



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**Centro de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e**  
**Saneamento**

---



**Luciano de Melo**

**SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DE ÁREAS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO, UTILIZANDO  
GEOPROCESSAMENTO E LÓGICA “FUZZY”:**

**Aplicação na Região Metropolitana de Aracaju (SE)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MACEIÓ – AL – BRASIL**  
**FEVEREIRO DE 2008**

**SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DE ÁREAS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO, UTILIZANDO  
GEOPROCESSAMENTO E LÓGICA “FUZZY”:**

**Aplicação na Região Metropolitana de Aracaju (SE)**

**Luciano de Melo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientadora:

Profa. Doutora Nélia Henriques Callado

Co-orientador:

Prof. Doutor Frede de Oliveira Carvalho

**MACEIÓ – AL – BRASIL**

**FEVEREIRO DE 2008**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

M528s Melo, Luciano de.

Seleção e hierarquização de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando geoprocessamento e lógica "fuzzy" : aplicação na região metropolitana de Aracaju (SE) / Luciano de Melo. – Maceió, 2008.

x, 161 f. : il.

Orientadora: Nélia Henriques Callado.

C0-Orientador: Frede de Oliveira Carvalho.

Dissertação (mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2008.

Bibliografia: f. 157-161.

1. Aterro sanitário Aracaju (SE). 2. Geoprocessamento. 3. Lógica fuzzy.  
I. Título.

CDU: 628.472.3(813.7)



Universidade Federal de Alagoas – UFAL  
Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia – CTEC  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos – PPGRHS  
Campus A. C. Simões, Av. Lourival de Melo Mota, S/N  
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas  
Tel: (82) 3214-1279  
E-mail: [ppgrhs@ctec.ufal.br](mailto:ppgrhs@ctec.ufal.br)  
Homepage://[www.ctec.ufal.br/pósgraduacao/ppgrhs](http://www.ctec.ufal.br/pósgraduacao/ppgrhs)



Membros da Banca de Exame da Dissertação de Mestrado do Engenheiro Civil **LUCIANO DE MELO**, intitulada **SELEÇÃO E HIERAQUIZAÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO, UTILIZANDO FERRAMENTA "SIG" E LÓGICA "FUZZI"**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, da Universidade Federal de Alagoas, no dia 14 do mês de março do ano de 2008, na Sala de Aula do PPGRHS/CTEC/UFAL.

**MEMBROS DA BANCA:**

Prof.<sup>dr</sup>. Nélia Henriques Callado  
Orientadora – CTEC/UFAL  
CPF: 396878214-34

Prof. Dr. José Daltro Filho/UFS  
CPF: 098752475-53

Prof. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves  
CTEC/UFAL  
CPF: 912185194-87

## DEDICATÓRIA

---

*Dedico este trabalho ao meu filho João Pedro, por ter vivido  
junto a ele uma experiência mútua de amor...  
Aprendi que filhos são companheiros de viagem e não existe  
modelo ideal para educá-los, nos basta apenas participar dos  
vários trajetos de suas vidas.*

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço a Deus por ter permitido chegar ao fim de mais uma jornada, apesar de tantas adversidades.

A minha esposa Fernanda e meu filho João Pedro, bem como a meus pais e irmãos pela compreensão, paciência e solidariedade com que aceitaram o desafio de me ter ausente a tantas atividades familiares.

Aos meus colegas docentes da Coordenação de Construção Civil do CEFET-SE/UNED, que me incentivaram do início ao fim desse trabalho.

A minha orientadora Doutora Nélia Callado, por dispensar toda atenção e dedicar-se a este trabalho com força e determinação, bem como sua amizade.

Ao Engenheiro Juarez Carvalho, diretor técnico da Companhia de Saneamento de Sergipe-DESO, pelo apoio que me foi dado na aquisição do conhecimento científico.

Aos professores da Universidade Federal de Sergipe-UFS, Doutor Antenor Oliveira Neto e Doutor Gregório Faccioli, por acreditarem e me apoiarem, principalmente no início desse mestrado.

A professora Doutora Silvana Quintela, da departamento de geografia da UFAL e ao professor Doutor Fernando Jucá, do departamento de engenharia civil da UFPE, que apoiaram o desenvolvimento desse trabalho em visita a Aracaju, exclusivamente para expor, avaliar e incentivar nossas ações.

Ao pessoal da Superintendência de Recursos Hídricos-SRH, especialmente ao amigo Geólogo Msc. João Carlos, pela presteza com que se dispôs a fornecer informações e orientação.

Aos dirigentes da Empresa Municipal de Serviços Urbanos de Aracaju-EMSURB e da Torre Empreendimentos, pela cortês colaboração no fornecimento de dados para essa dissertação.

Enfim, meus agradecimentos a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

---

MELO<sup>1</sup>, L. de. **Seleção e hierarquização de áreas para implantação de aterro sanitário, utilizando geoprocessamento e lógica “FUZZY”: Aplicação na Região Metropolitana de Aracaju (SE).** Maceió, 2008 [ Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS – UFAL ].

Este trabalho tem como principal proposta selecionar e hierarquizar áreas para implantação do aterro sanitário da região metropolitana de Aracaju, apoiando-se em recursos de geoprocessamento e lógica fuzzy. Para início do estudo, fez-se uma abordagem acerca da geração de resíduos sólidos domiciliares e de varrição nos municípios da Grande Aracaju, chegando-se ao tamanho da área necessária para acolher o lixo nos próximos quinze e vinte anos na região. Logo após, foram criadas inicialmente oito macro-áreas de restrição, originadas da abordagem de ordem legal e operacional, que em seguida derivou mais vinte e nove outras novas áreas estudadas com maior detalhamento, resultando em nove, como sendo as de maior aptidão. Após estas áreas serem submetidas a uma análise multicritério, sob condicionantes ambientais, operacionais e antrópicas, aplicou-se a lógica fuzzy, visando transformar valores numéricos em expressões lingüísticas e vice-versa, com o objetivo de pontuar cada área sob o aspecto de vários temas, podendo assim, classificá-las e hierarquizá-las de modo a se denotar as de maior a menor aptidão para a implantação do aterro sanitário da região metropolitana de Aracaju. Por fim, chegou-se a uma classificação final das áreas, quando verificou-se que, apenas critérios técnicos não bastam para se indicar uma área como ideal para a implantação de um aterro sanitário, esta deve ser aceita politicamente, o que não fora considerado nesse trabalho, o qual tem como principal função servir de apoio à decisão, dando suporte aos gestores públicos.

**Palavras-chave:** Aterro sanitário; geoprocessamento; lógica fuzzy.

---

<sup>1</sup>Luciano de Melo é Licenciado para o Ensino Básico, Profissional e Tecnológico pela UFMG/CEFET-MG, professor efetivo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Sergipe e ocupa a Gerência Regional Sul da Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO.

## **ABSTRACT**

---

MELO, L. de. **Seleção e hierarquização de áreas para implantação de aterro sanitário, utilizando geoprocessamento e lógica “FUZZY”: Aplicação na Região Metropolitana de Aracaju (SE).** [Selection and prioritisation of areas for deployment of landfill, tool using “GIS” and logic “FUZZY”: Application in the metropolitan region of Greater Aracaju (SE)]. Maceió (BR); 2008 [Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS – UFAL ].

This work has as main proposal, supported by resources of geoprocessing and fuzzy logic, select and prioritize areas for deployment of landfill in the metropolitan region of Aracaju. To start of the study, it was made an approach about the generation of solid waste household and sweeping in the municipalities of Greater Aracaju, getting to the size of the area required to accommodate the trash of the next fifteen and twenty years in the region. Soon after, were initially created eight macro-areas of restriction arising from the approach of legal and operational, which derived more twenty-nine other new areas with greater detail, resulting in only nine, as being of greater ability. Once these areas are subjected to an analysis multi-criterion under environmental, operational and human, applied to the fuzzy logic, aimed at making numerical values in linguistic expressions and reverse, with the objective of scoring each area under the aspect of various topics and can classify and prioritize in order to denote those of the more minor suitability for the deployment of landfill in the metropolitan area of Aracaju. Finally, reached a final classification of the areas, however, it was found that only technical criteria not enough to indicate an area as perfect for the deployment of a landfill, it must be accepted politically, which had not been considered in this work, which has the main function used to support the decision, giving support to public managers.

**Keywords:** Landfill; geoprocessing; fuzzy logic.

## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 1. GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> DE LIXO POR REGIÃO NO BRASIL.....	16
TABELA 2. GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> DE LIXO EM ALGUNS PAÍSES E CIDADES.....	17
TABELA 3. COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DOMÉSTICOS EM DIVERSOS PAÍSES. ....	18
TABELA 4. COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL. ....	18
TABELA 5. CRITÉRIOS DE RESTRIÇÕES LEGAIS E OUTRAS RESTRIÇÕES A CONSIDERAR...	23
TABELA 6. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS A CONSIDERAR NA SELEÇÃO DE ÁREAS.....	23
TABELA 7. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS A CONSIDERAR NA SELEÇÃO DE ÁREAS. ....	24
TABELA 8. PESOS E NOTAS ATRIBUÍDOS PARA ANÁLISE AMBIENTAL. ....	34
TABELA 9. EVOLUÇÃO POPULACIONAL PARA OS MUNICÍPIOS DA GRANDE ARACAJU. ....	41
TABELA 10. GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> DE RSU NA REGIÃO METROPOLITANA DE ARACAJU. ....	42
TABELA 11. COMPOSIÇÃO DOS RSDV DA REGIÃO METROPOLITANA DE ARACAJU(% EM PESO). ....	42
TABELA 12. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS.....	70
TABELA 13. APLICAÇÃO DO PROCESSO NEBULOSO NA VARIÁVEL $X_1$ DA AS2.....	76
TABELA 14. ESTIMATIVA DE RSDV QUE SERÃO GERADOS NOS MUNICÍPIOS DA GRANDE ARACAJU NO PERÍODO DE 2007 A 2026. ....	84
TABELA 15. PROJEÇÃO EM TON/ANO DOS RESÍDUOS RECICLÁVEIS NA GRANDE ARACAJU.85	
TABELA 16. ESTIMATIVA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS GERADOS NOS MUNICÍPIOS DA GRANDE ARACAJU NO PERÍODO DE 2007 A 2026.....	86
TABELA 17. ESTIMATIVA DAS ÁREAS PARA O ATERRO METROPOLITANO DE ARACAJU. ....	87
TABELA 18. ESTIMATIVA DE RSDV DEPOSITADOS NO ATERRO METROPOLITANO DA GRANDE ARACAJU NO PERÍODO DE 2007 A 2026. ....	88
TABELA 19. ESTIMATIVA DOS VOLUMES E ÁREAS DO ATERRO METROPOLITANO DA GRANDE ARACAJU NO PERÍODO DE 2007 A 2026.....	89
TABELA 20. RESUMO DA ANALISE DAS MACRO-ÁREAS PRELIMINARES.....	96
TABELA 21. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DESABILITADAS. ....	102
TABELA 22. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS2. ....	109
TABELA 23. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS6. ....	115
TABELA 24. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS8. ....	120
TABELA 25. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS9. ....	125
TABELA 26. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS13. ....	130
TABELA 27. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS16. ....	135
TABELA 28. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS17. ....	140
TABELA 29. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS20. ....	145
TABELA 30. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA AS21. ....	150
TABELA 31. RESULTADOS E HIERARQUIZAÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS. ....	153

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 1. ESTRUTURA DE UM SISTEMA NEBULOSO. ....	38
FIGURA 2. ABRANGÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
FIGURA 3. MAPA ILUSTRATIVO DO MUNICÍPIO DE ARACAJU. ....	43
FIGURA 4. CRESCIMENTO ANUAL DO PRODUTO INTERNO BRUTO – PIB DE ARACAJU.....	45
FIGURA 5. MAPA ILUSTRATIVO DO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO SOCORRO.....	45
FIGURA 6. CRESCIMENTO ANUAL DO PIB NO MUNICÍPIO DE NOSSA SRA DO SOCORRO.....	47
FIGURA 7. MAPA ILUSTRATIVO DO MUNICÍPIO DE SÃO CRISTÓVÃO. ....	48
FIGURA 8. CRESCIMENTO PIB NO MUNICÍPIO DE SÃO CRISTÓVÃO.....	49
FIGURA 9. MAPA ILUSTRATIVO DO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS.....	49
FIGURA 10. CRESCIMENTO PIB NO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS. ....	51
FIGURA 11. CURVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE ARACAJU.....	77
FIGURA 12. CRESCIMENTO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RSDV NO MUNICÍPIO DE ARACAJU.....	78
FIGURA 13. CRESCIMENTO POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DO SOCORRO. ....	78
FIGURA 14. EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RSDV NO MUNICÍPIO DE N. SRA. DO SOCORRO.....	79
FIGURA 15. CRESCIMENTO POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE SÃO CRISTOVÃO. ....	80
FIGURA 16. EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RSDV NO MUNICÍPIO DE SÃO CRISTOVÃO.....	80
FIGURA 17. CRESCIMENTO POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS....	81
FIGURA 18. CENÁRIOS DE CRESCIMENTO POPULACIONAL NO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS. ....	82
FIGURA 19. EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RSDV NO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS. ....	83
FIGURA 20. MAPA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA. ....	90
FIGURA 21. MAPA DAS ASAS, ZONAS URBANAS E APA DO MORRO DO URUBÚ. ....	91
FIGURA 22. MAPA DAS ASAS, ZONAS URBANAS E DE EXPANSÃO, ZONAS TURÍSTICA, ÁREAS DE MANGUEZAIS E RESTINGA.....	91
FIGURA 23. MAPA DA ZONA DE MÁXIMA RESTRIÇÃO NA GRANDE ARACAJU.....	92
FIGURA 24. MAPA DOS CMCRS DA GRANDE ARACAJU. ....	93
FIGURA 25. MAPA DOS CMCRS E ZONAS DE INTERESSE PRIORITÁRIO NA GRANDE ARACAJU.....	93
FIGURA 26. MAPA DE MACRO-ÁREAS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO. ....	94

FIGURA 27. MAPA DAS MACRO-ÁREAS SELECIONADAS, DE EXPANSÃO URBANA E INTERESSE TURÍSTICO.....	95
FIGURA 28. MAPA DE MACRO-ÁREAS PARA ATERRO SANITÁRIO .....	98
FIGURA 29. MAPA DE MACRO-ÁREAS RESTRITAS POR COLEÇÕES HÍDRICAS E CENTROS URBANOS.....	99
FIGURA 30. MAPA DAS MACRO-ÁREAS RESTRITAS E DRENAGEM NATURAL DO TERRENO.....	100
FIGURA 31. MAPA DE ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO. ....	101
FIGURA 32. MAPA DE ÁREAS SELECIONADAS PARA ATERRO SANITÁRIO NA GRANDE ARACAJU.....	104
FIGURA 33. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(B).....	105
FIGURA 34. MAPA HIPSOMÉTRICO(A) E MAPA DE DECLIVIDADE(B).....	106
FIGURA 35. MAPA DO USO DO SOLO(A) E MAPA DA GEOLOGIA(B).....	107
FIGURA 36. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA.....	108
FIGURA 37. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “RUNOFF”(B).....	110
FIGURA 38. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA DOS AQUÍFEROS(B).....	111
FIGURA 39. MAPA DO USO DO SOLO(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	112
FIGURA 40. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DA GEOLOGIA(B).....	113
FIGURA 41. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA.....	114
FIGURA 42. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “RUNOFF”(B).....	116
FIGURA 43. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	117
FIGURA 44. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DO USO DO SOLO(B).....	117
FIGURA 45. MAPA DA GEOLOGIA(A) E MAPA DA PEDOLOGIA(B).....	118
FIGURA 46. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA.....	119
FIGURA 47. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “RUNOFF”(B).....	121
FIGURA 48. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	122
FIGURA 49. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DA PEDOLOGIA(B).....	123
FIGURA 50. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA DA AS9.....	124
FIGURA 51. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “RUNOFF”(B).....	126
FIGURA 52. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	127
FIGURA 53. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DO USO DO SOLO(B).....	127
FIGURA 54. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA DA AS13.....	128
FIGURA 55. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(B).....	131

FIGURA 56. MAPA HIPSOMÉTRICO(A) E MAPA DE DECLIVIDADE(B) .....	132
FIGURA 57. MAPA DA GEOLOGIA(A) E MAPA DA PEDOLOGIA(B).....	133
FIGURA 58. IMAGEM AEROFOTOGRAFÉTRICA DA AS16.....	134
FIGURA 59. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “ <i>RUNOFF</i> ”(B).....	136
FIGURA 60. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	137
FIGURA 61. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DA GEOLOGIA(B).....	137
FIGURA 62. IMAGEM AEROFOTOGRAFÉTRICA DA AS17.....	138
FIGURA 63. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “ <i>RUNOFF</i> ”(B).....	141
FIGURA 64. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	142
FIGURA 65. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DO USO DO SOLO(B).....	142
FIGURA 66. IMAGEM AEROFOTOGRAFÉTRICA DA AS20.....	143
FIGURA 67. MALHA DE DRENAGEM NATURAL-MDN(A) E ÁREA MODIFICADA PELO “ <i>RUNOFF</i> ” (B).....	146
FIGURA 68. MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT(A) E MAPA HIPSOMÉTRICO(B).....	147
FIGURA 69. MAPA DE DECLIVIDADE(A) E MAPA DO USO DO SOLO(B).....	148
FIGURA 70. IMAGEM AEROFOTOGRAFÉTRICA DA AS21.....	149
FIGURA 71. MAPA DE ÁREAS SELECIONADAS HIERARQUIZADAS.....	154

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

<b>ABNT</b>	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
<b>ADEMA</b>	ADMINISTRAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE
<b>ANP</b>	AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO
<b>APA</b>	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
<b>AS</b>	ÁREA SELECIONADA
<b>ASA</b>	ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA
<b>CEMPRE</b>	COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM
<b>CFR</b>	CODE OF FEDERAL REGULATIONS
<b>CMCRS</b>	CENTRO DE MASSA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
<b>CNEN</b>	COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
<b>CODISE</b>	COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DE SERGIPE
<b>CONAMA</b>	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
<b>CPRM</b>	COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
<b>DEHIDRO</b>	DEPARTAMENTO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE
<b>DESO</b>	COMPANHIA DE SANEAMENTO DE SERGIPE
<b>EIA/RIMA</b>	ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS/RELATÓRIO DE IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE
<b>EMSURB</b>	EMPRESA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS
<b>FPM</b>	FUNDO DE PARTICIPAÇÃO DOS MUNICÍPIOS
<b>Ha</b>	HECTARE
<b>Kg</b>	QUILOGRAMA
<b>Km</b>	QUILÔMETRO
<b>IBGE</b>	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
<b>ICMS</b>	IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS
<b>INPE</b>	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
<b>Hab</b>	HABITANTE
<b>m</b>	METRO
<b>MDN</b>	MALHA DE DRENAGEM NATURAL
<b>MDT</b>	MODELO DIGITAL DO TERRENO
<b>NBR</b>	NORMAS BRASILEIRAS
<b>OACI</b>	ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL
<b>PIB</b>	PRODUTO INTERNO BRUTO
<b>PNMA</b>	POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
<b>PNSB</b>	PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO
<b>PRONAR</b>	PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR
<b>RSU</b>	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
<b>RSDV</b>	RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS E DE VARRIÇÃO
<b>SEMA</b>	SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE
<b>SISNAMA</b>	SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
<b>SEINFRA</b>	SECRETARIA ESTADUAL DE INFRA-ESTRUTURA
<b>SEPLAN</b>	SECRETARIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO
<b>SIG</b>	SISTEMA INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
<b>SRH</b>	SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
<b>TAC</b>	TRANSPORT AIR CANADÁ
<b>TON</b>	TONELADA
<b>TR</b>	TERMO DE REFERÊNCIA
<b>UFS</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
<b>USEPA</b>	AGENCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA
<b>UTM</b>	UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR

