado	argila	14	$0,2 \times 0,5 \times 0,8$	0,1	baixa

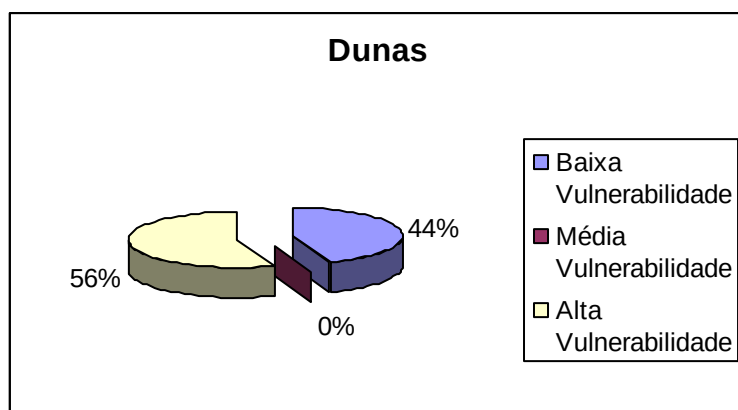


Figura 17 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Dunas (Parque das Dunas).

Bairro: Quintas

Pode-se verificar na tabela 13 e na figura 18 que neste bairro foi analisado um poço, apresentando vulnerabilidade baixa

Tabela 13 – Quintas.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Quintas	P01	semiconfinado	argila	26	0,2 x 0,5 x 0,7	0,1	baixa

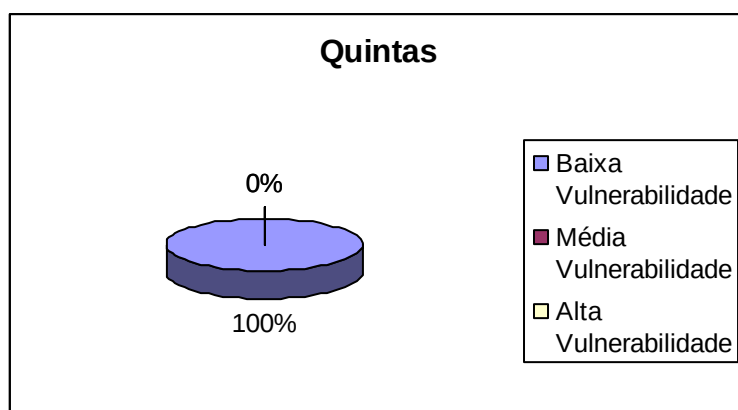


Figura 18 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Quintas.

Bairro: Cidade da Esperança

Pode-se verificar na tabela 14 e na figura 19 que neste bairro foi analisado um poço, apresentando vulnerabilidade baixa

Tabela 14 – Cidade da Esperança.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Cidade da Esperanca	P02	semiconfocado	argila	21	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa

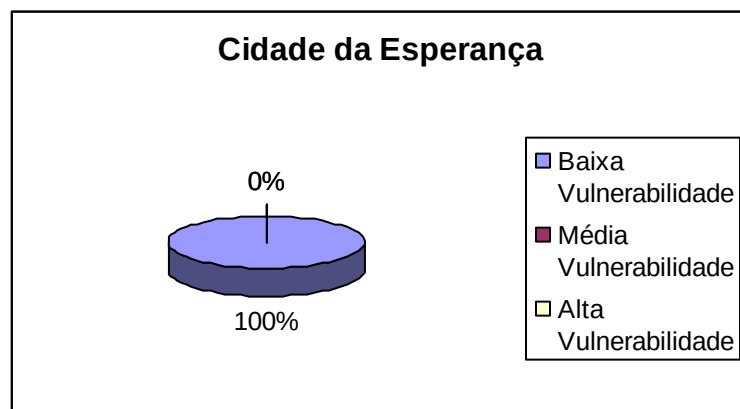


Figura 19 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Cidade da Esperança.

Bairro: Dix Sept Rosado

Pode-se verificar na tabela 15 e na figura 20 que neste bairro foi analisado um poço, apresentando vulnerabilidade alta.

Tabela 15 – Dix Sept Rosado

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Dix-Sept Rosado	P01	livre	arenito	27	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta

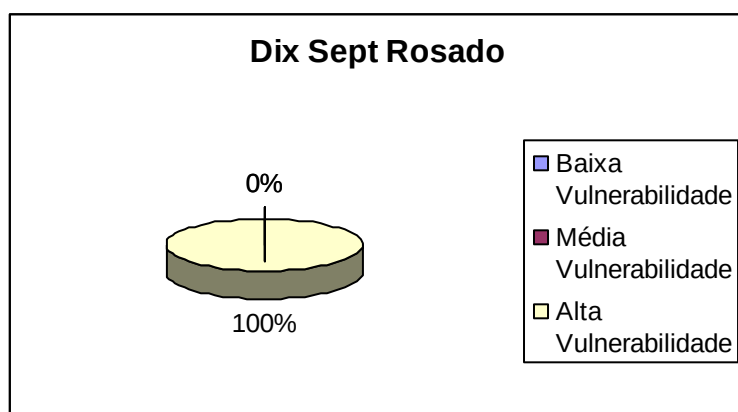


Figura 20 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Dix Sept Rosado.