## SUMÁRIO

---

RESUMO .....	I
ABSTRACT.....	II
LISTA DE TABELAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VII
SUMÁRIO .....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GERAL .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	5
4. ESTADO DA ARTE.....	7
4.1. RESÍDUO SÓLIDO – DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO .....	7
4.2. RESÍDUO SÓLIDO – ABORDAGEM LEGAL .....	10
4.3. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	13
4.4. GERAÇÃO PER CAPITA DE LIXO .....	16
4.5. CARACTERIZAÇÃO DE LIXO.....	17
4.6. DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
4.7. SELEÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	21
4.8. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS .....	25

4.9.	GEOPROCESSAMENTO .....	31
4.10.	LÓGICA DIFUSA (FUZZY) .....	35
4.10.1.	USO DO SISTEMA NEBULOSO .....	38
4.10.2.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO (MÁQUINA FUZZY) .....	39
5.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	40
5.1.	ARACAJU .....	43
5.2.	NOSSA SENHORA DO SOCORRO .....	45
5.3.	SÃO CRISTÓVÃO .....	47
5.4.	BARRA DOS COQUEIROS .....	49
6.	METODOLOGIA .....	52
6.1.	GERAÇÃO DE LIXO NA GRANDE ARACAJU .....	52
6.2.	TAMANHO DA ÁREA PARA DESTINAÇÃO FINAL .....	53
6.3.	SELEÇÃO DE AREAS .....	56
6.3.1.	COLETA DE DADOS .....	56
6.3.2.	DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E DIRETRIZES .....	56
6.3.2.1.	CRITÉRIOS DE ORDEM LEGAL E OUTRAS RESTRIÇÕES .....	57
6.3.2.2.	CRITÉRIOS DE ORDEM AMBIENTAL .....	60
6.3.3.	PREPARÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS .....	64
6.3.4.	DEFINIÇÃO DAS MACRO-ÁREAS .....	65
6.3.5.	SELEÇÃO DE ÁREAS ESPECÍFICAS .....	66
6.3.6.	HIERAQUIZAÇÃO DAS ÁREAS .....	66
6.3.6.1.	AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DAS ÁREAS SELECIONADAS .....	67

6.3.6.2.	APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY .....	71
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
7.1.	GERAÇÃO DE LIXO NA GRANDE ARACAJU.....	77
7.2.	DIMENSÕES DA ÁREA DO ATERRO .....	85
7.3.	SELEÇÃO DE ÁREAS PARA O ATERRO SANITÁRIO .....	90
7.3.1.	DELIMITAÇÃO DAS MACRO-ÁREAS DE RESTRIÇÃO.....	90
7.3.2.	SELEÇÃO DAS ÁREAS ESPECÍFICAS PARA ATERRO SANITÁRIO.....	99
7.3.2.1.	ÁREA SELECIONADA AS2 .....	105
7.3.2.2.	ÁREA SELECIONADA AS6 .....	110
7.3.2.3.	ÁREA SELECIONADA AS8 .....	116
7.3.2.4.	ÁREA SELECIONADA AS9 .....	121
7.3.2.5.	ÁREA SELECIONADA AS13 .....	126
7.3.2.6.	ÁREA SELECIONADA AS16 .....	131
7.3.2.7.	ÁREA SELECIONADA AS17 .....	136
7.3.2.8.	ÁREA SELECIONADA AS20 .....	141
7.3.2.9.	ÁREA SELECIONADA: AS21 .....	146
7.3.3.	HIERARQUIZAÇÃO DAS ÁREAS ESPECÍFICAS .....	151
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	155
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	157

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente urbanização, a identificação e qualificação de áreas adequadas à implantação de aterros sanitários, em regiões metropolitanas, é fundamental para a questão do meio ambiente, do saneamento e da saúde pública. Por isso, torna-se cada vez mais importante a exigência de estudos que contenham uma abordagem técnica precisa acerca desse tema.

A consideração dos aspectos técnicos, ambientais e sócio-econômicos, aliada às técnicas de geoprocessamento, permite a obtenção de algumas alternativas para a localização dos aterros sanitários. Uma avaliação criteriosa dessas áreas é extremamente importante para garantir a minimização dos impactos oriundos desse tipo de empreendimento.

Os resíduos sólidos devem ser gerenciados de forma integrada, desde sua origem até a destinação final, sobretudo no que se refere à administração pública, cuja responsabilidade institucional é de gestão e manejo. O lixo gerado pelos cidadãos em suas atividades cotidianas como hábitos de consumo e produção industrial, é um dos principais problemas vividos pelos centros urbanos, principalmente os de maior porte.

O problema se agrava na medida em que a população urbana e a quantidade de resíduos produzidos assumem uma tendência crescente, com taxas significativas, enquanto que as alternativas de áreas para disposição desses resíduos diminuem. Some-se a isso o fato de que, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, cerca de 88% do lixo produzido no Brasil ainda é depositado a céu aberto, daí a necessidade de se produzir estudos aprofundados sobre o tema (PNSB, 2000).

O estado de Sergipe com seus setenta e cinco municípios não está fora desse universo e incrementa essas estatísticas. Contudo, esse trabalho foi direcionado apenas a apontar áreas possíveis para implantação do sistema de destinação final dos resíduos sólidos da região metropolitana de Aracaju, que envolve 4 (quatro) municípios, seguindo a classificação das Microrregiões definidas pelo IBGE. Assim, delimitou-se, dentro da Grande Aracaju, áreas com aptidão para destinação final dos resíduos sólidos gerados, selecionadas a partir de critérios técnicos, visando contribuir para tomada de decisão.

Estudar áreas para disposição final de resíduos sólidos através de geotecnologias nessa região é ir ao encontro de uma zona ainda pouco explorada por alguns setores da engenharia. No entanto, não se pode mais negar a existência de inúmeras facilidades ligadas a esta área do conhecimento.

Desta forma, utilizou-se a técnica do geoprocessamento, abrangendo sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, cartografia digital, posicionamento por satélites, modelagem digital de superfícies e dados geográficos, tudo isso, incorporado à ferramenta “SIG” (Sistema de Informações Geográficas).

Para BROLLO (2001), embora a ferramenta “SIG” tenha demonstrado capacidade suficiente para atender tecnicamente às solicitações na seleção das áreas para implantação de aterro sanitário, ainda lhe falta aprimoramento no suporte às decisões, tendo que na maioria das vezes, se valer de análises externas no que se refere à hierarquização. Assim, além de explorar o potencial da ferramenta “SIG” estabeleceu-se um julgamento externo da hierarquização, adotando-se a lógica difusa, no sentido de aprimorar o suporte à decisão, a qual, segmenta cada variável em apta e não apta, permitindo transformá-las em escores de aptidão.

Na visão de SANTOS (1992) et. ali; a escolha da *Lógica Fuzzy* faz com que as variáveis possam compensar umas às outras durante a agregação de valores para obtenção do escore final, que apontará no mapa, as áreas de maior aptidão. Um alto escore atribuído a uma variável, em um determinado local, pode compensar um baixo escore de uma outra variável, no mesmo local, resultando num escore ponderado na avaliação do resultado final, enquanto que, numa análise *Booleana* uma aptidão baixa em qualquer das variáveis utilizadas fatalmente levaria à exclusão do local em estudo. Pela análise da teoria dos conjuntos nebulosos, o uso da classificação contínua dos dados permite reter a variabilidade destes na integridade, sem simplificações ou generalizações.

Outros conhecimentos da engenharia como estudos de dimensionamento e técnicas de construção do aterro sanitário, foram absorvidos como parte da solução proposta nessa pesquisa. Estes por sua vez contaram com o apoio de ferramentas informatizadas, do tipo softwares aplicativos, cuja

área de conhecimento e estado da arte, abrangem ciências aplicadas como engenharia, geografia, tecnologia da informação, matemática entre outras.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa é a indicação de áreas com potencial para a implantação de um aterro sanitário como destinação final, por um período de 20 anos, dos resíduos sólidos urbanos gerados na Grande Aracaju.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar as quantidades de resíduos sólidos urbanos gerados na região, para em seguida, dimensionar a área do aterro sanitário, validando-a em função da disponibilidade da região.
- Proceder levantamentos e produzir mapas temáticos, identificando as feições características da região metropolitana da Grande Aracaju, e em seguida dividi-las em duas categorias principais: os aspectos de uso e ocupação do solo e os aspectos fisiográficos do terreno.
- Avaliar os aspectos fisiográficos da região compreendida pelos municípios de Barra dos Coqueiros, São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro, Aracaju, atribuindo peso e escore de aptidão conforme cada feição avaliada para determinação de macro-áreas.
- Aplicar a teoria dos conjuntos nebulosos, segmentando as variáveis de forma contínua, o que possibilitará uma análise *Fuzzy* na hierarquização das áreas selecionadas.

### 3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A disposição final inadequada do lixo pode causar diversos problemas ao homem e ao meio ambiente, principalmente se ocorrer a céu aberto, poluindo o solo, a água e o ar (CONSONI, 1995; REICHERT, 1999).

A maior parte dos impactos pode ser minimizada com a disposição correta do resíduo sólido, através de aterro sanitário, mas é necessário considerar além de técnicas adequadas para acomodar os resíduos finais, um local apropriado para sua destinação final.

Abordando a questão de forma global, percebe-se que a tendência verificada nos países desenvolvidos é de buscar a redução cada vez maior dos quantitativos de resíduos sólidos gerados nos domicílios, minimizando conseqüentemente o volume destinado aos aterros sanitários. Contudo, buscam-se também soluções através de ações integradas como: minimização, reaproveitamento, coleta seletiva, reciclagem, compostagem e incineração; para que somente sejam destinados ao aterro sanitário os resíduos últimos. Em se tratando de resíduos industriais, a forma de disposição final é o aterro industrial, que possui processo específico de tratamento do resíduo antes de sua disposição final, geralmente de forma centralizada (CALLADO, 2005).

No contexto nacional, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o Brasil ainda caminha muito lentamente para uma solução definitiva, apesar de já ter despertado para a necessidade da gestão e manejo eficiente dos resíduos domiciliares, industriais e de saúde. Nossa realidade ainda é a da existência de lixões, onde se misturam todo tipo de resíduo a céu aberto. Para agravar a situação, estes encontram-se na sua grande maioria, em local totalmente inadequado, afetando o solo, corpos hídricos, sistemas naturais, áreas potencialmente turísticas e de preservação ambiental (PNSB, 2000).

Estes fatos denotam de forma clara a importância de estudos como este, pois, ao tempo em que agrega conhecimentos em geotecnologias, propõe ações voltadas à correta disposição dos resíduos, apontando áreas mais adequadas para esta finalidade, considerando variáveis ambientais e de infraestrutura como parte da solução.

Na maioria das vezes a escolha da área para a implantação de um aterro sanitário, parte de um número reduzido de alternativas, as quais são elencadas em função de critérios não científicos, o que acontece na grande maioria dos municípios em Sergipe. Contudo, algumas ações têm sido implementadas através de programas governamentais e políticas de desenvolvimento, visando minimizar impactos ambientais que possam ter reflexos sociais.

Já em nível local, a discussão do tema vem se arrastando há anos. Aracaju vive às vésperas da aprovação da revisão final de seu Plano Diretor, que outrora chegou a ser aprovado, mas não foi posto em prática devido à sua revogação por parte do executivo.

A cidade está localizada em uma região recortada por rios e mangues, fazendo com que as alternativas de áreas para depósito de lixo sejam diminutas. Assim, a discussão tem como cerne a seleção de áreas nos municípios vizinhos, os quais compõem a região metropolitana da Grande Aracaju, que, na verdade somente existe de fato e não de direito, o que denota a necessidade de uma maior integração entre eles.

É consensual que, já é o momento de resolver o problema da disposição final dos resíduos sólidos na região, visto o exemplo do lixão do bairro Santa Maria que vem desagradando à sociedade, já faz algum tempo. Embora as autoridades sanitárias dos municípios tentem equacionar o problema de forma técnica, acabam esbarrando em questões políticas, quando percebem que os gestores municipais resistem em assumir a implantação do aterro sanitário intermunicipal em seus territórios.

O emprego de geoprocessamento para a seleção dessas áreas possibilita um ganho sensível em tempo e qualidade, que em virtude da possibilidade de avaliações simultâneas e complexas de grande extensão territorial, potencializa a utilização do terreno (WEBER & HASENACK, 2002).

Pelo exposto, pode-se concluir que a seleção e hierarquização das áreas que poderão receber o aterro sanitário da Grande Aracaju, constitui um tema de pesquisa com ampla importância para a gestão dos resíduos sólidos, bem como um instrumento dotado de fundamentos científicos que será de grande valia no debate posto na agenda local.

## 4. ESTADO DA ARTE

### 4.1. RESÍDUO SÓLIDO – DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

PHILIPPI JÚNIOR (1999), entende resíduo sólido como sendo qualquer mistura de materiais ou restos destes, oriundos dos mais diversos tipos de atividades humanas, que são descartados por não apresentarem utilidade quanto ao uso previsto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da Norma Brasileira Registrada – NBR 10.004 (2004), define resíduo sólido como os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados tipos de líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

De acordo com SCHALCH (2001), a definição de resíduo sólido da ABNT não contempla as palavras redução, reutilização e reciclagem, além do fato de, atualmente, os resíduos hospitalares serem chamados de resíduos de serviço de saúde, como cita a NBR 12.809 (1993).

Para TESTA (1994) a classificação utilizada hoje no Brasil, provém de leis regulamentadoras americanas que definem resíduos perigosos como qualquer resíduo ou combinação de resíduos que representem risco potencial à saúde humana ou organismos vivos por não ser degradável, ser biocumulativo quando presente na cadeia alimentar, ser letal ou causar efeitos danosos. O autor complementa afirmando que os resíduos radioativos, e os infecto-contagiosos estão dentro da categoria dos perigosos. Já pela NBR 10.004 (2004), resíduos perigosos são aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade e toxicidade.

A *U.S. Environment Protection Agency - EPA*, através da *Resource Conservation and Recovery Act (RCRA, 1976)* estabelece que um resíduo pode

ser considerado perigoso quando ele possui certas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade ou toxicidade) ou constar de listas específicas, conforme apresentado pela *EPA – 40 Code of Federal Regulations - CFR, Part 261* (1991) baseado em análise de componentes perigosos presentes no resíduo (HASAN, 1995).

No Brasil, a classificação dos resíduos sólidos segue os critérios da Agencia de Proteção Ambiental Americana - USEPA, com algumas adaptações.

CALLADO (2005) evidencia que os resíduos sólidos também devem ser classificados segundo o grau de biodegradabilidade, a saber:

- a) **Facilmente degradável:** restos de comida, folhas, animais mortos, excrementos, capim, cascas de frutas, etc;
- b) **Moderadamente degradável:** papel, papelão, e outros produtos celulósicos;
- c) **Difícilmente degradável:** trapos, couros, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico;
- d) **Não degradável:** metais, vidros, pedras, cinzas, terras, areias, cerâmicas, etc.

O autor afirma ainda que os resíduos sólidos apresentam a seguinte classificação, quanto a sua origem:

- a) **Doméstico:** restos de alimento, embalagens, varreduras, folhagens, ciscos, e outros;
- b) **Resíduos de Saúde:** refeitórios e cozinhas, administração, remédios vencidos, peças anatômicas, perfuro cortantes, excrementos, patogênicos, etc;
- c) **Especial:** folhagens de limpeza de jardins, restos de podas, animais mortos, entulhos, etc;
- d) **Feira e Varrição:** papeis, embalagens, restos de capina, frutas e vegetais, areia, ciscos, folhas, etc.

Como a classificação adotada pela ABNT não abrange todas as categorias de resíduos sólidos, outros critérios de classificação podem ser adicionados, conforme o pesquisador da área. Segundo SCHALCH (1992), os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com sua fonte e recebe mais as seguintes categorias:

- e) **Resíduos Radioativos:** são os resíduos provenientes do aproveitamento dos combustíveis nucleares;
- f) **Resíduos Agrícolas:** são aqueles que correspondem principalmente aos vasilhames descartados pelo uso de agrotóxicos.

A classificação quanto à periculosidade, dada pela norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), considera os riscos potenciais que os resíduos sólidos oferecem ao meio ambiente e à saúde pública, classificando-os da seguinte forma:

- a) **Classe I (resíduos perigosos):** caracterizados pela inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, assim podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou a incidência de doenças;
- b) **Classe II (resíduos não-inertes):** são caracterizados pela combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, contudo não se enquadram nas Classes I (não inertes) ou Classe III (inertes);
- c) **Classe II (resíduos não-inertes):** não possui nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Apesar dos resíduos radioativos não estarem citados de forma explícita nas classes citadas anteriormente, estão sujeitos a legislação específica, e seu gerenciamento é de responsabilidade exclusiva da *Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN*.

Vale ressaltar também que, a ABNT possui extensa relação de normas pertinentes ao uso, manejo e gestão dos resíduos sólidos, as quais apresentam-se como mais consultadas:

- a) **NBR 7.500 (1987):** Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais – Simbologia;
- b) **NBR 7.502 (1983):** Transporte de cargas perigosas – Classificação;
- c) **NBR 8.419 (1984):** Projetos de aterros de resíduos sólidos urbanos;

- d) **NBR 10.004 (2004)**: Resíduos sólidos – Classificação;
- e) **NBR 10.005 (1987)**: Lixiviação de resíduos;
- f) **NBR 10.007 (1987)**: Amostragem de resíduos – Procedimento;
- g) **NBR 10.157 (1987)**: Aterros de resíduos perigosos;
- h) **NBR 11.174 (1989)**: Armazenamento de resíduos Classe II;
- i) **NBR 11.175 (1990)**: Incineração de resíduos sólidos - Padrões de Desempenho;
- j) **NBR 12.235 (1992)**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- k) **NBR 13.221 (1997)**: Transporte de resíduos;
- l) **NBR 13.896 (1997)**: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;
- m) **NBR 15.113 (2004)**: Aterros de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Inertes – Critérios para projeto, implantação e operação.

#### 4.2. RESÍDUO SÓLIDO – ABORDAGEM LEGAL

É fundamental que numa abordagem mais abrangente do tema, algumas leis ambientais sejam citadas, principalmente aquelas diretamente relacionadas aos resíduos sólidos. Nesse sentido, há que se iniciar o estudo consultando a Carta Magna, a saber:

A Constituição Federal de 1988 em seu Artigo 23 determina ser de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a manutenção da qualidade ambiental (FRITSCH, 2000). Também no Artigo 225, diz que *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as pessoas e futuras gerações”*, denotando a clara previsão de uma qualidade ambiental sustentável.

Além das menções feitas na Constituição Federal, o Brasil continua produzindo outras legislações acerca do meio ambiente, como se pode ver:

- Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981 – Dispõe sobre a criação de Estação Ecológica, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências;

- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Disciplina a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecendo objetivos e mecanismos para sua aplicação e dá outras providências;
- Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 – Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo as bacias hidrográficas como unidades físico-territoriais para o planejamento;
- Lei Nº 1.361, de 06 de Outubro de 1.988 – Regula a estocagem, o processamento e a disposição final de resíduos industriais tóxicos;
- Lei Nº 2.011, de 10 de Junho de 1.992 – Dispõe sobre a obrigatoriedade da implementação de programa de redução de resíduos;
- Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986 – Trata dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA);
- Resolução CONAMA nº 06 de 15/06/1988; Dispõe sobre a geração de resíduos nas atividades industriais e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 10, de 14 de dezembro de 1988 – Define as Áreas de Proteção Ambiental (APA);
- Resolução CONAMA nº 15, de 15 de junho de 1988 – Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR);
- Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002 – Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, Plano Ambiental de Conservação, recursos hídricos, floresta, solo, estabilidade geológica, biodiversidade, fauna, flora, recuperação, ocupação, rede de esgoto, entre outros;
- Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002 – Dispõe sobre resíduos da construção civil.

O Estado de Sergipe criou a Secretaria do Meio Ambiente – SEMA, através da LEI Nº 4.749 de 17 de janeiro de 2003, que trata exclusivamente do assunto. A exemplo de outras cidades, o município de Aracaju também possui legislação específica, destacando-se os seguintes artigos do capítulo IV da Lei Orgânica, que trata da Política Ambiental:

**Art. 258** – Todos têm direito ao meio ambiente saudável, ecologicamente equilibrado, como um bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, preservando e restaurando os processos ecológicos das espécies e ecossistemas, controlando a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade da vida e o meio-ambiente.