Bairro: Guarapes

Pode-se verificar na tabela 16 e na figura 21 que neste bairro foram analisados 5 poços, dos quais nenhum apresentaram vulnerabilidade baixa representando (0%), apenas um com vulnerabilidade média, representando (20%), e quatro com vulnerabilidade alta, representando (80%).

Tabela 16 – Guarapes.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Guarapes	P01	livre	arenito	32	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Guarapes	P02	livre	arenito	17	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Guarapes	P03	livre	arenito	31	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Guarapes	P04	livre	arenito	13	$1 \times 0,7 \times 0,8$	0,5	alta
Guarapes	P05	livre	areia	25	$1 \times 0,6 \times 0,7$	0,4	média

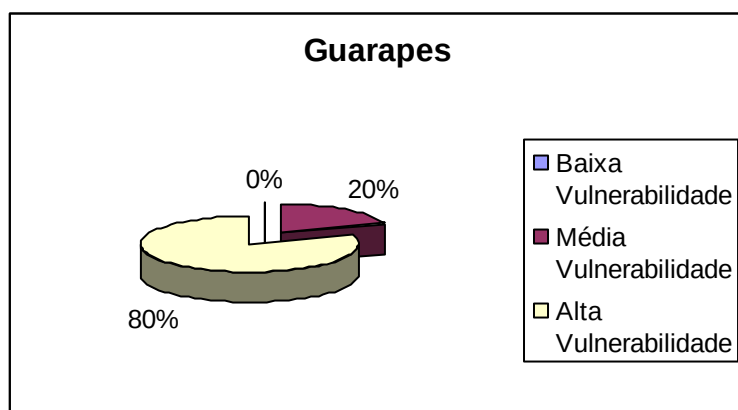


Figura 21 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Guarapes.

Bairro: Pirangi

Pode-se verificar na tabela 17 e na figura 22 que neste bairro foram analisados 9 poços, dos quais cinco apresentaram vulnerabilidade baixa representando (56%), apenas um com vulnerabilidade média representando (11%), e três com vulnerabilidade alta representando (33%).

Tabela 17 – Pirangi.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = $A \times B \times C$	Total	Grau de vulnerabilidade
Pirangi	P01	semiconfinado	argila	26	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Pirangi	P01A	semiconfinado	argila	28	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Pirangi	P02	livre	arenito	25	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Pirangi	P03	livre	arenito	27	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Pirangi	P05	livre	arenito	25	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,5	alta
Pirangi	P06	semiconfinado	argila	21	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Pirangi	P07	semiconfinado	argila	21	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa
Pirangi	P08	Livre	arenito	29	$1 \times 0,7 \times 0,7$	0,4	média
Pirangi	P09	semiconfinado	argila	22	$0,2 \times 0,5 \times 0,7$	0,1	baixa

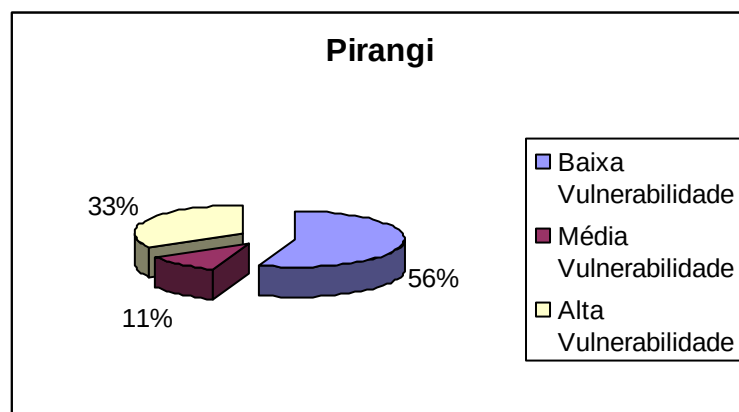


Figura 22 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Pirangi.

Bairro: Planalto

Pode-se verificar na tabela 18 e na figura 23 que neste bairro foram analisados 3 poços, dos quais dois apresentaram vulnerabilidade baixa representando (67%), nenhum com vulnerabilidade média representando (0%), e apenas um com vulnerabilidade alta representando (33%).

Tabela 18 – Planalto.