**Art. 259** – É dever do Poder Público elaborar e implantar, através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, uma política de recuperação, preservação e conservação do meio ambiente e recursos naturais que contemple o levantamento e conhecimento das características dos elementos naturais, de seus usos, definição das paisagens, ecossistemas e elementos de significado especial, bem como as diretrizes para o seu melhor aproveitamento.

**Art. 261** – Cabe ao Poder Municipal, entre outras atribuições: promover a educação ambiental multidisciplinar, para a preservação do meio ambiente; prevenir e controlar a poluição, a erosão, o assoreamento e outras formas de degradação ambiental; exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a ser analisado pelo órgão competente do município, controlar e fiscalizar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas e métodos para a qualidade de vida e ao meio ambiente; licenciar, acompanhar e fiscalizar os recursos hídricos e minerais em seu território, reduzir ao máximo a aquisição e utilização de material não reciclável e não biodegradável, evitar despejos de dejetos nos cursos d'água; entre outros.

**Art. 266** – São vedados no território municipal: a produção, distribuição e venda de aerossóis que contenham clorofluócarbono; o armazenamento e eliminação inadequada de resíduos tóxicos ou radioativos; a existência de lixo radioativo; a existência de depósitos inadequados, ou não autorizados de substâncias explosivas; o transporte, através do Município, de substâncias tóxicas, radioativas ou poluidoras, sem os devidos equipamentos de segurança ou preventivos.

**Art. 269** – O Município, no controle da qualidade ambiental, regulamentará, com base no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, os níveis de uso, de utilização e de poluição permitidos para o ar, água, solo e subsolo e produção de ruídos. Onde o licenciamento das atividades que impliquem poluição sonora, do ar, da água do solo e do subsolo será antecedido de análise prévia do respectivo projeto pelo órgão ambiental do Município, sendo concedido somente após o atendimento das exigências formuladas.

**Art. 273** – O Poder Público Municipal será assessorado pelo Conselho Municipal de Proteção de Defesa do Meio Ambiente, órgão colegiado autônomo e deliberativo, composto paritariamente por representantes do Poder Público, entidades ambientais, representantes da sociedade civil, que entre outras atribuições definidas em Lei deverá: analisar qualquer Projeto Público ou privado, que implique em impacto ambiental; recomendar ao Executivo Municipal a aprovação ou não de qualquer Projeto que implique em impacto ambiental.

**Art. 278** – São áreas de proteção permanentes: os manguezais; as áreas de proteção das nascentes de rios; as áreas que abriguem exemplares raros da fauna e da flora, como aquelas que sirvam como local de pouso ou reprodução de espécies migratórias; as áreas estuarinas; as paisagens notáveis; as áreas de dunas; as áreas de restinga; o mar e as praias; os mananciais subterrâneos e de superfície; o subsolo; as faixas de proteção dos talwegues.

**Art. 282** – O Município deve manter sistema de limpeza urbana, coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.

### **4.3. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

A gestão integrada de resíduos sólidos é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coleta, tratamento e disposição dos mesmos.

Em se falando de gestão integrada de resíduos sólidos, primeiramente deve-se conhecer a “Política Nacional dos Resíduos Sólidos”, atualmente em tramitação, na qual alguns capítulos merecem destaque:

### **Capítulo II – Da Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Este capítulo discorre que a Política deve gerar benefícios sociais e econômicos aos municípios que se dispuserem a licenciar, em seus territórios, instalações que atendam aos programas de tratamento e disposição final de resíduos industriais, minerais, radioativos, de serviços e tecnológicos. Cita também que deve desenvolver e implementar programas relativos ao gerenciamento de resíduos sólidos nos níveis municipal, estadual e federal; a ampliar o mercado para produtos reciclados direta ou indiretamente; capacitar os recursos humanos envolvidos em atividades relacionadas com o gerenciamento dos resíduos sólidos; e estabelecer padrões relativos aos resíduos sólidos e ao gerenciamento desses resíduos.

### **Capítulo III – Do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos**

A Seção II desse capítulo discorre sobre os Resíduos Urbanos, em cujo Artigo 15 cita que de acordo com os regulamentos federais e municipais estabelecidos, em suas respectivas áreas de competência, os serviços de limpeza urbana serão fiscalizados e poderão ser executados por Consórcios municipais. Enquanto os 22 e 23 falam que é de obrigatoriedade dos Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes e o Distrito Federal de implantar a Coleta Seletiva de resíduos sólidos no prazo de dois anos, a partir da data da aprovação desta lei. Já a Seção III dispõe sobre os Resíduos Especiais.

### **Capítulo IV - Dos Métodos de Redução de Resíduos Sólidos**

Este capítulo cita, entre outros, a incineração e a reciclagem como métodos de redução de resíduos sólidos. Quanto a incineração o Artigo 136 cita que os gases de combustão, vapores e particulados emitidos na saída da chaminé dos incineradores deverão observar os valores limites de emissão estabelecidos por órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente

(SISNAMA). Enquanto que o Artigo 164 ressalta que a reciclagem deverá ser adotada somente quando for economicamente viável e existir mercado.

## **Capítulo V – Das Empresas Exclusivamente Recicladoras**

O Artigo 168 desse capítulo cita que a empresa exclusivamente recicladora gozará de privilégios fiscais e tributários, cujas normas específicas deverão ser editadas pelo governo Federal.

Qualquer ação ou intenção relacionada à melhoria das condições de gestão dos resíduos sólidos, deve ser voltada à comunidade, e torna-se naturalmente pressuposto e imperativo a sua participação. Preocupações com o lixo produzido, o crescimento populacional desenfreado e desproporcional são evidentes em qualquer iniciativa que se pretenda melhorar a qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. Por conseqüência, essas idéias jamais poderiam estar dissociadas da educação ambiental, sob pena de fracassar.

Conscientes desse fato, as autoridades têm tentado com relativo sucesso, buscar formas de minimizar os efeitos da progressiva degradação dos recursos naturais. Uma das estratégias adotadas é realização periódica de conferências internacionais, visando a preservação ambiental e a saúde pública, tendo como tendência o uso da educação ambiental como ferramenta imprescindível para combater mais rapidamente a crise ambiental mundial.

Em Estocolmo, no ano de 1972, essa estratégia começou a ser aplicada, quando as Nações Unidas se reuniram para discutir a questão ambiental no planeta, dando seqüência a outras conferências, como a realizada na Iugoslávia, em 1975 – produzindo a “Carta de Belgrado”.

*“A Recomendação 96 da Conferência de Estocolmo sobre o Ambiente Humano, nomeia o desenvolvimento da Educação Ambiental como um dos elementos mais críticos para que se possa combater rapidamente a crise ambiental do mundo. Esta nova Educação Ambiental deve ser baseada e fortemente relacionada aos princípios básicos delineados na Declaração das Nações Unidas na Nova Ordem Econômica Mundial. É dentro desses princípios que devem ser lançadas as fundações para um programa mundial de Educação Ambiental que possa tornar possível o desenvolvimento de novos conceitos e habilidades, valores e atitudes, visando a melhoria da qualidade ambiental e, efetivamente, a elevação da qualidade de vida para as gerações presentes e futuras.”*

O Brasil tomou a iniciativa em 1981, produzindo a “Política Nacional de Meio Ambiente”, cujo Artigo 2º diz que seu objetivo a preservação, melhoria e

recuperação da qualidade ambiental, propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Cada cultura possui uma maneira própria de perceber seu próprio método de lidar com seus valores. Por isso cada município deve ser estimulado a buscar suas metas de mobilização. Dessa forma, a estratégia da educação ambiental deve ser de caráter contínuo, um processo pedagógico que garanta a revisão de valores a comportamento para a transformação social.

#### 4.4. GERAÇÃO PER CAPITA DE LIXO

É preciso conhecer a fundo a problemática da geração dos resíduos para tentar equacionar a questão. Sabe-se hoje que a produção do lixo é estimulada pelo crescimento populacional e pelo grau de industrialização de uma sociedade, pois a geração de resíduos sólidos está ligada ao aumento do consumo e à cultura do descarte, onde o “status” presume a qualidade de vida, alimentando o ciclo: “Quanto maior a riqueza, maior será o consumo”.

A Tabela 1 apresenta os valores de geração *per capita* de lixo nas diferentes regiões geográficas do Brasil.

**Tabela 1.** Geração *per capita* de lixo por região no Brasil.

REGIÃO	POPULAÇÃO TOTAL		GERAÇÃO DE RESÍDUOS		GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab.dia)
	VALOR (hab.)	(%)	VALOR (ton.)	(%)	
Brasil	169.799.170		228.413	100	1,35
Norte	12.900.704	7,6	11.067	4,8	0,96
Nordeste	47.741.711	28,1	41.558	18,2	0,87
Sudeste	72.412.411	42,6	141.617	62,0	1,96
Sul	25.107.616	14,8	19.875	8,7	0,79
Oeste	11.636.728	6,9	14.297	6,3	1,23

Fonte: IBGE/PNSB (2000).

Estudar os aspectos locais de geração e disposição final dos resíduos sólidos não se constitui fato isolado da base do contexto global. Sabe-se

que a geração de resíduos está intrinsecamente ligada á realidade sócio-econômica da população, e, portanto a seu desenvolvimento.

Fatores como o crescimento populacional, a produção de riquezas, as variações sazonais e climáticas juntamente com o conjunto de hábitos e costumes da população, constituem pesos de elevada consideração em qualquer prognóstico na geração de resíduos sólidos.

No Brasil são produzidas diariamente cerca de 241 mil toneladas de lixo, dos quais 90 mil são de origem domiciliar. Dessa forma, a média nacional de produção de resíduos por habitante, é em torno de 0,600 Kg/dia. Uma cidade como São Paulo, no entanto, produz em média 1 kg/dia de lixo por habitante (IPT/CEMPRE, 1995). A Tabela 2 apresenta a geração *per capita* média de lixo em diferentes cidades e países.

**Tabela 2.** Geração *per capita* de lixo em alguns países e cidades.

PAÍS	Kg/hab-dia	CIDADE	Kg/hab-dia
Canadá	1,900	México DF	0,900
Estados Unidos	1,500	Rio de Janeiro	0,900
Holanda	1,300	Buenos Aires	0,800
Suíça	1.200	Santiago de Chile	0,800
Japão	1,000	San Salvador	0,680
Europa	0,900	Tegucigalpa	0,520
Índia	0,400	Lima	0,500

Fonte: OMS (1990), Zepeda (1995).

#### 4.5. CARACTERIZAÇÃO DE LIXO

Outro ponto importante num estudo, que visa explorar principalmente a disposição final dos resíduos sólidos de uma região, é a sua composição gravimétrica.

Observando o cenário mundial, verifica-se que os países de maior nível de desenvolvimento e renda *per capita* alta, respondem por quantidades maiores de descarte de inorgânicos como vidro, papel, plásticos e metal. Ao

contrário, os países de menor renda apresentam resíduos com alto conteúdo de matéria orgânica, como apresentado na Tabela 3.

No que se refere ao lixo brasileiro, os dados mais recentes mostram sua distribuição muito próximo dos valores encontrados na Nigéria, Suécia e Dinamarca, como pode ser observado nos valores apresentados na Tabela 4.

**Tabela 3.** Composição dos resíduos domésticos em diversos países.

PAÍS	Ano	% EM PESO					
		Metal	Papel	Vidro	Orgânico	Plástico	Outros
Nigéria	1990	5,0	17,0	2,0	43,0	4,0	29,0
Suécia	1987	7,0	50,0	8,0	15,0	8,0	12,0
USA	1983	9,2	42,7	10,3	14,6	1,7	21,5
Austrália	1992	4,9	40,3	8,1	22,4	9,0	15,3
Colômbia	1989	1,0	22,0	2,0	56,0	5,0	14,0
Dinamarca	1988	4,1	32,9	6,1	44,0	6,8	6,1
França	1992	3,2	49,0	9,4	16,3	8,4	13,7
Japão(Capital)	1988	1,2	43,6	1,0	34,0	5,6	14,6
Hungria(Capital)	1992	4,4	20,0	6,1	34,7	5,7	29,1

Fonte: Warner Bolletin (1992), OPS/OMS (1990), Boletim CEE (1995).

**Tabela 4.** Composição média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

COMPONENTE	% EM PESO
Matéria Orgânica	45 - 60
Metal	2 - 5
Plástico	8 - 18
Vidro	2 - 10
Papel e Papelão	15 - 25
Inertes	2 - 10

Fonte: Pereira Neto(1992).

Evidentemente estes valores podem ser bastante diferentes a depender das condições sócio-econômica das populações geradoras, isso exige então muita cautela ao apropriar dados de uma microrregião, principalmente quando se quer chegar a estimativas precisas.

#### 4.6. DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A destinação final dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas e industriais é um aspecto que vem demandando cada vez mais o envolvimento de diferentes setores da sociedade para o estabelecimento de um adequado ciclo produção-disposição final, tanto sob o ponto de vista técnico quanto sócio-político. Evidentemente, as soluções políticas só podem se consolidar através do correto embasamento técnico, considerando-se, antes de tudo, que as soluções técnicas devem ser compatíveis com as políticas ambientais específicas para cada região.

Na gestão integrada de resíduos sólidos a tendência é a de redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, buscando-se soluções integradas, que incluem diversas possibilidades de tratamento para os mesmos, como a minimização e reaproveitamento na origem, a coleta seletiva e reciclagem, a compostagem, a incineração e a disposição final dos resíduos últimos em aterros sanitários. Neste modelo de gestão há uma redução considerável de volume final dos resíduos, os quais sempre serão gerados, necessitando de local para sua disposição final. Tanto o modelo atual de geração de volumes cada vez maiores de resíduos, quanto o modelo ideal de redução de volume de resíduos evidenciam a importância de estudos e ações voltados à correta disposição destes. Para se entender as formas de condicionamento final dos resíduos sólidos, serão apresentadas, a seguir, algumas das mais usadas:

##### ➤ **Lixão ou Vazadouro**

Segundo o IPT/CEMPRE (1995), o lixão ou vazadouro, é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública com proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de maus odores e principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e substâncias através do “chorume” (líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos.

### ➤ **Aterro Controlado**

Essa é uma forma de disposição dos resíduos sólidos urbanos que incorpora uma técnica na qual os danos e riscos à saúde pública são minimizados, impactando o meio ambiente de forma tênue. A técnica apresentada utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, recobrando-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada. Porém, geralmente não dispõe de impermeabilização de base, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas, também não possui processo de tratamento de “*chorume*” ou de dispersão dos gases gerados.

### ➤ **Aterro Sanitário Convencional**

O aterro sanitário é uma forma de dispor o lixo sobre o solo, compactando-o com trator, reduzindo-o ao menor volume possível e recobrando-o com camada de terra compactada, na frequência necessária (ao menos, diariamente), de modo a ocupar a menor área possível.

Segundo SOARES (1999), a técnica basicamente consiste na compactação dos resíduos no solo, dispondo-os em camadas que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte, formando *células*, de modo a ter-se uma alternância entre os resíduos e o material de cobertura.

Na visão de FONSECA (1999), o principal objetivo do aterro sanitário é dispor os resíduos sólidos no solo, de forma segura e controlada, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde pública. Mas, os aterros também servem para recuperar áreas deterioradas, tais como: pedreiras abandonadas, grotas, escavações oriundas de extração de argila e areia, além de regiões alagadiças. Quando se tratar de áreas para atender os dois objetivos citados, devem ser feitos estudos apropriados para garantir as condições sanitárias do aterro e o não comprometimento do lençol freático da região.

Todavia, além do condicionamento considerado padrão, alguns processos são aplicados na tentativa de reduzir e aproveitar os resíduos sólidos, de maneira que alguns destes merecem destaque: Reciclagem e Compostagem;

Incineração; Co-processamento em fornos de clínquer; Processo de extração de componentes a plasma.

➤ **Aterro de Resíduos Sólidos Industriais**

Os aterros para resíduos sólidos industriais devem seguir rigorosamente as NBR 10.004 e NBR 10.157, pois as características das células de armazenamento dos resíduos e do tratamento de percolado, devem garantir total segurança para que não ocorra contaminação ao meio ambiente. Portanto, em função da própria classificação dos resíduos industriais, são disponibilizados aterros industriais Classes I e II. Em geral, os aterros industriais são impermeabilizados com mantas PEAD<sup>2</sup>, tanto no fundo como na sua cobertura.

➤ **Aterro de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**

Também chamado de “*Vala Séptica*”, serve exclusivamente para disposição final de resíduos sólidos dos serviços de saúde. Estas valas têm fundo impermeabilizado e com sistema de drenagem para o percolado, que por sua feita deverá ser tratado.

As camadas dos resíduos são acomodadas, compactadas e no final da jornada de trabalho, antes da mesma receber a cobertura do material inerte, deverá ser espalhada uma fina camada de cal. Além de receber peças humanas esse tipo de aterro pode receber também animais mortos, se assim foi dimensionada.

#### **4.7. SELEÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

A análise dos aspectos levantados nos itens anteriores mostra que existe uma enorme demanda em gestão ambiental voltada para o setor de resíduos sólidos. Estudos acerca dos locais com maior aptidão quanto à identificação e seleção de terrenos adequados à disposição de resíduos sólidos, também constitui tema de maior relevância perante a comunidade. A escolha de locais para disposição de resíduos sólidos é um longo processo que envolve numerosas considerações sobre aspectos sociais, econômicos, políticos,

---

<sup>2</sup>PEAD – Polietileno de alta densidade. É um termoplástico derivado do eteno, utilizado para impermeabilização

ambientais e vida útil que se pretende para o empreendimento, de tal forma que as premissas ofereçam o menor risco à saúde humana e o menor impacto ambiental possível (BROLLO, 2001).

Para qualquer administração municipal, esse assunto torna-se de grande importância a partir do momento em que se pretende instalar um aterro sanitário e se tenha como objetivo questões que assegurem a qualidade ambiental e a sustentabilidade de uma determinada região.

A questão da vida útil do aterro é de suma importância e está diretamente relacionada ao crescimento populacional, a geração de resíduos e conseqüentemente ao dimensionamento da área.

Os estudos populacionais incluem o levantamento dos dados históricos de população, via de regra por meio dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, para em seguida ser efetuada a previsão do crescimento demográfico da cidade e da geração de resíduos pela população.

Existem vários métodos estatísticos empregados para determinação da projeção populacional. O IBGE utiliza para estimar os contingentes populacionais dos municípios brasileiros a metodologia desenvolvida pelos demógrafos MADEIRA & SIMÕES (1972), que preconiza a tendência de crescimento populacional do município entre os Censos. Se a estimativa populacional for maior que a verificada no último levantamento censitário; esta apontará valor negativo (IBGE, 2003).

Os estudos do meio físico (geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos, climatológicos), associados a estudos socioeconômicos permitem que se escolha com segurança a área aonde se assentará o futuro aterro municipal (LIMA, 2005).

Primordialmente importante é a identificação do potencial de degradação dos recursos naturais a partir da disposição dos resíduos sólidos, incluindo a contaminação de aquíferos. Dessa forma, é consenso entre o meio técnico que para a disposição de resíduos em aterros sanitários devem ser cumpridos alguns requisitos, de forma a criar várias barreiras independentes, capazes de prevenir permanentemente a liberação e propagação de substâncias nocivas. Assim, além de haver uma adequada escolha do local, deve ser recomendada a aplicação de técnicas para pré-tratamento e disposição dos

resíduos, bem como a impermeabilização da base do aterro e coleta de líquidos percolados (LIMA, 2005).

PFEIFFER (2001) acrescenta que a estruturação do processo de seleção de áreas constitui uma das fases mais importantes e tem por objetivo identificar e agrupar os elementos de avaliação, de modo que o decisor entenda e avalie, com clareza, o processo decisório.

GOMES et al.(2001), salientam que na seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário, devem ser definidos critérios ambientais, seguidos de critérios de restrições legais e outras restrições, e características operacionais, tais como os apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5.** Critérios de restrições legais e outras restrições a considerar.