Captacao	Nome	Confinamento (A)	Consolidação (B)	Distância ao nível da água subterrânea (m) (C)	Vulnerabilidade = AxBxC	Total	Grau de vulnerabilidade
Planalto	P01	semiconfinado	argila	31	0,2 x 0,5 x 0,7	0,1	baixa
Planalto	P02	livre	arenito	26	1 x 0,7 x 0,7	0,5	alta
Planalto	P03	semiconfinado	argila	26	0,2 x 0,5 x 0,7	0,1	baixa

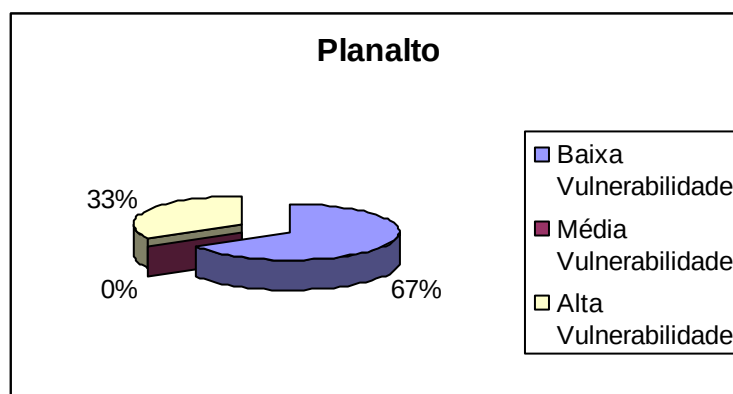


Figura 23 – Valores em porcentagem do grau de vulnerabilidade para o bairro Planalto.

4.5 – Mapa de uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado separadamente para as ZPAs em estudo. O mapa foi dividido nas seguintes classes de uso: Para San Vale (plantação, área comercial, vegetação densa (arbustiva-arbórea fechada) e não densa (arbustiva arbórea esparsa), solo descoberto e habitação) ver figura 24. Para Lagoinha (Lagoas, vegetação densa e não densa, solo descoberto e habitação) ver figura 25.

A tabela abaixo mostra a relação em ha e km² das áreas de uso e ocupação.

Tabela 19 – Uso e ocupação do solo

San Vale	ha	km²	Lagoinha	ha	km²
Prolongamento P. Morais	0,8	0,08	Lagoas	0,00	0,00
Ruas	3	0,33	Vegetação densa	100	1,00
Vegetação densa	251	2,51	Vegetação não densa	64	0,64
Vegetação não densa	154	1,54	Solo descoberto	10	0,10
Solo descoberto	8	0,81	Habitação	9	0,96
Habitação	160	1,60	Desmatamento 2005	1	0,15
Total	687	6,87		201	2,01

Na área de San Vale com um área total de aproximadamente 6,87 km² predomina a vegetação densa com 2,51km² e a vegetação não densa com 1,54km², contando com uma área vegetada total de 4,05km². O solo descoberto juntamente com as áreas habitadas, ruas e prolongamento da Prudente de Moraes formam uma área total de 2,82km². A área de Lagoinha com uma área total de aproximadamente 2,01km² predomina a vegetação densa (arbustiva-arbórea fechada) com 1,00 km² e a vegetação não densa (arbustiva arbórea esparsa) com 0,64 km² contando com uma área vegetada total de 1,64km². O solo descoberto somado à área de habitação e a área do desmatamento ocorrido em 2005 são iguais a 1,21km².

O que mudou em relação à cobertura vegetal obtida em 1999 citado em Amaral (2005) foi uma redução de área vegetada de San Vale de 5,9km² para 4,05km², perda de 1,85km², 31,5%.

Em Lagoinha, a vegetação atual é cerca de 60,7% daquela mapeada em 1999 por Amaral (2005), configurando uma avanço maior da ocupação, passando de 2,7 km² para 1,64km², perda de 1,06km², 39,3% .

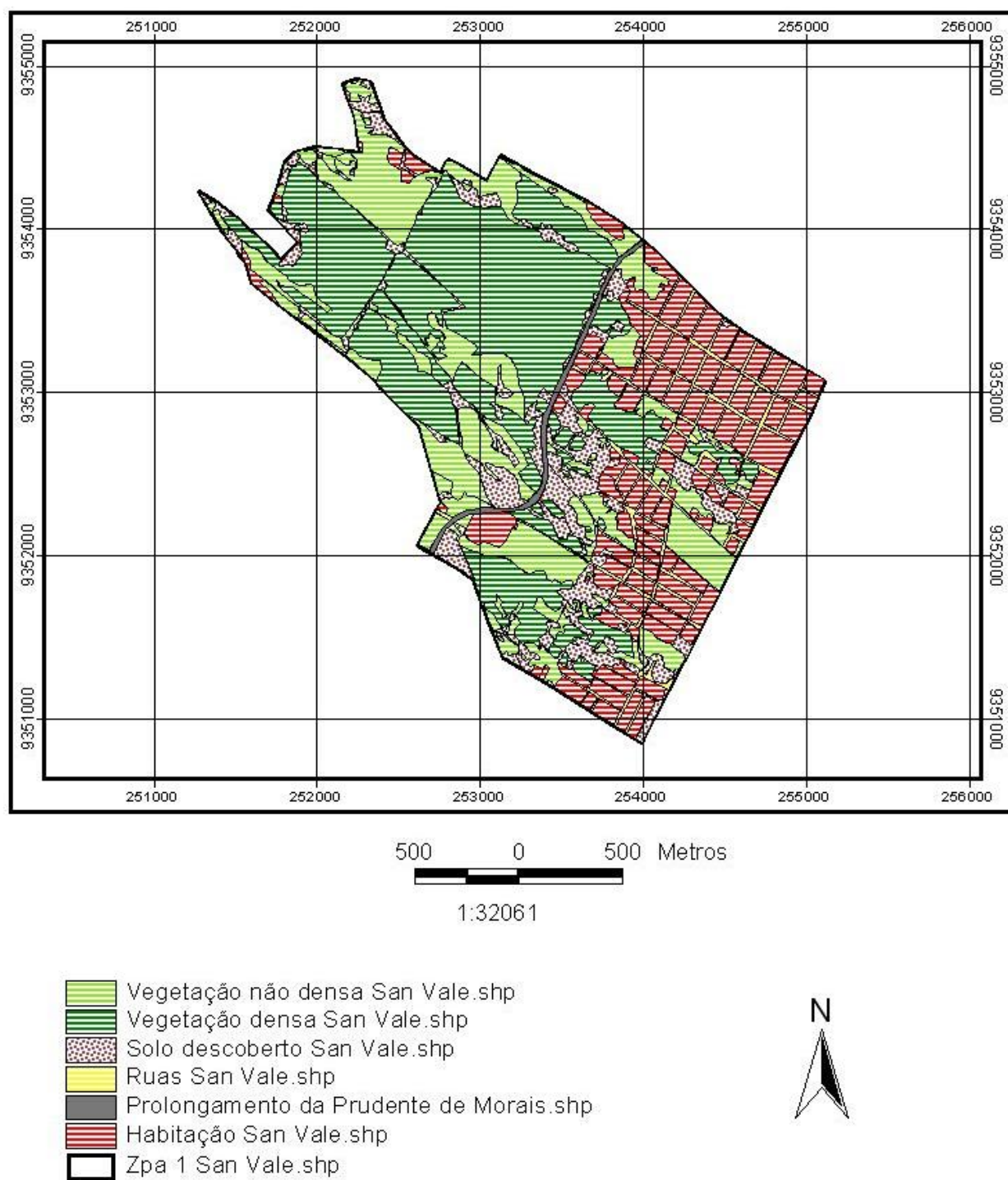


Figura 24 – Mapa de uso e ocupação do solo para San Vale.