Critério	Definição/Justificativas/Observações	Faixa de avaliação
<u>Distância de vias</u>	Em relação à distância de vias adotou-se o valor de 100 metros do eixo de rodovias federais e estaduais, seguindo os trabalhos de METROPLAN (1998), VIEIRA & LAPOLLI (1999) e GOMES et al., 2001.	≤ 100 metros
		100 - 500 metros
		500 - 1000metros
		> 1000 metros
<u>Legislação</u>	Critérios referentes a legislação federal, estadual e do município em estudo deverão ser analisados, já que existe a possibilidade de que existam leis inclusive mais rigorosas (ou restritivas) que as de âmbito federal. As especificidades de cada município implicarão em posicionamentos diferenciados no que diz respeito às questões ambientais.	Pontuação caso a caso: considerar a gravidade do impacto causado ao meio ambiente
<u>Distância aos centros urbanos</u>	São dois os fatores que interferem nesta característica: quanto mais longe da zona urbana mais caro será o serviço de transporte. Tem-se adotado a distância máxima de 15 km. A falta de interesse da população em ter suas residências próximas a um aterro sanitário.	100 - 250 m
		250 - 500 m
		500 - 1000 m
		1000 – 2000 m
		> 2000 m; < 15000 m

Fonte: Modificado de GOMES et al., 2001.

**Tabela 6.** Características ambientais a considerar na seleção de áreas.

Critério	Definição/Justificativas/Observações	Faixa de avaliação
<u>Distância de recursos hídricos</u>	Atende a Portaria nº 124 de 20/08/80 do Ministério do Interior a qual estabelece que “quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar a uma distância mínima de 200 m de coleções hídricas ou cursos d’água”	≤ 200 metros
		200 - 500 metros
		500 - 1000metros
		> 1000 metros

<u>Áreas inundáveis</u>	Estas áreas são impróprias à disposição de resíduos sólidos em virtude da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos pelos líquidos gerados nos sistemas de aterramento.	≤ cota de cheia
		20% a mais
		50% a mais
		> 50% a mais
<u>Geologia – Potencial Hídrico</u>	A característica de potencialidade hídrica de uma unidade geológica é inversamente proporcional a potencialidade da área em receber lixo para disposição final. A existência de fraturas ou falhas no local são fatores de crucial importância. Sugere-se a pontuação 0 (zero) para estas áreas, devido ao grande potencial de impacto nas águas locais.	Alto potencial hídrico
		Médio potencial hídrico
		Baixo potencial hídrico
<u>Fauna e flora local</u>	Neste item serão avaliadas as áreas sob o enfoque do meio biológico, destacando a existência de espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e ainda as áreas de preservação permanente.	Presença
		Ausência
<u>Condutividade hidráulica do solo</u>	A condutividade hidráulica é o critério que verifica a potencialidade de infiltração de líquidos no solo. No caso de um acidente em um aterro sanitário, um local com maior condutividade hidráulica permitirá mais facilmente a passagem do lixiviado pelo solo, potencializando o risco de poluição das águas.	Infiltração alta : ≥ 10 <sup>-3</sup> cm/s
		Infiltração média : 10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup> cm/s
		Infiltração baixa : 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup> cm/s
		Infiltração muito baixa : < 10 <sup>-5</sup> cm/s
<u>Profundidade do lençol freático</u>	Embora este dado seja fundamental para a avaliação pretendida, infelizmente poucos são os levantamentos de cotas do lençol freático e dificilmente os municípios dispõem desses valores. A obtenção desses dados dá-se com a execução de sondagens. Outra forma de obter-se este dado seria com a Companhia de Abastecimento de Água no município	< 1 m
		1 - 2 m
		2 - 4 m
		> 4 m

Fonte: Modificado de GOMES et al., 2001.

**Tabela 7.** Características operacionais a considerar na seleção de áreas.

<b>Critério</b>	<b>Definição/Justificativas/Observações</b>	<b>Faixa de avaliação</b>
<u>Clinografia (Declividade)</u>	Verifica-se em termos de preservação do solo, pois além de ser um fator restritivo, limita o transporte do material até o local. Considerou-se a classe Plana a mais adequada ao uso pretendido, em função das facilidades de implantação dos aterros sustentáveis de resíduos.	Alta: >30%
		Média: 20-30%
		Baixa: 10-20%
		Muito baixa: 3-10%
		Plana: <3%
<u>Espessura do solo</u>	Justifica-se pela operação em relação à disponibilidade no local de material de empréstimo para as camadas de cobertura das trincheiras. O custo de transporte é atualmente um fator preponderante. A camada normalmente é retirada nas etapas iniciais de movimentação de terra e obras de infra-estrutura.	< 0,5 m
		0,5 - 1 m
		1 - 2 m
		> 2 m

<u>Reaproveitamento da área do lixão</u>	Na medida em que esta é a situação da maioria dos municípios de pequeno porte no país, incluiu-se este critério para reforçar a importância da recuperação da área degradada. Áreas empregadas anteriormente para outros usos, como por exemplo, pedreiras, podem também ser consideradas neste item, já que necessitam de recuperação ambiental.	Município sem lixão
		Município com lixão (pontuação $\geq$ 49)
		Município com lixão (pontuação $<$ 49)

Fonte: Modificado de GOMES et al., 2001.

Segundo LANGER (1995) um terreno é adequado para a disposição de resíduos sólidos quando promove a proteção da água subterrânea contra a contaminação por percolados. Para tanto, deve apresentar as seguintes características: baixo fluxo de água subterrânea, baixa permeabilidade; grande espessura e homogeneidade do material geológico; grande extensão do corpo geológico; alta capacidade de retenção (adsorção) de compostos; baixa solubilidade química; baixa erodibilidade do substrato.

No entanto, como descrito pelo IPT/CEMPRE (2000), uma área adequada à destinação de resíduos sólidos urbanos não é somente aquela que oferece menores riscos ao meio ambiente e à saúde pública, mas, fundamentalmente, significa menores gastos com preparo, operação e encerramento do aterro.

LANGER (1995) comenta que embora essas afirmações sejam adequadas, deve-se levar em conta que sua incorporação no processo de seleção de áreas é gradativo, e está vinculado à escala e ao estágio da análise. Além disso, entende-se que a cartografia geotécnica constitui uma interessante ferramenta para se otimizar as análises voltadas à seleção de áreas para disposição de resíduos.

A abordagem ideal sempre será a multicritério, que considera na maioria das vezes, a observação de diversos elementos de avaliação, circunscritos a esse estudo, e envolve análise ambiental, seleção de áreas e geoprocessamento.

#### **4.8. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

O processamento de imagens permite tomar uma imagem de sensoriamento remoto, a exemplo das imagens de satélite, e convertê-las em dados interpretados na forma de mapa de acordo com vários procedimentos de

classificação, tudo isso usando o suporte de amplo conjunto de ferramentas para a interpretação de dados de sensoriamento remoto com o computador, da maior importância como técnica de aquisição de dados, particularmente nos países em desenvolvimento.

Sob o ponto de vista do tratamento das imagens, o importante é o fato de que se tem acesso a imagens de sensores remotos na forma digital, permitindo uma rápida integração dos resultados de análises sob vários aspectos.

A utilização de imagens têm tido um enorme impacto em todos os campos de estudo, principalmente os que gerenciam e analisam dados espacialmente distribuídos. Como se trata de uma nova tecnologia, é comum que alguns as vejam como uma “caixa mágica” e fiquem impressionados com a velocidade, consistência e precisão com a qual essa tecnologia opera. Realmente é impressionante e difícil resistir à sua forte característica visual. Entretanto, para analistas experimentados, a filosofia de Sistema de Informações Geográficas - SIG é muito diferente, pois com a experiência, este recurso torna-se uma simples extensão do pensamento analítico (EASTMAN, 1998).

Contudo, ao adentrar nessa tecnologia percebe-se que há um aspecto que diferencia os padrões das informações trabalhadas graficamente, resultando numa distinção ainda mais fundamental que concebe como se representam dados de mapas em forma digital. Um sistema de informação geográfica armazena dois tipos de dados que são encontrados em um mapa – as definições geográficas das feições da superfície da Terra e os atributos ou qualidades que essas feições possuem. Nem todos os sistemas usam a mesma lógica para fazer isto, mas quase todos usam uma ou a combinação das duas técnicas fundamentais de representação de mapas: **vetorial e raster**.

EASTMAN (1998) afirma que o desenvolvimento de técnicas digitais para a correção, realce e interpretação de imagens auxiliada por computador, ocorreu inicialmente de forma independente e um pouco à frente do desenvolvimento do SIG.

A aquisição das imagens passa obrigatoriamente pelo sensoriamento remoto, dependendo diretamente do avanço tecnológico dessa área de conhecimento. Isso quer dizer que não basta apenas conhecer as

imagens e dispor de bons recursos para processá-las e tratá-las, tem-se que adquiri-las com a máxima qualidade.

### ➤ **Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto é a tecnologia espacial que permite a aquisição de informações sobre a superfície terrestre à distância, através da interpretação dos dados captados por sensores instalados em aeronaves ou satélites. O seu registro gráfico se dá através de diversos produtos: fotografias aéreas; imagens de satélite; imagens de radar; etc.

Segundo BARRETT & CURTIS (1992), sensoriamento remoto “é a ciência de observação à distância”. Isto contrasta com o sensoriamento *in situ*, onde os objetos são medidos e observados no local onde ocorrem. Em outras palavras, o sensoriamento remoto está relacionado à ausência de contacto físico entre o sensor (câmara fotográfica, satélite) e o alvo (objeto).

O princípio básico que possibilita a obtenção de informações sobre o levantamento dos recursos naturais através da tecnologia do sensoriamento remoto é fundamentado no comportamento espectral dos alvos terrestres, que é registrado por um sistema sensor. A característica espectral típica de cada alvo (água, solo, vegetação) é resultante da interação da energia eletromagnética, proveniente do sol, com as propriedades físicas e químicas inerentes aos alvos terrestres, que são registradas pelos sensores (passivos) que operam em diferentes faixas ópticas do espectro eletromagnético. As características espectrais dos alvos são registradas por diferentes sensores, em diferentes bandas ou canais, de acordo com as suas distintas configurações. (VALÉRIO FILHO, 1998).

Na visão de ANTUNES (2001), à medida que as imagens de satélite se comparam ao nível de detalhes de uma fotografia aérea, mais os produtos da aerofotogrametria e sensoriamento remoto se confundem. Contudo, o termo “Sensoriamento Remoto” refere-se, ainda, a captação, processamento e representação de imagens orbitais, apesar de abranger de forma mais ampla a aerofotogrametria.

As imagens de satélite proporcionaram um novo impulso na obtenção de dados para a área ambiental, principalmente a partir da década de

1970, com o lançamento de sensores orbitais, pancromáticos e/ou espectrais (LANDSAT, GEOS, ERDAS, SPOT, IKONOS, dentre muitos outros). As imagens produzidas pelos diferentes sensores apresentam características distintas quanto a sua resolução, o que pode ser um dos fatores determinantes da sua aplicação.

As imagens do sensor TM<sup>3</sup>, do Sistema LANDSAT, tem sido as mais utilizadas por conter informações de seis bandas espectrais ópticas com resolução espacial de até 15 metros, abrangendo as faixas espectrais ópticas do visível e infravermelho refletido, além de uma banda no infravermelho termal, de resolução espacial de 120 metros. Estas imagens são disponibilizadas na forma de bandas simples preto e branco ou de composições coloridas, quer seja em formato analógico (papel fotográfico) ou digital e são bastante úteis nos estudos de escala regional relativos à identificação, análise e interpretação de aspectos do meio físico (VEDOVELLO, 2000).

Dados os aspectos gerais considerados anteriormente, o uso do sensoriamento remoto favorece a obtenção de informações sobre o terreno, tanto sobre seus aspectos fisiográficos como em relação ao uso do solo, aspectos importantes para a seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos, objeto dessa pesquisa.

### ➤ **Aerofotogrametria**

Para o melhor entendimento dessa área de conhecimento, faz-se necessário compreender alguns fundamentos acerca do processo chamado de fotografia. O princípio da câmara escura é de tal simplicidade e eficácia que até os dias de hoje é utilizado em sua essência.

Tal simplicidade se descreve a partir de um objeto a ser fotografado e uma câmara, que se constitui em um recipiente oco com pequeno furo, com as paredes internas escuras, exceto uma, onde se encontra um dispositivo que pode ser sensibilizado pela luz, com filme para modo analógico ou matriz de CCD<sup>4</sup>, para modo digital (ANTUNES, 2000).

---

<sup>3</sup> TM – Thematic Mapper. Sensor utilizado no satélite LANDSAT, possibilita a recepção de imagens em várias bandas.

<sup>4</sup> CCD (charge-coupled device) – Dispositivo de Carga Acoplado. Sensor para a gravação de imagens formado por um circuito integrado contendo um array de pequenos diodos sensíveis a determinada radiação que convertem fótons em elétrons.

As câmaras fotogramétricas em geral são aéreas, também, podendo ser terrestres. Deve-se, porém, considerar que, para câmaras terrestres, a distância focal não é constante e os valores de profundidade de campo devem ser respeitados.

Para a aquisição de imagens fotogramétricas analógicas, usam-se as já consagradas câmaras fotogramétricas a filme, ou seja, câmaras onde há um filme no plano focal que é sensibilizado pela luz que chega até ele. O plano focal é onde se forma a imagem. Nas câmaras digitais, há uma matriz de detectores nessa região do equipamento, isto é, no lugar do filme.

Os filmes geralmente utilizados em aerofotogrametria possuem uma resolução espacial em torno de 40 linhas/mm (ou 40 lp/mm). Para um vôo na escala de 1:25.000, a resolução espacial no terreno seria igual a  $25.000$  (denominador da escala) /  $40 = 625$  mm =  $0,625$  m. Além da resolução espacial, existe a resolução radiométrica que é um fator relacionado com a capacidade de se detectar as menores variações possíveis de incidência de energia sobre o filme (ANDRADE, 1988).

Outro tipo de resolução é a espectral, que envolve o número de bandas e a espessura de cada banda que o filme é capaz de cobrir. Um filme pancromático cobre a faixa do visível, por exemplo. Um filme colorido cobre a mesma faixa, porém em três bandas diferentes: vermelho, azul e verde.

A fotogrametria digital está no cerne do tema adotado nessa pesquisa, pois grande parte das imagens adquiridas são oriundas desta técnica e possibilita a aquisição dos dados tridimensionais das feições nelas contidas. Segundo orientação de ANDRADE (1988), o método aerofotogramétrico requer que as imagens possuam áreas de superposição de, no mínimo 50%, de modo a terem seu potencial fotogramétrico plenamente aproveitado.

Alia-se a isso a necessidade de fixação de parâmetros rígidos de obtenção das mesmas, que implicarão na melhor manipulação destas a partir dos modelos matemáticos já desenvolvidos para a fotogrametria digital, cujos procedimentos elucidam os três casos mais freqüentes de obtenção de imagens fotogramétricas: terrestre, aéreo e orbital.

No método terrestre, a aquisição de imagens fotogramétricas se dá através de fototeodolitos ou de câmaras não-métricas montadas em tripés bem

fixados. A utilização da câmara métrica neste caso visa uma maior rigidez nas coordenadas de câmara, além de contar com seus parâmetros já definidos em um certificado de calibração. Entretanto, dado o fato que, em quase todos os casos, os levantamentos terrestres são realizados a partir de estações estáticas (em relação à Terra), os efeitos danosos do deslocamento da plataforma onde se instala a câmara são completamente eliminados. Assim, a utilização de câmaras não-métricas passou a ganhar grande importância, uma vez que estas são muito mais baratas e práticas (ANTUNES, 2000).

### ➤ **Cartografia Geotécnica**

Mesmo considerando todos os avanços científicos e tecnológicos produzidos pelo homem através dos tempos, é possível aceitar a idéia de que a necessidade de se conhecer as formas do mundo já vem dos ancestrais. O simples deslocamento de um ponto a outro na superfície do planeta, justifica a necessidade de se visualizar, de alguma forma, suas características físicas. É fácil imaginar alguns dos questionamentos que surgiram, como por exemplo: como orientar o deslocamento? Qual a forma do planeta? etc. (IBGE, 2005).

O conceito de cartografia tem a origem intimamente ligada às inquietações que sempre se manifestaram no ser humano, no tocante a conhecer o mundo que ele habita (IBGE, 2005).

O vocábulo “*cartografia*”, etimologicamente – descrição de cartas, foi introduzido em 1839, pelo segundo Visconde de Santarém. Em 1949 a Organização das Nações Unidas já reconhecia a importância da Cartografia através da seguinte assertiva, lavrada em Atas e Anais:

*"CARTOGRAFIA - no sentido lato da palavra não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho (ONU, 1949)."*

O processo cartográfico, partindo da coleta de dados, envolve estudo, análise, composição e representação de observações, de fatos, fenômenos e dados pertinentes a diversos campos científicos associados a superfície terrestre (IBGE, 2005).

É com base nesses argumentos que o sensoriamento remoto tem sido extensamente utilizado pelas mais diversas áreas do conhecimento (cartografia, geologia, agricultura, engenharia florestal, hidrologia, oceanografia, meteorologia, engenharia civil, etc.) como instrumento para a realização de estudos geoambientais, planejamento territorial e urbano, levantamento de recursos naturais e monitoramento do meio ambiente, dentre muitos outros.

Para fins desta pesquisa, será adotada a abordagem fisiográfica de compartimentação dos terrenos e utilizados produtos de sensoriamento remoto para a elaboração da compartimentação fisiográfica de terrenos. O princípio de análise considerou o fato de que os elementos fisiográficos interagem de maneira diferente em diferentes domínios fisiográficos, devido às variações nos fatores que regem a sua evolução, como clima, tectônica, etc. Isso faz com que esses elementos apresentem-se sob formas particulares em cada região, determinando assim diferentes paisagens. Assim, a identificação de diferentes “zonas homogêneas” na imagem corresponde à identificação de diferentes regiões do meio físico, onde ocorre uma associação determinada dos seus elementos componentes (litologia, solo, relevo, estruturas, etc) (VEDOVELLO & MATTOS, 1998).

#### **4.9. GEOPROCESSAMENTO**

O Geoprocessamento consiste no conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico e envolve várias categorias de técnicas relacionadas ao tratamento destas informações (FATORGIS, 1998).

Embora a concepção de um SIG seja de uma peça de software única, ele é composto de uma variedade de elementos distintos. Contudo, nem todos os sistemas têm todos esses elementos, mas para ser um verdadeiro SIG, um grupo essencial deve estar presente a fim de coletar, armazenar, recuperar, transformar, combinar, visualizar e plotar dados geográficos, devendo também possibilitar representações de objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (BURROUGH, 1987).

VALÉRIO FILHO (1998) destaca que estes sistemas possibilitam a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas tais como dados cartográficos, de censo, cadastro urbano e rural, imagens de sensores remotos e modelos numéricos do terreno.

Além disso, os SIG's oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algoritmos de manipulação e análise.

Pelo exposto, verifica-se que os SIG's constituem uma ferramenta poderosa no tratamento de volume significativo de dados de diversas fontes e, conseqüentemente, proporcionam os meios necessários para obtenção de informações integradas, relacionadas ao meio físico antropizado, as quais servirão de subsídios relevantes para o planejamento em nível regional. (VALÉRIO FILHO, op. cit.).

Entretanto, estes argumentos são suficientes para associar de forma intrínseca o SIG ao geoprocessamento atribuindo aos componentes geográficos o poder de consolidação da identidade.

### ➤ **Georreferenciamento**

Antes de definir tal conceito, convém explicitar o conceito mais genérico de registro. Registro é uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas planas de um determinado objeto com as coordenadas de referência. Georreferenciamento é o registro executado quando as coordenadas de referência modelam a superfície terrestre (exemplo: latitude, longitude e altitude, coordenadas UTM, etc.).

Pode-se georreferenciar vários tipos de objetos. Um exemplo é uma carta que foi digitalizada matricialmente e apresenta-se em um sistema de coordenadas plano definido pelas linhas e colunas dos pixels.

O georreferenciamento, como toda transformação, cria parâmetros que permitem, a partir da leitura das coordenadas pixel da imagem, obter as correspondentes coordenadas de terreno para aquele ponto. Vários modelos podem ser utilizados, sendo a transformação afim com parâmetros mais comuns.