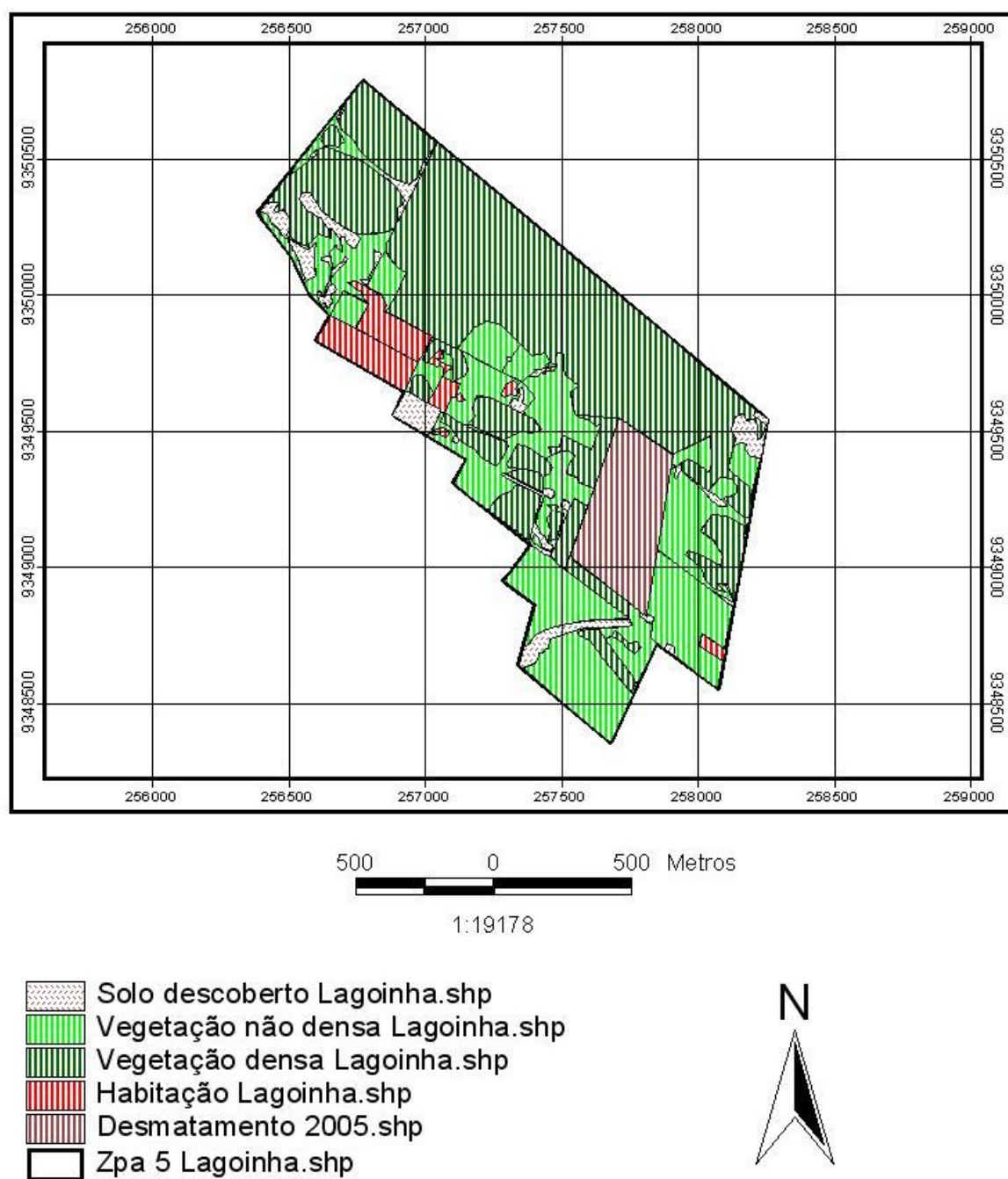


Figura 25 – Mapa de uso e ocupação do solo para Lagoinha

4.6 – Mapa Geoambiental para San Vale e Lagoinha

A figura 26 mostra o resultado do mapeamento geoambiental para San Vale.

Através da sobreposição dos mapas gerados é possível verificar que em San Vale, existem áreas muito importantes de dunas, lagoas e vegetação e estão dentro dos limites da ZPA1. Estava presente a existência de entulho, resíduos sólidos, trilhas modificando a paisagem e o meio ambiente. Em relação à vulnerabilidade à contaminação das águas, esta área se enquadra na categoria de média à baixa vulnerabilidade à contaminação.

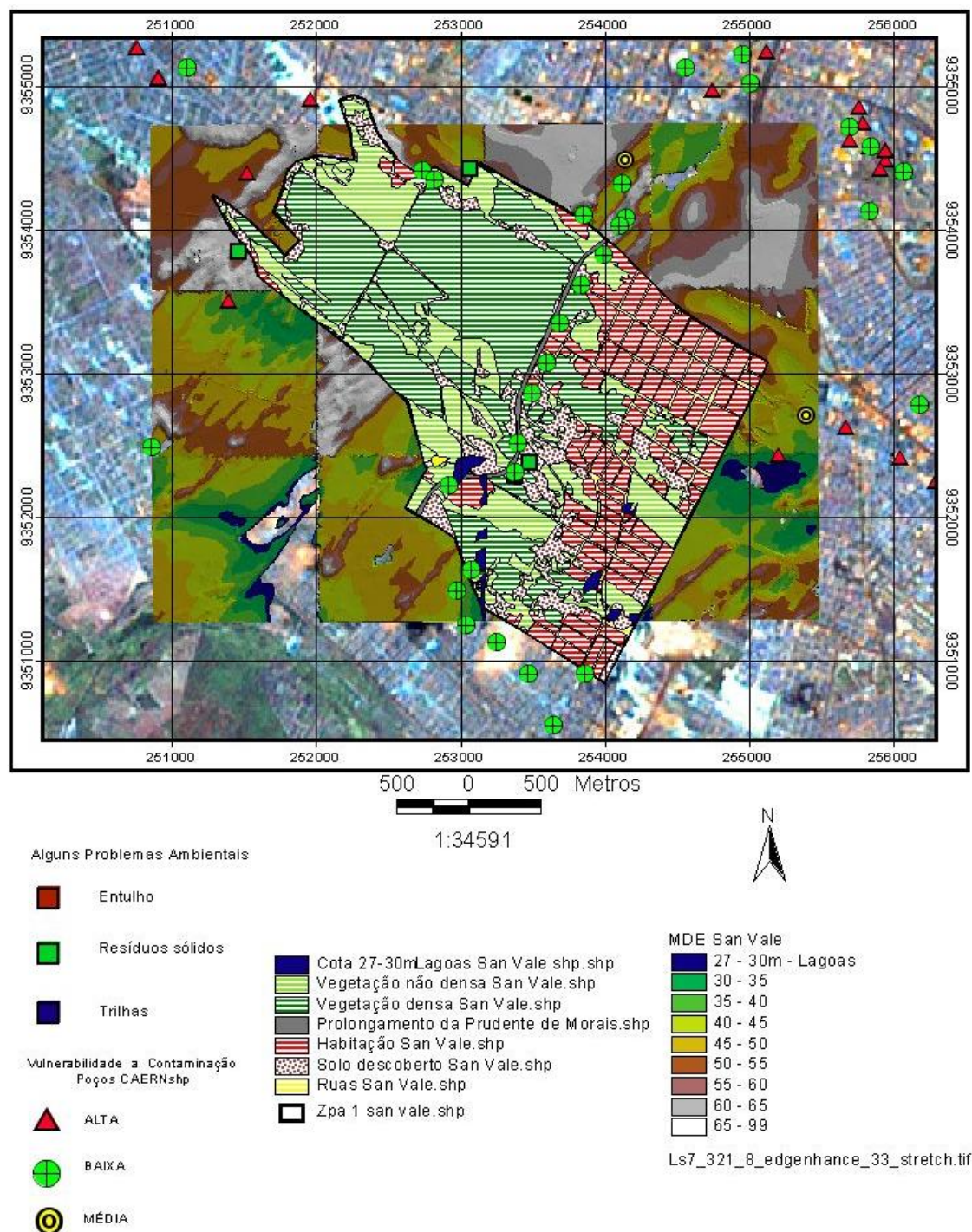


Figura 26 – Mapa Geoambiental para San Vale

A figura 27 mostra o resultado do mapeamento geoambiental para Lagoinha.

Através da sobreposição dos mapas gerados é possível verificar que em Lagoinha, existem áreas muito importantes fora da delimitação da ZPA5, estas são áreas formadas por lagoas e dunas. A existência de entulho, resíduos sólidos, trilhas modificando a paisagem e o meio ambiente. Em relação a vulnerabilidade à contaminação das águas, esta área se enquadra na categoria de média a baixa vulnerabilidade à contaminação.