Freqüentemente, o georreferenciamento é associado a uma reamostragem. Nesse ponto, basta realizar uma analogia de reamostragem com

um algoritmo que “estica” ou “encolhe” determinadas partes da imagem, a fim de tentar representá-la no mesmo sistema de projeção da base cartográfica.

Finalmente, após o que foi exposto, deve-se dizer que georreferenciamento não passa de uma adequação entre sistemas de coordenadas, e, certamente não chega aos níveis de precisão dos métodos fotogramétricos que trabalham com a reconstrução dos feixes perspectivos na tomada de cada uma das imagens. Nem por isso deixa de ter sua utilidade, pois pode ser aplicado em imagens que não possuem considerável deslocamento devido ao relevo. Além disso, é útil caso se deseje maior rapidez no processo, em detrimento da precisão final. Suas principais aplicações são na atualização cartográfica e em elaboração de mapas temáticos.

### ➤ **Avaliação Ambiental**

Proceder uma avaliação ambiental, nada mais é que conhecer as possibilidades, potencialidades e limitações inerentes ao meio ambiente delimitado em uma região. O procedimento avaliativo visa primeiramente identificar as variáveis que influenciam a conservação e degradação ambiental.

De acordo com GOMES et. ali (2001); para o caso da análise utilizar como base, a extração das variáveis através de interações com imagens, esse mesmo procedimento incluirá, obrigatoriamente, o entrecruzamento de mapas, atribuindo-se pesos e notas aos critérios e faixas de avaliação, como ilustrado na Tabela 8.

Cada um dos planos de informação (critério), extraídos dos mapas, devem ser ponderados pela utilização de pesos segundo sua importância relativa, postulando-se que o conjunto de parâmetros selecionados componha 100% da responsabilidade pela situação ambiental analisada (BROLLO, 2001). Neste sentido, os pesos atribuídos apresentam-se de maneira multidisciplinar e multicritério.

A exemplo de outros estudos, às categorias dos parâmetros técnicos e ambientais (faixas de avaliação) são atribuídas notas que variaram de 0 a 10, (como apresentado na Tabela 8) segundo a possibilidade de associação da referida classe com a ocorrência do evento estudado, distribuindo-se as notas de acordo com o grau de participação e interação no meio, observando-se que os

critérios são estabelecidos com base na literatura especializada, normas técnicas brasileiras (ABNT/NBR), estudos ambientais da realidade local, bem como em restrições legais previamente definidas (CALLADO, 2005).

**Tabela 8.** Pesos e notas atribuídos para Análise Ambiental.

<b>Critério</b>	<b>Faixa de avaliação</b>	<b>Nota</b>	<b>Peso</b>
<u>Distância de recursos hídricos</u>	≤ 200 metros	0	15 %
	200 - 500 metros	5	
	500 - 1000 metros	8	
	> 1000 metros	10	
<u>Áreas inundáveis</u>	≤ cota de cheia	0	15 %
	20% a mais	5	
	50% a mais	8	
	> 50% a mais	10	
<u>Geologia – Potencial Hídrico</u>	Alto potencial hídrico	0	15 %
	Médio potencial hídrico	4	
	Baixo potencial hídrico	8	
<u>Fauna e flora local</u>	Presença	0	10 %
	Ausência	10	
<u>Condutividade hidráulica do solo</u>	Infiltração alta : $\geq 10^{-3}$ cm/s	2	15 %
	Infiltração média : $10^{-3} - 10^{-4}$ cm/s	4	
	Infiltração baixa : $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/s	8	
	Infiltração muito baixa : $< 10^{-5}$ cm/s	10	
<u>Profundidade do lençol freático</u>	< 1 m	0	15 %
	1 - 2 m	2	
	2 - 4 m	8	
	> 4 m	10	
<u>Distância de vias</u>	≤ 100 metros	0	5 %
	100 - 500 metros	5	
	500 - 1000 metros	8	
	> 1000 metros	10	
<u>Distância aos centros urbanos</u>	100 - 250 m	2	5 %
	250 - 500 m	4	
	500 - 1000 m	6	
	1000 – 2000 m	8	
	> 2000 m; < 15000 m	10	
<u>Clinografia (Declividade)</u>	Alta: >30%	2	5 %
	Média: 20-30%	4	
	Baixa: 10-20%	6	
	Muito baixa: 3-10%	8	
	Plana: <3%	10	

Fonte: Modificado de GOMES et al., 2001.

Contudo, não se pode abandonar a idéia de que a seleção de áreas utiliza como principal ferramenta o geoprocessamento, que auxilia no discernimento das áreas, com base em imagens, ora derivadas de cartografia

temática, ora de imagens orbitais e aerolevantamentos. Assim, cada área selecionada apresentará maior ou menor aptidão de acordo com cada parâmetro, embora as ponderações aplicadas tendam a equilibrar o resultado final.

#### 4.10. LÓGICA DIFUSA (FUZZY)

A lógica ocidental tem sido binária, isto é, somente aceita declarações como falsa e verdadeira. Esse tipo de raciocínio surgiu com Aristóteles, filósofo grego (384 - 322 a.C.), fundador da ciência da lógica baseada em premissas e conclusões, onde as premissas recebiam valor verdadeiro (1) e falso (0), formando assim a lógica ocidental binária, não podendo ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa.

A Lógica Difusa (Fuzzy Logic) viola estas suposições. O conceito de dualidade, estabelecendo os opostos, fica sem sentido se comparadas às experiências humanas, fazendo a lógica difusa parecer natural, até mesmo inevitável. Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza. Esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural tem sido tratada matematicamente com o uso da teoria das probabilidades (BELCHIOR et al.; [sd])

Contudo, a Lógica Difusa, com base na teoria dos Conjuntos Nebulosos (Fuzzy Set), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades. De forma mais objetiva e preliminar, pode-se definir Lógica Difusa como sendo *“uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em uma linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação”*(ZADEH apud BELCHIOR, [sd]).

Segundo a Associação Internacional de Sistemas Fuzzy - IFSA, o precursor dessa lógica foi o professor Lofti A. Zadeh da Universidade da Califórnia em Berkeley na década de 60 e combina lógica multivalorada, teoria probabilística, inteligência artificial e redes neurais para que possa representar o pensamento humano, ou seja, ligar a lingüística e a inteligência humana a uma forma de raciocínio decisivo, pois muitos conceitos são melhores definidos pela lingüística (palavras) do que pela matemática.

O que se quer mostrar na verdade é que o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto nebuloso de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, onde o valor verdade só pode assumir duas posições: verdadeiro ou falso.

### ➤ **Abordagem e Aplicação da Lógica Difusa**

A Lógica Difusa está baseada em palavras e não em números, ou seja, os valores de operação são expressos linguisticamente, o que aproxima a solução do problema à inteligência humana. Por exemplo: *quente, muito frio, verdade, longe, perto, rápido, vagaroso, médio, etc.* Além de possuir vários modificadores de predicado, apresentados assim: *muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, etc.* Passa também por um amplo conjunto de quantificadores: *poucos, vários, em torno de, usualmente.*

Outra característica é o uso das probabilidades lingüísticas, como por exemplo: *provável e improvável*; que são interpretados como números Fuzzy e manipulados pela aritmética. Além de manusear de forma contínua todos os valores entre 0 e 1, tomando estes, como um limite apenas.

Diversas áreas estão sendo beneficiadas pela tecnologia decorrente da Lógica Difusa. Dentre essas áreas podem ser citadas algumas que tiveram relevância no avanço tecnológico e que merecem destaque.

O Controle de processos industriais foi a área pioneira, sendo as primeiras experiências datadas de 1975 quando foi demonstrado no Queen College, em Londres, que um controlador nebuloso muito simples conseguiu controlar eficientemente uma máquina a vapor. Na mesma época, a primeira aplicação industrial significativa foi desenvolvida pela indústria de cimento F.L.Smidth Corp. da Dinamarca. Hoje em dia, uma grande variedade de aplicações comerciais e industriais estão disponíveis, destacando-se neste cenário o Japão e mais recentemente, os EUA e a Alemanha. O uso e aplicação no Brasil ainda é incipiente, mas várias indústrias vêm desenvolvendo produtos e serviços utilizando essa tecnologia, tais como Villares, IBM, Klockner & Moeller, Robertshaw, Yokogawa, HI Tecnologia.

Dentre as técnicas mais comumente utilizadas, além do controle Fuzzy, pode-se destacar as redes neurais, considerada uma evolução derivada

da Lógica Difusa, que prometem ser duas das mais promissoras técnicas para o século XXI. Somente isto justificaria a apresentação deste tema que visa, a um só tempo, elucidar o que seja lógica Fuzzy e permitir que sejam vislumbradas as suas possíveis aplicações, especificamente no geoprocessamento.

### ➤ Teoria dos Conjuntos Nebulosos

O conceito formal de conjunto nebuloso, fundamentado na Lógica Difusa, foi introduzido por Lofti A. Zadeh em 1965. Na teoria clássica dos conjuntos, estes são ditos "*crisp*", de tal forma que um dado elemento do universo em discurso (domínio) pertence ou não ao referido conjunto.

Já na teoria dos conjuntos nebulosos existe um grau de pertinência de cada elemento a um determinado conjunto. Este conceito parece ser bastante natural e facilmente percebido quando se examina a lista de conjuntos abaixo:

- Conjunto dos caracteres ASCII ( **c** )
- Conjunto dos clientes com alta renda ( **f** )

Existe claramente uma diferença fundamental entre o conjunto marcado com "**c**" e o conjunto marcado com "**f**". Por exemplo, apresentado um carácter pode-se afirmar sem nenhuma discussão ou dúvida, se esse carácter pertence ou não ao conjunto dos caracteres ASCII. Esta questão não é tão simples quando se lida, por exemplo, com o conjunto dos clientes com alta renda.

Um conjunto nebuloso **A** definido no universo de discurso **U** é caracterizado por uma função de pertinência  $\mu_A$ , a qual mapeia os elementos de **U** para o intervalo **[0 , 1]**.  
Daí tem-se:  $\mu_A:U \Rightarrow [0 , 1]$

Desta forma, a função de pertinência associa cada elemento "**x**" pertencente a "**U**" um número real  $\mu_A(x)$  no intervalo **[0 , 1]**, que representa o grau de possibilidade de que o elemento "**x**" venha a pertencer ao conjunto "**A**", isto é, o quanto é possível para o elemento "**x**" pertencer ao conjunto "**A**".

Um conceito relacionado com conjuntos nebulosos é o de variável lingüística, onde esta pode assumir um valor lingüístico dentre vários outros em um conjunto de termos lingüísticos.

Formalmente, uma variável lingüística é caracterizada pela quintupla  $\{X, T(x), U, G, M\}$ , onde “X” é o nome do conjunto de termos, “U” o universo de discurso, “G” uma gramática para gerar os termos “T(x)”, e “M” o significado dos termos lingüísticos, representado através de conjuntos nebulosos.

#### 4.10.1. USO DO SISTEMA NEBULOSO

Trabalhar com números nebulosos é adentrar em um universo novo e ao mesmo tempo muito conhecido, pois estes expressam grande proximidade da linguagem cotidiana. Portanto, se faz necessário saber como transformar as variáveis lingüísticas em valores que possam ser utilizadas nas regras de inferência e funções de pertinência.

Os sistemas *FUZZY*, também chamados de nebulosos, são baseados em regras que traduzem conceitos qualitativos, noções vagas e imprecisas do mundo real. Todavia, esses conjuntos também são passíveis de aplicação de inferência, conseqüente do raciocínio aproximado de funções e sistemas lineares.

A aplicação de um sistema nebuloso requer um modelo especializado. No entanto, este deve seguir genericamente o modelo apresentado na Figura 1. Nesse modelo, tem-se etapas perfeitamente definidas que formam o escopo do processo de julgamento por lógica *FUZZY*.

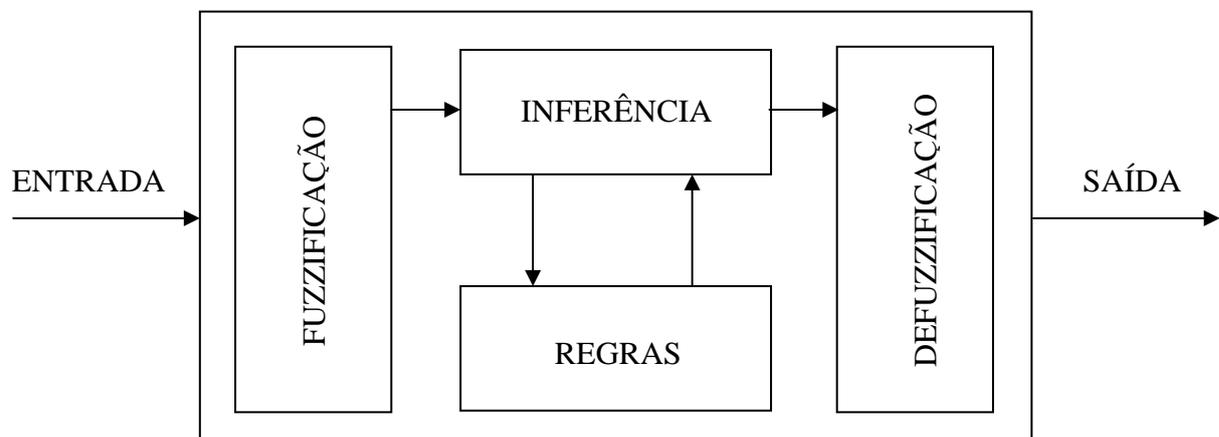


Figura 1. Estrutura de um sistema nebuloso.

#### 4.10.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO (MÁQUINA FUZZY)

O processo de aplicação da lógica *FUZZY* inicia-se com a definição das variáveis de entrada, as quais devem ser de natureza qualitativa e/ou quantitativa.

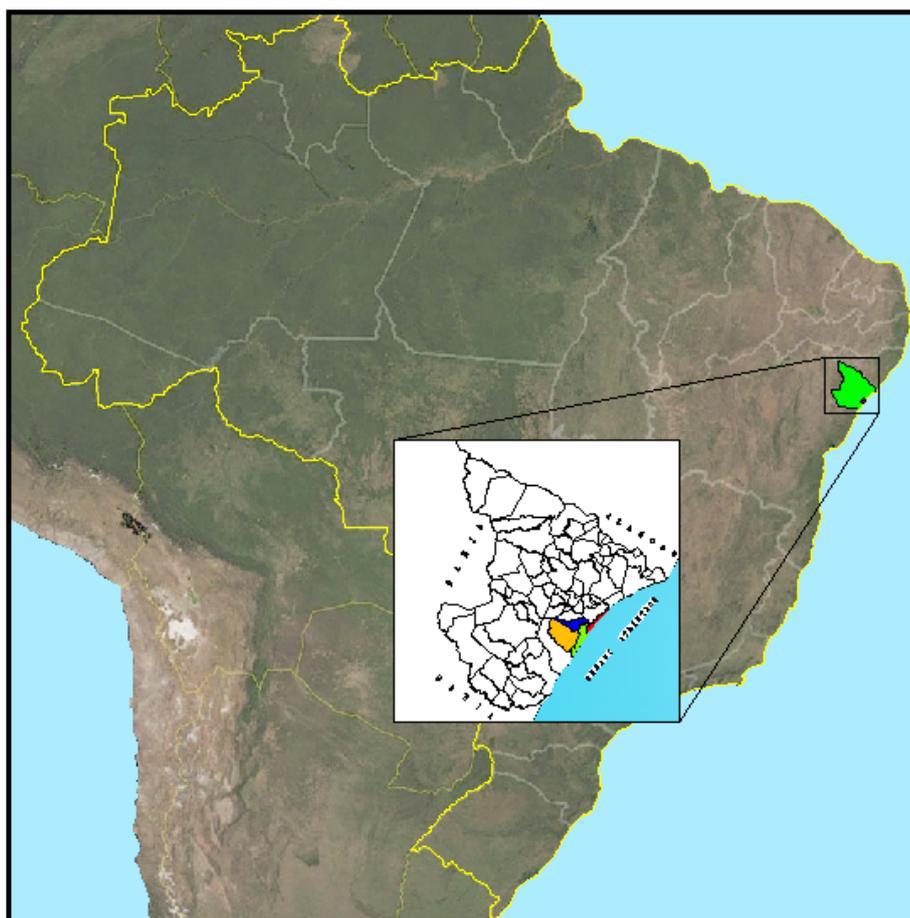
As qualitativas devem representar valores obtidos por conhecimento de especialistas, enquanto que as quantitativas assumem valores obtidos das leis, normas e manuais técnicos. Na prática, ao se aplicar esse tipo de lógica para se resolver um problema, após extrair as variáveis, as de natureza qualitativa são diretamente submetidas, enquanto que as quantitativas sofrem o processo de fuzzificação. Este consiste em transformar uma informação quantitativa em qualitativa de acordo com o grau de pertinência.

Pela seqüência apresentada na Figura 1, após a fuzzificação aplica-se a inferência, onde se estabelecem as relações entre as variáveis, e, somente então, aplica-se o conjunto de regras criadas com a finalidade de resolver o problema que está associado a um determinado contexto.

Uma vez todas as variáveis submetidas às regras de inferência, deve-se fazer então a defuzzificação, que é a reversão dos valores lingüísticos qualitativos em valores numéricos, obtendo-se as variáveis de saída. No caso desta dissertação as variáveis de saída são tratadas de modo clássico para a hierarquização das áreas selecionadas face a destinação final dos resíduos sólidos.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo a SEPLAN (2004), Sergipe possui 22.050,30 Km<sup>2</sup> de território, e uma população de 1.784.475 habitantes, o que resulta numa densidade demográfica de 81,44 hab/Km<sup>2</sup>, limitando-se ao Norte com Alagoas, ao Sul e Oeste com a Bahia e ao Leste com o Oceano Atlântico. Já a região metropolitana de Aracaju ainda encontra-se indefinida formalmente, contudo o governo do estado de Sergipe, através da Secretaria Estadual de Planejamento, já iniciou uma definição territorial e está elaborando um diagnóstico com pretensão de definir e formalizar a região metropolitana de Aracaju, onde almeja classificar 9 (nove) municípios como sendo da Grande Aracaju. Como ainda não existe definição formal, o presente trabalho considera apenas 4 (quatro) municípios como região metropolitana, seguindo o critério da classificação das Microrregiões definidas pelo IBGE. A Figura 2 ilustra os municípios considerados.



**Figura 2.** Abrangência da área de estudo.

De forma geral, essa pesquisa tem como foco principal as áreas dos municípios de Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão e Barra dos Coqueiros, nesse momento considerados como Grande Aracaju.

Localizada na faixa litorânea do estado de Sergipe, a Grande Aracaju encontra-se inserida na Mesorregião Centro-Leste e está fixada pelas coordenadas UTM 734652 e 8811726 ao norte, limitando-se com o município de Santo Amaro das Brotas; 701697 e 8765478 ao sul, limitando-se com o município de Itaporanga D'Ajuda; 714966 e 8786750 ao leste, limitando-se com o oceano Atlântico e 683870 e 8802155 ao oeste, com o município de Laranjeiras.

A região ocupa uma área de 859,3 Km<sup>2</sup>, representando 3,9% de todo o estado, a altimetria varia entre 0m e 15m na planície litorânea, 15 m e 30 m nas encostas, 30 m e 50 m nas regiões de tabuleiros e 80m no topo das maiores elevações. Sua população está estimada em 783.186 habitantes, concentrando 38,72% da população estadual e apresenta uma densidade demográfica da ordem de 902 hab/Km<sup>2</sup>.

Os principais acessos são por rodovias federais e estaduais, todas pavimentadas. Possui também grandes áreas de adensamento populacional, principalmente em Aracaju, tomada por arranha-céus, e em Nossa Senhora do Socorro, com seus conjuntos habitacionais de vasta extensão.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, através dos censos e contagens populacionais os municípios da Grande Aracaju apresentam os dados de crescimento populacional conforme a Tabela 9.

**Tabela 9.** Evolução populacional para os municípios da Grande Aracaju.

ANO	POPULAÇÕES (habitantes)			
	ARACAJU	N. Sra. do SOCORRO	SÃO CRISTÓVÃO	BARRA DOS COQUEIROS
1970	183.670	9.346	20.409	5.568
1980	293.119	13.710	24.129	7.952
1991	402.341	67.574	47.558	12.727
1996	425.726	105.346	57.358	15.920
2000	461.534	131.679	64.647	17.807
2005	498.619	171.841	75.353	20.990
2006	505.286	179.060	77.278	21.562

Fonte: IBGE, 2006.