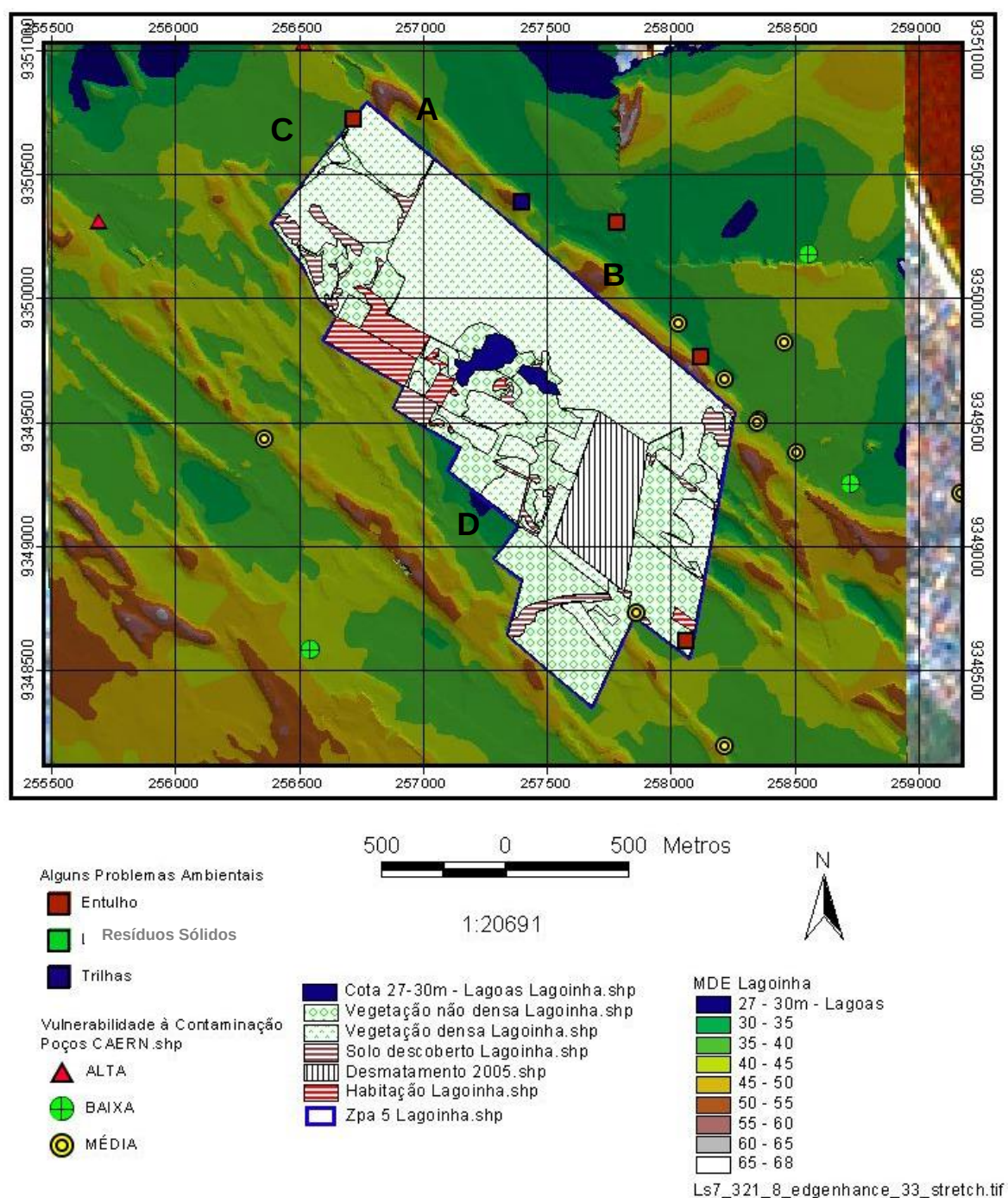


Figura 27 – Mapa Geoambiental para Lagoinha

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 – Conclusões

Diante dos resultados obtidos com o uso do Mapeamento Geoambiental para a área em estudo, tendo em vista que, restam apenas pequenos espaços verdes na no Campo de Dunas Pirangi-Potengi, principalmente em San Vale e Lagoinha, que tem a significativa importância de amenizar o clima local, diminuir o escoamento superficial, servir de refúgio para a fauna, apresentar valor paisagístico, também são fundamentais para a recarga de água de chuva no aquífero para abastecimento da população da zona sul de Natal.

Em relação à vulnerabilidade de inundações, foi através da geração do Modelo Digital do Terreno (MDT), com a delimitação da curva de 30 metros, visualizar em mapa as áreas com essa vulnerabilidade.

Após identificar o grau de confinamento hidráulico do aquífero e especificar as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) tipo de litologia e estimar a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado foi possível verificar que nos Bairros de Novo Campo (Capim macio), Felipe Camarão, Lagoa Nova I e II, Dunas (parque das Dunas), DixSept Rosado, Guarapes e Pirangi, apresentaram alta vulnerabilidade a contaminação do aquífero variando de 50% a 100%, os demais ficaram abaixo de 50% e são classificados como sendo de médio e baixo potencial de vulnerabilidade a contaminação,.

À área de Lagoinha têm um grau de vulnerabilidade á contaminação das águas classificadas de “pequeno a médio grau de vulnerabilidade”. Com isto, deve-se ter uma preocupação maior com essa área, pois ela é vulnerável à contaminação do lençol freático. Deve ser preservada para que não haja alteração significativa na sua qualidade, tornando-a imprópria ao consumo humano.

Quanto ao uso e ocupação do solo, o ambiente contém grande parte da vegetação preservada em relação a sua área de Zona de Proteção Ambiental, tanto na ZPA1 quanto na ZPA5. Mas isto não quer dizer que a área está segura contra danos ambientais, como tem ocorrido ao longo de 09 anos uma diminuição de vegetação 31,5% em San Vale e 39,3% em Lagoinha.

A Proteção e preservação destas unidade geomorfológicas estão relacionadas ao uso sustentável do sistema hídrico subterrâneo da região em

estudo, de modo que impactos ambientais nesses sistemas de dunas, tanto na destruição de dunas quanto na remoção de vegetação poderão comprometer as áreas de lagoas ou recargas naturais e afetar o seu sistema hídrico.

5.2 – Recomendações

Em se tratando dos ambientes de dunas, pretende-se que este trabalho seja mais um meio de alertar a população para que não permitam a degradação de uma área tão importante em termos ambientais para a recarga do aquífero, beleza paisagística e saúde para a população local, com um futuro mais tranquilo em relação à qualidade de vida.