Conforme os dados da Empresa de Serviços Urbanos de Aracaju – EMSURB, da Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA, da Secretaria Estadual de Infra-estrutura – SEINFRA e das Secretarias de Obras dos municípios envolvidos, bem como de seus principais colaboradores, a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos (RSU) da região metropolitana, tem apresentado crescimento moderado, como mostra os dados da Tabela 10.

**Tabela 10.** Geração *per capita* de RSU na região metropolitana de Aracaju.

<b>ANO</b>	<b>ARACAJU</b> Kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	<b>BARRA DOS</b> <b>COQUEIROS</b> Kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	<b>N. Sra. do</b> <b>SOCORRO</b> Kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	<b>SÃO</b> <b>CRISTÓVÃO</b> Kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>
2001	0,696	0,616	0,693	0,594
2002	0,700	0,630	0,699	0,597
2003	0,709	0,635	0,701	0,605
2004	0,716	0,650	0,706	0,613
2005	0,720	0,652	0,716	0,618

Fonte: EMSURB (2006), ADEMA (2004), SEINFRA (2004), TORRE EMPREENDIMENTOS (2006).

Isto posto, vê-se claramente que a geração de resíduos na região metropolitana de Aracaju, não difere das tendências mundiais e nacional, onde se coloca o fator sócio-econômico como preponderante à produção de lixo urbano.

De acordo com o relatório apresentado em 2006, sobre a caracterização dos resíduos sólidos da Grande Aracaju, a Empresa de Serviços Urbanos de Aracaju – EMSURB, juntamente com a Torre Empreendimentos, demonstram a composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares e de Varrição – RSDV, exposto na Tabela 11.

**Tabela 11.** Composição dos RSDV da região metropolitana de Aracaju(% em peso).

<b>TIPO DE RESÍDUO</b>	<b>ARACAJU</b>	<b>N. Sra. do</b> <b>SOCORRO</b>	<b>SÃO</b> <b>CRISTÓVÃO</b>	<b>BARRA DOS</b> <b>COQUEIROS</b>
Matéria Orgânica	52,47	45,30	61,70	48,95
Metal	2,13	0,63	0,90	1,24
Plástico	15,66	9,12	9,98	10,43
Vidro	0,56	0,33	1,38	2,26
Papel	21,01	2,60	12,57	16,15
Inertes	0,97	1,42	1,68	1,86
Outros	7,20	40,60	11,79	19,11

Fonte: EMSURB (2006), ADEMA (2004), SEINFRA (2004), TORRE EMPREENDIMENTOS (2006).

Nestas condições, é notório que uma grande parcela dos resíduos é de origem orgânica, restando menos da metade com alguma possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem. Isso se dá principalmente devido a restos de alimentos que são desperdiçados, uma vez que estes são oriundos de domicílios e de varrição, fator inerente à cultura brasileira.

Contudo, além dos aspectos até aqui apresentados para a região, torna-se imperativo o conhecimento mais aprofundado de cada município que a compõe, avaliando-se elementos como: evolução do PIB municipal, crescimento da quantidade coletada de lixo domiciliar *per capita*, e composição gravimétrica dos resíduos produzidos. Visto que, quando se trata da geração de resíduos sólidos, conhecer o perfil sócio-econômico da região estudada é mandatório, pois quanto mais desenvolvida for a população, tende-se a aumentar a cultura do descarte, e, conseqüentemente os volumes de lixo produzidos (CALLADO, 2005).

### 5.1. ARACAJU

Aracaju fica posicionada nas coordenadas geográficas  $10^{\circ} 54' 15''$  latitude Sul e  $37^{\circ} 02' 40''$  longitude Oeste, possui uma altitude média de 2 m acima do nível do mar, seu território abrange  $181,8 \text{ Km}^2$  integrando 0,82% do território estadual, seus municípios limítrofes são: São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro, Santo Amaro da Brotas e Barra dos Coqueiros, limitando-se também com o Oceano Atlântico, como ilustrado na Figura 3.

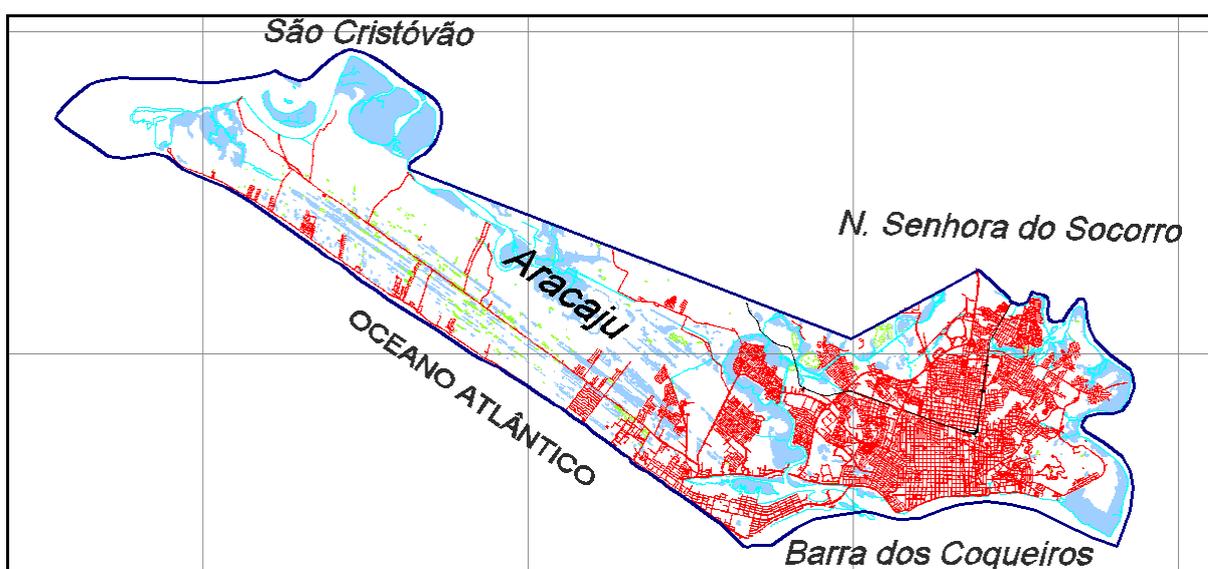


Figura 3. Mapa ilustrativo do município de Aracaju.

O município de Aracaju está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Sergipe e Vaza Barris, tendo como principais contribuições hídricas superficiais: o Rio Santa Maria, o Rio Pitanga, o Riacho da Samambaia, o Rio Poxim, o Riacho do Cabral e o Rio do Sal. Contém áreas de preservação e conservação ambiental que são: mangues e restingas, APA do Morro do Urubú, bem como espaços ambientais juridicamente protegidos para uso público. Sua densidade demográfica é de 2.538 hab/Km<sup>2</sup> arranjada em 116.686 domicílios que acolhe uma população de 505.286 habitantes.

Possui clima tropical úmido com precipitação anual média de 1.590mm, temperatura variando em torno de 26<sup>0</sup>C e período chuvoso de março a agosto. Seu solo está distribuído em indiscriminados de mangue, podzol, arenoquartzosos marinhos e podzólico vermelho amarelo.

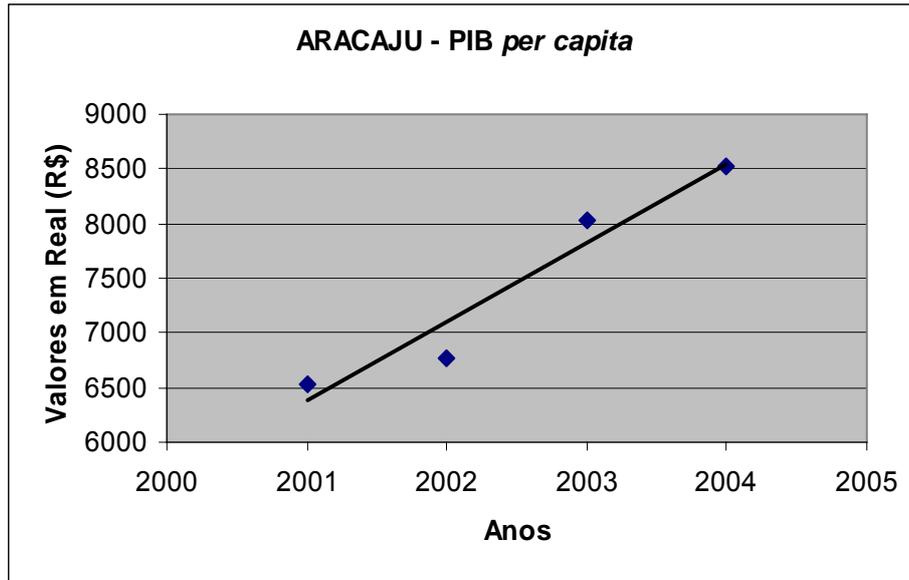
São encontradas em Aracaju ocorrências minerais do tipo: petróleo, calcário, argila, sais de potássio, magnésio, salgema, areia e granito. A vegetação está compreendida entre campos limpos e sujos e vegetação higrófila (campos de várzeas e manguezais).

No que diz respeito à saúde, possui 7 hospitais, 44 postos de saúde e 95 outros estabelecimentos afins, como clínicas e laboratórios.

No quesito educação, são 154 estabelecimentos de ensino voltados à educação infantil, 180 voltados ao ensino fundamental e 53 ao ensino médio, garantindo-lhe uma taxa de alfabetização de 90,5% para a população acima de 10 anos de idade.

O município de Aracaju arrecadou, no ano de 2006, com ICMS, 640,99 milhões de reais, e do FPM, recebeu 55,01 milhões de reais, valores que somados à receita própria e *royalty*, colocam-no como município de maior arrecadação do Estado.

Com relação ao Produto Interno Bruto – PIB, segundo dados do IBGE, de 2001 a 2004 o Produto Interno Bruto no município de Aracaju cresceu em média 7,59% ao ano, como pode ser observado na Figura 4, enquanto que a geração *per capita* de lixo cresceu 2,87%, indicativo de que o PIB, reflete diretamente na geração de resíduos.

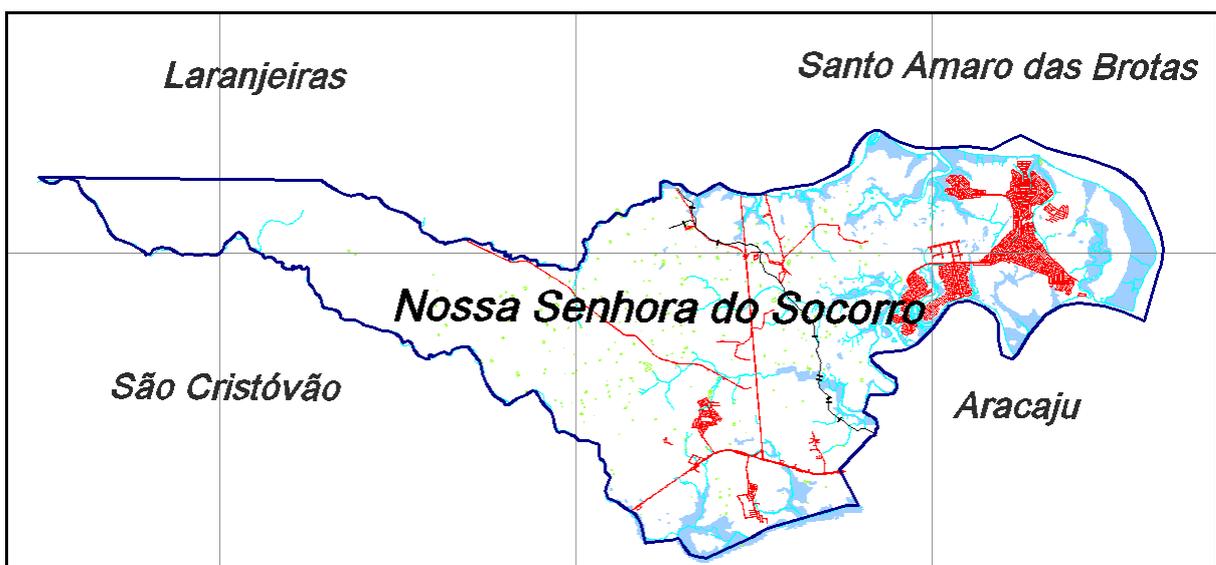


**Figura 4.** Crescimento anual do Produto Interno Bruto – PIB de Aracaju.

Fonte: IBGE, 2006.

## 5.2. NOSSA SENHORA DO SOCORRO

Geograficamente, o município de Nossa Senhora do Socorro fica posicionado nas coordenadas:  $10^{\circ} 51' 13''$  latitude Sul e  $37^{\circ} 07' 30''$  longitude Oeste, possui uma altitude média de 36m acima do nível do mar, seu território abrange  $157,2 \text{ Km}^2$  integrando 0,71% do território estadual, seus municípios limítrofes são: São Cristóvão, Laranjeiras, Santo Amaro da Brotas e Aracaju, distanciando-se, por rodovia, apenas 13 Km da capital.



**Figura 5.** Mapa ilustrativo do município de Nossa Senhora do Socorro.

O clima apresenta-se como tropical úmido com precipitação anual média de 1.689mm, temperatura média anual de 25,2<sup>o</sup>C e período chuvoso de março a agosto. Seu solo está distribuído em podzólico vermelho amarelo, podzol e gray pouco úmido.

São encontradas em Nossa Senhora do Socorro, ocorrências minerais do tipo: calcário, argila, sais de potássio, magnésio, salgema e areia. A vegetação está compreendida entre campos limpos e sujos e vestígios de mata.

Nossa Senhora do Socorro está inserido na bacia hidrográfica do rio Sergipe, tendo como principais contribuições hídricas superficiais: o Rio Cotinguiba, o Riacho Buti, o Rio Poxim e Poxim Mirim. Contém áreas de preservação e conservação ambiental que são: mangues e restingas. Sua densidade demográfica é de 837 hab/Km<sup>2</sup> arranjada em 32.651 domicílios que acolhe uma população de 179.060 habitantes.

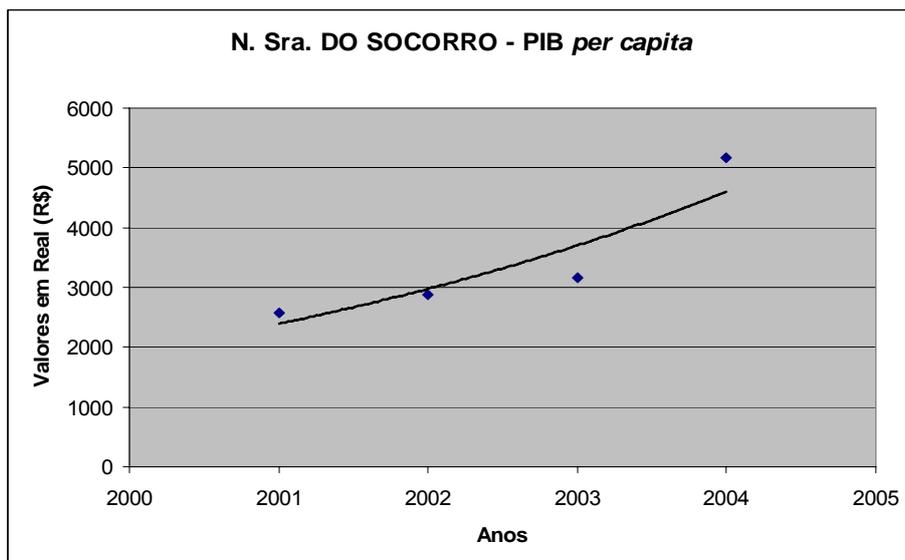
Na saúde, são 2 hospitais, 5 postos de saúde e 18 outros estabelecimentos afins, como clínicas e laboratórios.

Sua infra-estrutura educacional está distribuída da seguinte forma: 41 estabelecimentos de ensino infantil, 58 de ensino fundamental e 8 de ensino médio, e taxa de alfabetização de 86,2% para pessoas acima de 10 anos.

Nossa Senhora do Socorro arrecadou 108,98 milhões de reais no ano de 2006, total que o coloca como uma das maiores arrecadações municipais do estado de Sergipe, excluindo-se obviamente a capital.

No município de Nossa Senhora do Socorro, os dados do IBGE conjuntamente com dados da ADEMA, SEINFRA e das Secretarias de Obras do município, apontam para um crescimento do PIB da ordem de 25,14% ao ano, considerado acentuado para uma média estadual de 12,94% ao ano, como ilustrado na Figura 6.

De forma mais moderada, segundo dados fornecido pela Secretaria de Obras de Nossa Senhora do Socorro, as quantidades de lixo coletadas no município continuam crescendo, só que à taxa de 1,88% não refletindo a taxa de geração de RSDV *per capita*.



**Figura 6.** Crescimento anual do PIB no município de Nossa Sra do Socorro.

Fonte: IBGE, 2006.

Tal crescimento do PIB atribui-se a uma política pública de incentivo à implantação de novas indústrias, a revitalização do parque industrial e investimentos em infra-estrutura no município, atraindo capital para o setor e provocando reflexo diretamente no PIB de 2004.

### 5.3. SÃO CRISTÓVÃO

O município de São Cristóvão fica posicionado nas coordenadas geográficas 11<sup>o</sup> 01' 03" latitude Sul e 37<sup>o</sup> 12' 00" longitude Oeste, possui uma altitude média de 47m acima do nível do mar, seu território abrange 432,4 Km<sup>2</sup> integrando 1,96% do território estadual, seus municípios limítrofes são: Itaporanga D'Ajuda, Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, distanciando-se, por rodovia, apenas 17Km da capital.

Possui clima tropical úmido com precipitação anual média de 1.331mm, temperatura variando em torno de 25<sup>o</sup>C e período chuvoso de março a agosto. Seu solo está distribuído em indiscriminados de mangue, aluviais distróficos e eutróficos, gray pouco úmido e podzol.

São encontradas em São Cristóvão ocorrências minerais do tipo: petróleo, água mineral e areias quartzosas marinhas. A vegetação está compreendida entre capoeira, mata e vegetação higrófila.



**Figura 7.** Mapa ilustrativo do município de São Cristóvão.

O município de São Cristóvão está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Sergipe e Vaza Barris, tendo como principais contribuições: o Rio Santa Maria, o Rio Pitanga, o Rio Comprido, o Rio Paramopama, o Riacho Pindoba, o Riacho do Timbó, o Rio Poxim Açú e Poxim. Contém manguesais classificados como áreas de preservação e conservação ambiental. Sua densidade demográfica é de 149 hab/Km<sup>2</sup> arranjada em 15.830 domicílios acolhendo uma população de 77.278 habitantes.

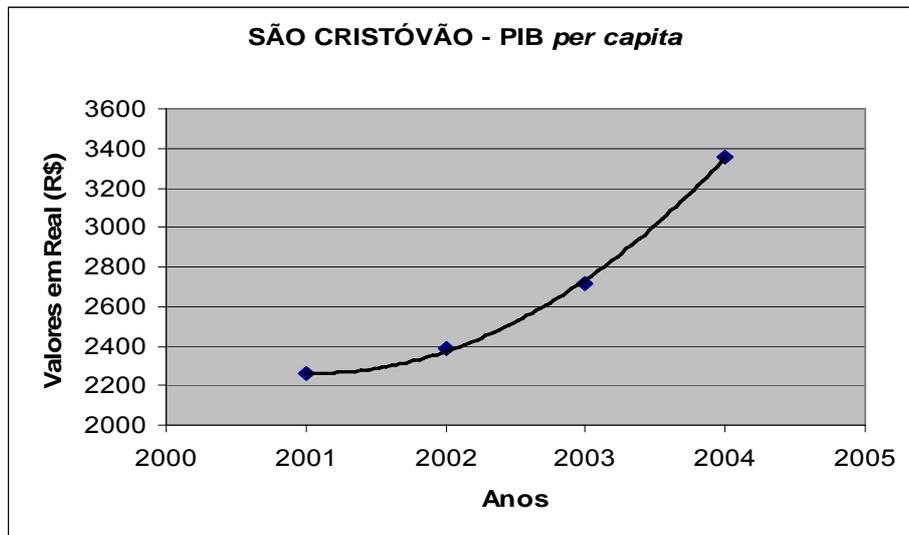
O município de São Cristóvão arrecadou, 14,59 milhões de reais no ano de 2006, recursos estes, aplicados em sua estrutura municipal, a saber:

No que diz respeito à saúde, possui 1 hospital, 4 postos de saúde e 8 outros estabelecimentos afins, como clínicas e laboratórios.