Deve-se manter a preservação da área de San Vale e Lagoinha de forma mais rigorosa através de uma fiscalização permanente da área. Em lagoinha é recomendado uma alteração dos limites da ZPA5 mais para Leste em direção aos corpos de dunas situados em (A) e (B), também para norte em direção aos corpos de dunas (C) e por fim a área de lagoa a oeste envolvendo a porção (D).

Recomenda-se um estudo que envolva a pressão antrópica no meio ambiente local, focalizando a fauna, a flora e a qualidade de vida da população local.

Também é recomendado um estudo utilizando-se a metodologia “GOD” para a geração de um mapa de vulnerabilidade à contaminação do aquífero de San Vale e Lagoinha, utilizando-se dados dos poços locais com o nível estático obtido em épocas separadas, inverno e verão.

CAPÍTULO 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, R. F.; Diniz Filho, J. B.; Fonseca, V. P. Análise dos Aspectos Geoambientais da Cidade do Natal, com Ênfase a Região de Lagoinha (ZPA 05). Natal-RN, 2005.

Alonso, Carlos Roberto. Estudo preliminar do comportamento da água subterrânea, em Natal-RN, na Zona de Proteção Ambiental (ZPA nº5) e áreas circunvizinhas. Monografia. UFRN/CCHLA, Natal-RN, 2004.

Anuário Natal 2005 / Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo – Natal (RN): Departamento de Informação, Pesquisa e Estatística, 2005.

Araújo, Ludmagna Pereira de. Sistemas de Informações Geográficas Aplicado à Análise das Relações da Qualidade da Água e em Saúde Pública no Município de Natal (RN), Dissertação de Mestrado. UFRN/PPGG, Natal-RN, 2002.

Bovolato, Luís Eduardo. Estudo da Vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas utilizando a metodologia “GOD” para a área urbana de Araguaína/TO. VI semana de geografia. A geografia e os paradigmas do século XXI. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Unesp Presidente Prudente, 16 a 20 de maio de 2005.

Barros, Maria Lúcia Cavalcante Moreira de. Estudo da vulnerabilidade e s de contaminação dos aquíferos de Natal-RN pelos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Dissertação de Mestrado. UFRN/PPGES, Natal-RN, 2003.

Brasil, Projeto de Lei Complementar. Dipõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Disponível em:
http://www.natal.rn.gov.br/semurb/arquivos/pl_enviado_camara_plano_diretor_06112006.pdf . Acesso: 01/04/2007.

ECOPLAN. (Ecologia e Planejamento) – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Estrada referente ao prolongamento da Avenida Prudente de Moraes, Natal – RN. Natal, 1994.

Floriano, Eduardo Pagel. Planejamento Ambiental, Caderno Didático nº 6, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 2004.

Golden Software Inc. Surfer. User's Guide. 1999.

Instituto Geológico e Mineiro . Água Subterrânea: Conhecer para Preservar o Futuro. Instituto Geológico e Mineiro, 2001. Disponível em: http://eGeo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm. Acesso em: 19 março 2007.

Jesus, A. P. Caracterização Geológica, Geomorfológica e Geotectônica de um Corpo de Dunas na Cidade de Natal – RN, Dissertação de Mestrado. UFRN/PPGG, Natal-RN. 2002

Marques, Mara Lúcia; Foresti, Celina. Análise espacial da estrutura urbana da cidade litorânea de Intanhaém (SP). V.26, n.1, p.7-35, abr. 2001

Medeiros, T.H.L. Evolução geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal-RN. Dissertação de Mestrado. UFRN/PPGG, Natal-RN, 2001.

Melo, J. G. Impacto do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN. Tese de Doutorado. USP/Instituto de Geociências, São Paulo-SP, 1995.

Ministério das Cidades, 2006. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/mapeamento>>. Acesso: 01/07/ 2006.

Nunes, Elias. Descrição geo-ambiental. In: _ . O Meio Ambiente da Grande Natal. Natal: Imagem Gráfica, 2000.

Oliveira, Frederico Fonseca Galvão de. Caracterização e Diagnóstico dos Impactos Ambientais em Natal/RN com apoio do Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. UFRN/PPGG, Natal-RN, 2003.

SANTOS, R.F. Planejamento Ambiental: Teoria e Prática. Editora: oficina de Textos. São Paulo, 2004.

Vasconcelos, Nelson Vieira. O Avanço da Contaminação por Nitrato nas Águas Subterrâneas da Zona Sul de Natal/RN. Natal, 2002.

Xavier, Fábio Valério Câmara. Mapeamento do Meio Físico da Área do Aterro Sanitário de Massaranduba, Município de Ceará Mirim (RN), com Auxílio de Geoprocessamento. Relatório de Graduação. UFRN/CCET, Natal-RN, 2003.