No quesito educação, são 38 estabelecimentos de ensino voltados à educação infantil, 54 voltados ao ensino fundamental e 6 ao ensino médio, garantindo-lhe uma taxa de alfabetização de 82,6% para a população acima de 10 anos de idade.

Conforme dados apresentados pela Secretaria Estadual de Infraestrutura do Estado de Sergipe, pela ADEMA, pelo IBGE e pela Secretaria de Obras do Município de São Cristóvão, verificou-se um crescimento médio do PIB, no período de 2001 a 2004, de 12,18% ao ano (Figura 8), acompanhando a média

estadual que foi de 12,94% ao ano, enquanto que a geração *per capita* de lixo cresceu 3,20%, indicando a interferência do PIB na geração de resíduos.

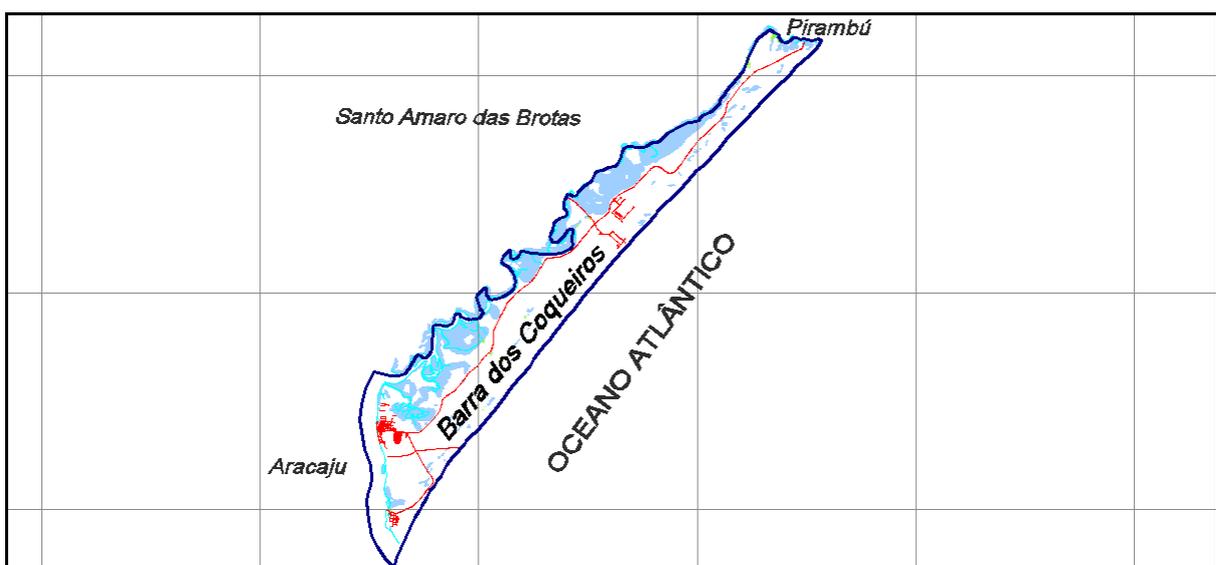


**Figura 8.** Crescimento PIB no município de São Cristóvão.

Fonte: IBGE, 2006.

#### 5.4. BARRA DOS COQUEIROS

Geograficamente, Barra dos Coqueiros fica posicionada nas coordenadas:  $10^{\circ} 54' 32''$  latitude Sul e  $37^{\circ} 01' 55''$  longitude Oeste, possui uma altitude média de 8m acima do nível do mar, seu território abrange 87,9 Km<sup>2</sup> integrando 0,40% do território estadual, seus municípios limítrofes são: Pirambú, Santo Amaro das Brotas e Aracaju, limitando-se também com o Oceano Atlântico, como ilustrado na Figura 9.



**Figura 9.** Mapa ilustrativo do município de Barra dos Coqueiros.

Possui clima tropical úmido com precipitação anual média de 1.590mm, temperatura média anual de 26<sup>0</sup>C e período chuvoso de março a agosto. Seu solo está distribuído em indiscriminados de mangue, podzol e arenoquartzosos marinhos.

A vegetação está compreendida entre campos limpos e sujos e vegetação higrófila.

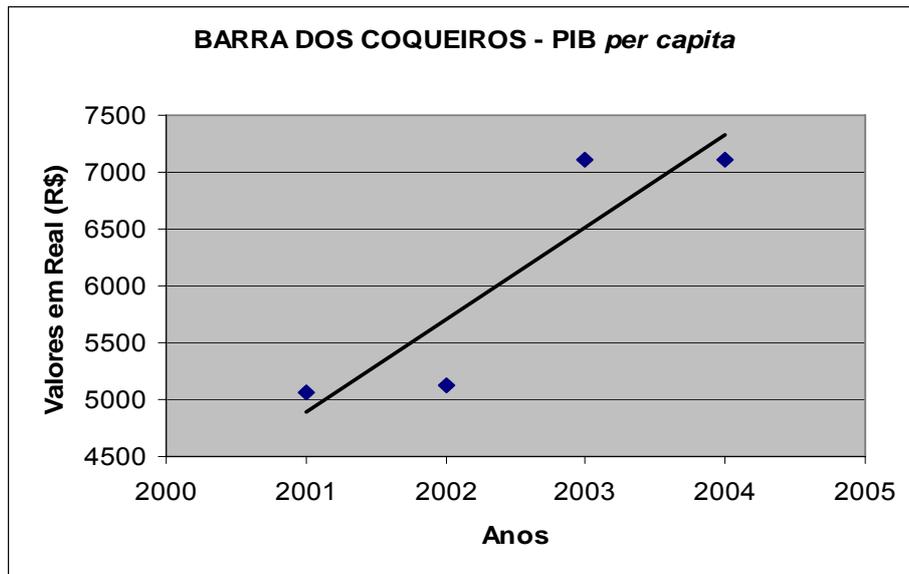
Barra dos Coqueiros está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Sergipe e Japarutuba, tendo como principais contribuições: o Rio Pomonga, o Canal de São Sebastião e o Rio Japarutuba. Contém áreas de preservação e conservação ambiental que são: mangues e restingas. Sua densidade demográfica é de 202 hab/Km<sup>2</sup> arranjada em 4.360 domicílios que acolhe uma população de 21.562 habitantes.

Barra dos Coqueiros arrecadou 9,46 milhões de reais no ano de 2006, somando FPM, ICMS, receita própria e *royalty*, dado coletado junto à Secretaria de Finanças desse município.

Na saúde, conta apenas com 2 postos de saúde e 5 outros estabelecimentos afins, como clínicas e laboratórios, fato que se justifica pela proximidade com que se localiza, em relação à cidade de Aracaju, apenas 1Km, com o advento da construção da nova ponte, interligando os municípios.

Sua estrutura educacional, acolhe um alunado de cerca de 5,5 mil jovens e está distribuída da seguinte forma: 13 estabelecimentos de ensino infantil, 16 de ensino fundamental e 1 de ensino médio, com taxa de alfabetização de 81,1% para pessoas acima de 10 anos de idade.

Com relação ao PIB deste município, notou-se um crescimento mais acentuado entre os anos de 2002 a 2003, como pode ser observado na Figura 10. Este fato pode ser explicado por uma mudança de metodologia, no cálculo do pagamento de *royalty*, por parte da Agencia Nacional de Petróleo – ANP. Com isso, a Petrobrás, empresa que explora hidrocarbonetos e possui plataformas marítimas instaladas na faixa de domínio do município, aumentou consideravelmente o repasse de verbas, impactando diretamente no Produto Interno Bruto municipal, índice que foi normalizado nos anos seguintes, segundo dados da Secretaria de Finanças de Barra dos Coqueiros (2006).



**Figura 10.** Crescimento PIB no município de Barra dos Coqueiros.  
Fonte: IBGE, 2006.

De forma análoga aos outros municípios, os dados apontaram para um crescimento médio do PIB, no período de 2001 a 2004, de 10,09% ao ano, enquanto que a geração *per capita* de lixo cresceu 5,52%, sugerindo mais uma vez uma relação entre o PIB e a geração de resíduos sólidos.

## 6. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada, que gera conhecimentos para uma aplicação prática, dirigidos à solução do problema específico: localização do aterro sanitário. O desenvolvimento desse trabalho adotou as seguintes etapas: estimativa da geração de lixo na grande Aracaju, estimativa do tamanho da área para destinação final dos resíduos sólidos; e seleção de macro-áreas com potencial de receber este empreendimento.

Para a Grande Aracaju, os dados adotados foram fornecidos pelas Secretarias de Obras de cada município que compõe a região metropolitana, onde o relatório apresentado em 2006, sobre a caracterização dos resíduos sólidos gerados na Grande Aracaju, elaborado pela Empresa de Serviços Urbanos de Aracaju – EMSURB e pela Torre Empreendimentos, juntamente com dados populacionais do IBGE, forneceram os subsídios necessários para o êxito dessa pesquisa.

### 6.1. GERAÇÃO DE LIXO NA GRANDE ARACAJU

Inicialmente foi adotado o período de 20 anos como horizonte de projeto, entretanto para melhor análise do plano, coube ao longo do mesmo, a realização de uma avaliação intermediária para um período de 15 anos, e, discretamente para cada município. De modo que, foi levado em consideração a geração *per capita* de lixo, a composição gravimétrica do mesmo e também a evolução populacional da localidade.

A estimativa da quantidade de resíduos gerados ao longo dos anos baseou-se no crescimento populacional, na geração *per capita* e composição gravimétrica dos diferentes tipos de resíduos (domiciliar, comercial, podas, varrição, capina, etc.) da Grande Aracaju que, como descrito anteriormente envolve os municípios de Aracaju, Nossa senhora do Socorro, Barra dos Coqueiros e São Cristóvão.

O crescimento populacional foi projetado a partir do levantamento junto ao censo do IBGE (2006), relativos aos anos de 1970, 1980, 1991, 1996, 2000 e 2006. Aos dados de cada município foi aplicado um estudo estatístico baseado no princípio dos mínimos quadrados, determinando-se as equações das

curvas de crescimento e calculando-se o coeficiente de correlação linear para verificar o ajuste.

De forma semelhante ao crescimento populacional, a geração *per capita* anual de lixo foi projetada a partir do levantamento de dados junto a EMSURB, conjuntamente com a ADEMA, a SEINFRA e as Secretarias de Obras dos municípios, relativos aos anos de 2001, 2002, 2003 e 2004. Aos dados de cada município foi aplicado um estudo estatístico baseado no princípio dos mínimos quadrados, determinando-se as equações das curvas de crescimento e calculando-se o coeficiente de correlação linear para verificar o ajuste.

Para se obter a massa bruta de lixo gerada a cada ano, foi aplicada a equação 1, e considerando-se uma eficiência na coleta dos RSDV que aproxima-se de 100%.

$$RSDV_i = P_i \cdot C_{RSi} \cdot EC \cdot 365/1000 \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

$RSDV_i$  = massa de resíduo coletado no ano “ $i$ ”, em ton/ano;

$P_i$  = população no ano “ $i$ ”;

$C_{RSi}$  = coeficiente de geração *per capita* de RSDV no ano “ $i$ ”, em kg/hab.dia;

$EC$  = eficiência da coleta.

A partir desse ponto, pode-se então determinar os quantitativos da geração de resíduos sólidos para cada município abordado, bem como para toda a região metropolitana de Aracaju, ao longo de 15 e 20 anos respectivamente.

## 6.2. TAMANHO DA ÁREA PARA DESTINAÇÃO FINAL

Para se obter uma estimativa dos volumes e áreas do futuro aterro metropolitano da Grande Aracaju, consideraram-se os programas de reciclagem já implementados e também os que serão futuramente efetivados, uma vez que esse material não será enterrado. Foram considerados resíduos potencialmente recicláveis apenas o vidro, plástico, metal, papel e os inertes avaliados como efetivamente reciclados, deixando a matéria orgânica e outros fora do processo.

Dessa forma, para chegar aos montantes de resíduos reciclados, adotou-se os dados percentuais de geração de lixo potencialmente reciclado fornecidos pela EMSURB (2006) (Tabela 11) para cada município, e ajustados para o horizonte de projeto com crescimento de 1% ao ano. Assim a massa de lixo potencialmente reciclado a cada ano, foi calculada pela equação 2.

$$RR_i = RSDV_i \times C_{RRi} \quad (\text{eq. 2})$$

onde:

$RR_i$  = massa efetiva de recicláveis no ano “ $i$ ”, em ton/ano;

$RSDV_i$  = massa de resíduo coletado no ano “ $i$ ”, em ton/ano;

$C_{RRi}$  = coeficiente de geração efetiva de recicláveis no ano “ $i$ ”, %.

A massa anual de lixo, em peso, depositado no aterro, foi então calculada como mostrado na equação 3.

$$M_{RSDV} = RSDV_i - RR_i \quad (\text{eq. 3})$$

onde:

$M_{RSDV}$  = massa de lixo que vai para o aterro no ano “ $i$ ”, ton/ano

$RSDV_i$  = massa de lixo domiciliar e de varrição no ano “ $i$ ”, ton/ano

$RR_i$  = quantidade efetiva de recicláveis no ano “ $i$ ”, ton/ano

O volume final do aterro foi o somatório da massa anual dividido pelo peso específico do lixo compactado, somado ao volume de terra necessário ao recobrimento do lixo durante a operação de recobrimento, como apresentado na equação 4.

$$V_{RSDV} = (M_{RSDV}/D_{RS}) + V_{COB} \quad (\text{eq. 4})$$

onde:

$V_{RSDV}$  = volume do resíduo no aterro sanitário, em m<sup>3</sup>;

$M_{RSDV}$  = massa do resíduo disposto, em ton;

$D_{RS}$  = peso específico do resíduo sólido, em ton/m<sup>3</sup>;

$V_{COB}$  = volume do recobrimento da célula, em m<sup>3</sup>.

Como as células do aterro serão cobertas com solo ao final de cada jornada de trabalho, considerou-se um acréscimo de 30% no volume total, e densidade do lixo compactado de 0,8 ton/m<sup>3</sup> (FEAM, 2005).

A área a ser ocupada pelo lixo enterrado foi calculada dividindo-se o volume do aterro pela altura de trinta metros para o condicionamento das células. Contudo, essa área não será suficiente para acolher o aterro metropolitano de Aracaju, pois se faz necessário uma infra-estrutura adequada ao seu funcionamento. A área total utilizada pela unidade integrada de destinação final de resíduos sólidos para a Grande Aracaju, levou em conta a implantação do aterro (área a ser ocupada pelo lixo enterrado), adicionada a área de infra-estrutura básica, tais como:

- Área verde e vias de acesso circundando o aterro;
- Instalações de apoio, como portaria, administração, balança, almoxarifado, WCs;
- Galpão para abrigo dos equipamentos;
- Estação de tratamento de chorume;
- Pátio de estocagem e compostagem;
- Área livre e queimadores (Flair);
- Valas sépticas para animais mortos.
- Valas sépticas para resíduos de saúde.

Conforme análise estabelecida em projetos de aterros sanitários, constatou-se a necessidade de acréscimo de 50% da área de disposição para essa finalidade. Assim pela equação 5, foi possível se obter a área necessária ao aterro sanitário que comporte os RSDV da região metropolitana de Aracaju, ao longo de 15 e 20 anos.

$$A_t = \left( \frac{V_{RSDV}}{h} \right) + A_{IE} \quad (\text{eq. 5})$$

onde:

$A_t$  = área do aterro sanitário;

$V_{RSDV}$  = volume do resíduo no aterro sanitário;

$h$  = altura média do aterro sanitário;

$A_{IE}$  = área da infra-estrutura do aterro sanitário.

### **6.3. SELEÇÃO DE ÁREAS**

A seleção de áreas para implantação da unidade integrada de destinação final de resíduos sólidos foi desenvolvida em sete etapas: coleta de dados, definição de critérios e diretrizes, preparação dos mapas temáticos, aplicação de pesos e notas aos temas selecionados, seleção de macro-áreas, seleção de áreas, e hierarquização das áreas (aplicação da lógica fuzzy).

#### **6.3.1. COLETA DE DADOS**

A coleta de dados levou em conta a legislação aplicada a todos os municípios da grande Aracaju, seja na esfera Federal, Estadual ou Municipal; tendo como suporte, instituições ligadas a esta área de conhecimento, tais como: Secretaria Municipal de Planejamento – SEPLAN; Empresa Municipal de Serviços Urbanos – EMSURB; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA; Departamento de Estradas de Rodagem – DER; Secretaria de Planejamento do Estado de Sergipe – SEPLAN; INFRAERO; da literatura específica e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), além de consultas a outros trabalhos nessa mesma linha.

#### **6.3.2. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E DIRETRIZES**

Foram estabelecidos dois tipos de critérios, os de ordem legal e outras restrições; e os de ordem ambiental, gerando-se mapas que representam fisiograficamente os temas escolhidos.

### **6.3.2.1. CRITÉRIOS DE ORDEM LEGAL E OUTRAS RESTRIÇÕES.**

Como critérios de ordem legal, técnica e de outras restrições, trabalhou-se com Área de Segurança Aeroportuária (ASA), áreas de proteção ambiental (APA), zonas de expansão urbana, as áreas de interesse turístico, e os centros de massa de coleta de resíduos sólidos (CMRS).

#### **Área de Segurança Aeroportuária**

O estudo da ASA foi baseado principalmente pela Resolução do CONAMA 004/95 que trata dos aeródromos e estabelece as seguintes recomendações:

Art. 1º São consideradas Áreas de Segurança Aeroportuária – ASA, as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do “centro geométrico do aeródromo”, de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I – raio de 20 Km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e

II – raio de 13 Km para os demais aeródromos.

Parágrafo único. No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividade de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros”, como por exemplo, matadouros, curtumes, vazadouros de lixo (lixões), culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

Art. 4º De acordo com as características especiais de um determinado aeródromo a área da ASA poderá ser alterada pela autoridade aeronáutica competente.

Foram também considerados como restrições os cones de decolagem e aterrissagem, que para o caso do aeroporto da Grande Aracaju, mede 15 Km de extensão, com largura iniciando em 1,0 km e finalizando em 5,5 Km no extremo oposto.

Contudo, existem algumas legislações no mundo com relação a ASA – Área de Segurança Aeroportuária que aceitam distâncias diferentes da Legislação Brasileira, onde se observam critérios de responsabilização técnico-operacional na sua implantação e durante toda a sua operacionalidade.

A legislação do Canadá aceita a recomendação do Transport Air Canadá TAC/OACI, que tem uma tradição reconhecida internacionalmente no estudo de riscos de acidentes aéreos provocados por animais, esta recomenda o raio de 8,0 Km como área de segurança para implantação de Aterros Sanitários.

As áreas contidas nas ASAs de 8,0 km, 13 km, e cone de decolagem e aterrissagem foram excluídas do estudo por restringirem a implantação do Aterro Sanitário.

### **Áreas urbanas e de expansão e interesse turístico**

No que se refere às condicionantes de restrição, é importante analisar também as zonas urbanas e de expansão urbana, e as áreas de interesse turístico, tratadas pelas Leis n.º 873/82, de 01 de outubro de 1982 – dispõe sobre a Zona de Expansão; e n.º 042/00 de 04 de outubro de 2000 – trata do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju.

As áreas de interesse turístico foram delimitadas segundo dados oriundos do programa governamental de turismo, denominado Pólo Costa dos Coqueirais, elaborado para os municípios litorâneos do estado de Sergipe (SEPLAN, 2007).

### **Áreas de Proteção Ambiental**

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Morro do Urubu, apresenta uma extensão de 213,87 hectares e é o único local que possui remanescente de Mata Atlântica do município de Aracaju, principal motivo porque foi enquadrada no decreto 13.713 de 14 de julho de 1993 alterado posteriormente pelo decreto 15.405 de 13 de julho de 1995, todavia existem outras áreas a serem observadas cuidadosamente do ponto de vista ambiental, a exemplo da APA do Rio Sergipe, criada pela Lei Estadual n.º 2.825, de julho de 1990, e constitui-se como “paisagem natural” em todo o trecho do rio Sergipe que serve de divisa entre os municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros, incluindo-se as regiões de mangue e restinga.

Outrossim, tais áreas e ecossistemas, por suas naturezas, também são referendadas na Política Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, criada pela lei nº 5.857 de 22 de março de 2006; e pela Política Estadual do Meio Ambiente, criada pela lei nº 5.858 de mesma data.

Essas áreas devem ser excluídas na seleção, pois são inadequadas para disposição final de resíduos sólidos.

### **Centros de massa de coleta de resíduos sólidos**

Um importante fator na seleção de áreas para aterro sanitário é identificar os Centros de Massa de Coleta de Resíduos Sólidos – CMCRS, compreendidos como sendo regiões responsáveis pela maior concentração da produção do lixo em um determinado município.

Na Grande Aracaju destacam-se três centros distintos, o de Aracaju, o de Nossa Senhora do Socorro e o de São Cristóvão, respectivamente ordenados pelos volumes gerados diariamente, e que por suas localizações geográficas, em função da abrangência da região metropolitana, adéquam-se num raio 20 km (WIKIPÉDIA, 2007).

O CMCRS da cidade de Aracaju fica entre os bairros: 13 de julho, considerado de classe média alta, portanto grande produtor de lixo doméstico, e o centro comercial da cidade, informação confirmada pela EMSURB, empresa responsável pela coleta do lixo no município.

O CMCRS de Nossa Sra. do Socorro, localiza-se no complexo habitacional Marcos Freire e adjacências, com mais de 150 mil habitantes, superando em números absolutos até mesmo a população da sede municipal.

Já o CMCRS de São Cristóvão, fica posicionado na própria sede do município, apesar de haver um conjunto habitacional populoso, denominado Eduardo Gomes, localizado próximo a Aracaju, mas que não chega a superar o volume de lixo gerado na sede municipal.

### **6.3.2.2. CRITÉRIOS DE ORDEM AMBIENTAL**

Como critérios de ordem ambiental, trabalhou-se com recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), bacias hidrográficas, núcleos urbanos, hipsometria, declividade, deflúvio superficial, uso do solo e cobertura vegetal, geologia, geomorfologia e pedologia.

#### **Recursos hídricos**

A área estudada é parte integrante das bacias dos rios Sergipe e Vaza Barris, sofrendo interferência do fluxo e refluxo das marés. De acordo com o Atlas de Recursos Hídricos de Sergipe, esta área possui uma precipitação anual média da ordem de 1.706 mm; sua drenagem superficial escoia principalmente para os rios: Santa Maria, Pitanga, Samambaia, Poxim Açú, Poxim Mirim, Cabral, Rio do Sal, Cotinguiba, Buti, Comprido, Paramopama, Pindoba, Timbó, Pomonga, e o canal de São Sebastião. No que tange às águas subterrâneas, estas são confinadas em aquíferos de natureza cárstica e granular, possuindo também um aquíclodo, formação que retém água, porém não permite escoamento devido a seu baixíssimo índice de transmissão hidráulica.

Todavia, o aterro sanitário deverá estar integrado aos recursos hídricos da região que ele será implantado, e jamais poderá impactar negativamente. Por isso, devem-se adotar medidas que protejam os recursos hídricos de possíveis contaminações, tanto pelo escoamento superficial como pela infiltração, para tal, deve-se monitorá-los permanentemente.

Conforme preconizam as NBRs 13.896/97 e 10.157/87 que tratam de critérios para projeto, construção e operação de aterro de resíduos, e o Termo de Referência – TR, fornecido pela Administração do Meio Ambiente – ADEMA, estabeleceu-se uma distância mínima de 200 m para recursos hídricos.

Um ponto de grande importância que deve ser observado na implantação de um aterro sanitário, diz respeito aos recursos hídricos, e é a formação do comitê gestor da bacia hidrográfica em que ele está inserido. Isso garante o fortalecimento da proteção aos mananciais e diminui a vulnerabilidade ambiental, no tocante a possibilidade de contaminação e interferências antrópicas.

É fato que, grande parte da região metropolitana de Aracaju está contida nas sub-bacias dos rios Santa Maria; Poxim Açú; Poxim Mirim; Cotinguiba e Rio do Sal, sendo o primeiro pertencente à bacia do Vaza Barris e os quatro últimos a do Rio Sergipe.

### **Uso do solo e cobertura vegetal**

De acordo com estudos geográficos realizados pela Superintendência de Pesquisas da SEPLAN, grande proporção do território da região estudada nesse trabalho é coberta por pastagens. Contudo, ainda encontram-se resquícios de floresta e mata secundária. Isso não obstante à existência de mangues e restingas, ecossistemas que sofrem pressão devido ao crescimento da mancha urbana, impulsionada pela expansão imobiliária. Registra-se também a presença de áreas cultivadas, principalmente de cana-de-açúcar, coqueirais e pomares.

Mediante o uso que se faz do solo, e o tipo de cobertura vegetal que se encontra na região metropolitana de Aracaju, pode-se prevê se a implantação do aterro sanitário causará impacto de fácil, média ou difícil mitigação. Assim, nota-se que a destruição de floresta, mata secundária, mangues e restinga, com o objetivo de alocar um aterro sanitário não seria desejável, mas, em contrapartida, pastagens e cultivos, seriam mais fáceis de compensar.

### **Geologia**

De acordo com mapa geológico produzido pela DNPM/CPRM/CODISE, a geo-composição da região da Grande Aracaju, abordada nessa pesquisa, está apoiada na formação Cotinguiba – Membro Sapucari e Membro Aracaju; formação Calumbi; formação Barreiras; depósitos litorâneos e depósitos flúvio-lagunares de pântanos e mangues.

Para esse trabalho, o aspecto geológico está intrinsecamente ligado aos recursos hídricos subterrâneos, que por sua vez denota o potencial hidrogeológico da região, de modo que, para a instalação de um aterro sanitário, deve-se evitar áreas com potencial hidrogeológico elevado, pois estas tendem a

ser exploradas, e, se contaminadas por lixiviado, podem causar sérios problemas à saúde humana.

## **Geomorfologia**

Grande parte da geomorfologia da região metropolitana de Aracaju é formada por planície costeira, contudo duas outras formas geológicas superficiais se apresentam com igual importância para esse estudo, o tabuleiro costeiro e as superfícies dos rios, todas desgastadas por processos erosivos e interferência antrópica.

Para um aterro sanitário, é importante a existência de material disponível para o fechamento das células. Assim a geomorfologia poderá ser um fator importante e decisivo na escolha da área que vai acolher um empreendimento dessa natureza. É avaliada como positiva a área que se caracteriza por uma conformação geomorfológica onde haja elevação e que o material de solo e subsolo seja abundante e de natureza impermeável, minimizando a vulnerabilidade do meio físico.

## **Pedologia**

A predominância do solo podzólico vermelho amarelo na região metropolitana de Aracaju é imperativa. Todavia, registram-se grandes faixas de solos hidromórfico e halomórfico.

Pode-se apontar o solo do tipo podzol como o preferido para esse tipo de empreendimento, pelas suas características granulométricas e teor equilibrado de finos, o que lhe confere bom grau de compactação, justamente onde encontra-se o óbice dos solos hidromórfico e halomórfico, cuja composição é instável e na maioria das vezes, já se encontra saturado "*in natura*".

## **Hipsometria, Declividade, Deflúvio superficial**

O relevo na região da Grande Aracaju é predominantemente plano, possuindo algumas formas do tipo convexas (colina), em sua maioria de pequena

altitude, variando entre 15 m e 80 m, caracterizando assim, sua hipsometria. A declividade é t nue, tendo cerca de 70% de sua área com inclina o entre 5% e 15%, facilitando o deflúvio superficial com uma boa malha de drenagem que conduz a rios e riachos afluentes das principais bacias: Sergipe e Vaza Barris.

Do ponto de vista da hipsometria, a norma (NBR 13.896/97) indica que os aterros sanitários não devem ser instalados em baixas altitudes, pois na maioria das vezes estas estão sujeitas a inunda o, sua implanta o está subordinada a cotas altimétricas elevadas, evitando assim que se estabeleçam áreas próximas a zonas de satura o do lençol freático (CPU/IBAM, 1998).

J  a declividade, segundo a norma (NBR 13.896/97), faixas inferiores a 1% devem ser descartadas, pois tendem a dificultar o deflúvio superficial e não dispor de material natural para empréstimo no momento da selagem das células, onerando a opera o do aterro sanitário.

### **Núcleos urbanos**

No município de Aracaju,   notória a falta de espaços que favoreçam a expansão urbana, o que a impulsiona para os municípios vizinhos. Desse modo, as discussões para equacionar uma soluço racional e factível, no que se refere à ocupa o urbana, tanto em Aracaju como nos municípios vizinhos, vem ocorrendo desde o início da década, e giram em torno das Leis n.é 873/82, de 01 de outubro de 1982; e n.é 042/00 de 04 de outubro de 2000, que tratam da Zona de Expansão e do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju, respectivamente, criando o sistema de planejamento e gestão urbana.

Conforme preconizam as NBRs 13.896/97 e 10.157/87 que tratam de critérios para projeto, constru o e opera o de aterro de resíduos, e o Termo de Referência – TR, fornecido pela Administra o do Meio Ambiente – ADEMA,  rg o ambiental do estado de Sergipe, estabeleceu-se uma distância mínima de 500 m para núcleos urbanos com mais de 200 habitantes.

### **6.3.3. PREPARAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS**

Foram preparados dois grupos de mapas, os que representam os critérios legais e outras restrições e os que representam os critérios ambientais.

#### **MAPAS REPRESENTATIVOS DOS CRITÉRIOS LEGAIS E OUTRAS RESTRIÇÕES**

Ao contrário dos mapas ambientais, não foram encontrados prontos, os mapas de restrições legais e outras. Assim, fez-se necessário a edição de cada um deles com o uso da base cartográfica, na escala de 1:10.000, fornecida pela Superintendência de Pesquisa da SEPLAN, e processada com o software AutoCAD Map.

O processo de edição iniciou-se com a identificação do centro geométrico do aeródromo localizado em Aracaju, respeitando-se as delimitações de máxima e média restrição, de acordo com a ASA, ao tempo em que se identificavam as áreas de preservação ambiental. Em seguida, foram observadas as recomendações do Plano Diretor, das Zonas de Expansão e Zonas de Interesse Turístico, todas amparadas legalmente, conforme se mostra no decorrer desse trabalho.

Outrossim, um critério técnico também foi respeitado, a distância máxima do raio de coleta aos centros de massa de geração de resíduos sólidos, sobrepondo-se circunferências com raio de 15 Km, traçando o limite de cada abrangência (CALLADO, 2005).

Por fim, foram aplicadas restrições oriundas das normas e manuais técnicos (ABNT e IBAM), visando além de outros, minimizar os riscos de contaminação dos recursos naturais, limitando em 500 m e 1000 m as distâncias de coleções hídricas e núcleos urbanos, respectivamente.

#### **MAPAS REPRESENTATIVOS DOS CRITÉRIOS AMBIENTAIS**

Os mapas temáticos de recursos hídricos superficiais e centros urbanos foram elaborados a partir da restituição aerofotogramétrica na escala de 1:10.000, disponibilizada pela SEPLAN utilizando o software AutoCAD Map.

Para os mapas temáticos de hipsometria, declividade, modelagem 3D do terreno e deflúvio superficial, foram utilizados recursos do software Spring/INPE,

um Sistema de Informações Geográficas – SIG, cuja edição vetorial foi feita utilizando-se o software AutoCAD.

Os temas como: uso do solo e cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, aquíferos, pedologia, bacias hidrográficas e precipitação anual, foram retirados do Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe, produzido pela Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, complementado pelo Mapa Geoambiental de Aracaju, originários da Secretaria Municipal de Planejamento.

#### **6.3.4. DEFINIÇÃO DAS MACRO-ÁREAS**

A definição das macro-áreas levou em consideração os critérios de ordem legal e de outras restrições, ou seja, a Área de Segurança Aeroportuária – ASA, Áreas de Proteção Ambiental – APA, Zonas de Expansão Urbana, Áreas de Interesse Turístico, e os Centros de Massa de Coleta de Resíduos Sólidos – CMCRS.

Esses critérios foram utilizados para eliminação ou habilitação de macro-áreas, os quais foram aplicados na seguinte seqüência:

Primeiramente foi observada se a macro-área era pertinente à região metropolitana de Aracaju, apontada pelo IBGE como sendo: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão. As que localizavam-se fora desse domínio, foram eliminadas imediatamente.

Em seguida, foi analisada a distância da porção de área ao Centro de Massa de Coleta de Resíduo Sólido – CMCRS, respeitando-se o raio mínimo de operacionalidade, mais 50%, o que daria 22,5 Km. Qualquer área que ultrapasse tal limite, será eliminada.

Por fim, foram excluídas as porções contidas nas Zonas de Expansão Urbana e Zonas de Interesse Turístico, mesmo que fracionadas.

Outrossim, as restrições de distâncias impostas pela Resolução CONAMA 004/95, foram flexibilizadas, uma vez que no seu artigo 4º, é facultado a autoridade aeronáutica alterar a área da ASA, que para este caso, considerou-se como válida a partir de 13 Km.

### 6.3.5. SELEÇÃO DE ÁREAS ESPECÍFICAS

Para seleção de áreas específicas que receberia o aterro sanitário da Grande Aracaju, foram utilizados os critérios de ordem ambiental, ou seja, recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), bacias hidrográficas, núcleos urbanos, hipsometria, declividade, deflúvio superficial, uso do solo e cobertura vegetal, geologia, geomorfologia e pedologia.

Esses critérios foram utilizados para eliminação ou habilitação de áreas específicas dentro das macro-áreas anteriormente definidas, os quais foram aplicados na seguinte seqüência:

Inicialmente fez-se uma análise do “*runoff*” da área estudada, tal indicador foi resultado do processamento das curvas de nível pelo software Spring/INPE, de modo que, ao se perceber a existência de porções de áreas sem exutório, estas foram consideradas inadequadas à luz do quesito inundação.

Em seguida, de posse das mesmas curvas de nível com resolução de 5 m, retiradas da base cartográfica da SEPLAN, processou-se no mesmo software, a declividade e a hipsometria, validando as zonas de altitude acima de 15 m e inclinação entre 3% e 30%.

Na seqüência, foi examinada a malha de drenagem de cada uma das áreas pesquisadas nesse trabalho, dados conseguidos através da restituição do levantamento aerofotogramétrico fornecido pela SEPLAN, processando-se no AutoCAD a delimitação de cada talvegue a uma distância de 200 m, o que restringiu ainda mais as áreas. Em conjunto com essa análise, respeitou-se também, a distância de 500 m de proximidade a núcleos urbanos, conforme já fora citado nesse capítulo.

Por fim, considerando a aplicação da lógica difusa proposta nesse trabalho como instrumento de hierarquização, os critérios restantes não foram determinantemente imperativos na habilitação ou desabilitação de uma área, contudo, após a aplicação da lógica FUZZY com base nos parâmetros e critérios da Tabela 12, estes certamente contribuirão na classificação geral.

### 6.3.6. HIERARQUIZAÇÃO DAS ÁREAS

A hierarquização das áreas é um processo que permite estabelecer um direcionamento a ser seguido com o objetivo de se obter suporte às decisões, ou

seja, instrumentaliza a resposta que precisa ser apresentada aos problemas, diante de um certo contexto.

No que diz respeito à formulação de objetivos para a seleção de áreas do aterro sanitário da Grande Aracaju, levou-se em conta as condições legais, ambientais, físicas e antrópicas, considerando critérios utilizados com a finalidade de ter como parâmetro de julgamento, e serviu como norma para encontrar as melhores alternativas de solução.

Neste sentido, a metodologia de avaliação aqui utilizada, teve como objetivo elucidar variáveis que, devidamente observadas e controladas, produzirão resultados que apoiarão a tomada de decisão, o que requer a aplicação de técnicas e ferramentas já consagradas. A exemplo da lógica *Fuzzy*, empregada no processo de hierarquização das áreas selecionadas.

Segundo essa metodologia, os critérios geram escores de aptidão que diferenciam as áreas selecionadas para destinação dos resíduos sólidos, realçando ou diminuindo características que revelam suas potencialidades, dada a importância da consideração multicritério em sua hierarquização.

#### **6.3.6.1. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DAS ÁREAS SELECIONADAS**

Para avaliação multicritério foi realizada uma análise detalhada dos critérios de escolha das áreas selecionadas com maior aptidão para a implantação do aterro sanitário da região metropolitana de Aracaju. Discussão essa, centrada a partir de um conjunto de alternativas locacionais, apresentadas de forma sistematizada no que diz respeito às peculiaridades de cada uma das áreas analisadas, segundo diferentes atributos, visando a sustentabilidade do empreendimento.

Objetivando classificar as áreas selecionadas e habilitadas a receber o aterro sanitário, aplicou-se pontuação aos diferentes atributos, visto que, sempre que se pretender a utilização desse tipo de metodologia é fundamental que sejam analisados e escolhidos parâmetros técnicos, ambientais, e antrópicos, considerados fundamentais para o tipo de empreendimento. Só então pode-se afirmar que a avaliação é multicritério, não obstante a uma definição clara e precisa dos valores de pontuação e importância de cada atributo.

Neste sentido, BROLLO (2001), destaca como fatores intervenientes na seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos, a proteção ao meio ambiente e à saúde pública, bem como as possíveis inter-relações entre o empreendimento e a comunidade, destacando os aspectos de uso e ocupação do solo, e os aspectos fisiográficos do terreno.

Apesar de abordar a questão de forma mais aprofundada em seu trabalho, o autor trata o assunto de acordo com o foco dado em sua proposta de metodologia, o que singulariza demasiadamente o estudo. De modo que, para essa pesquisa, pretende-se empregar uma visão mais pluralizada, ao tempo em que se possa aproveitar concepções diversificadas e adaptáveis à realidade regional.

Já na visão de LUPATINI (2002), o local escolhido para um aterro sanitário, deve considerar diversas fases do ciclo de sua vida, reunindo um conjunto de características que vão ao encontro de objetivos específicos, a saber:

- Minimizar os impactos aos meios físicos, bióticos e antrópicos;
- Minimizar os custos de implantação e operação;
- Minimizar a complexidade técnica para viabilização do aterro;
- Maximizar a aceitação pública ao encontro dos interesses comunitários.

Para GOMES et al.(2001), são muitos os critérios de engenharia utilizados na escolha de áreas para disposição final de resíduos sólidos, e estão agrupados em três categorias: critérios ambientais, critérios que consideram o uso e ocupação do solo e critérios operacionais.

GOMES & MARTINS (2003), salienta ainda que da análise equilibrada e inter-relacionada de todos estes fatores, surgirão as alternativas para alocação coerente de áreas para disposição dos resíduos sólidos e para a sua gestão no âmbito municipal, integrando os métodos tradicionais com as novas tecnologias de caracterização e análise ambiental.

Isto posto, apresentam-se no decorrer desse capítulo, as fichas técnicas de cada uma das áreas selecionadas, objetivando estabelecer critérios com respectivos escores de pontuação a fim de se fundamentar o julgamento,

apontando as áreas de maior aptidão para o acolhimento do aterro sanitário da região metropolitana de Aracaju.

Pela Tabela 12 pode-se acompanhar os critérios e parâmetros de avaliação, oriundos da ABNT, do IBAM e do conhecimento de especialistas, que posteriormente foram aplicados a cada uma das áreas selecionadas para o aterro sanitário da Grande Aracaju.

**Tabela 12.** Critérios e parâmetros de avaliação das áreas selecionadas.

	CRITÉRIO	PARÂMETRO	AVALIAÇÃO	
			GRANDEZA NUMÉRICA ou LINGUÍSTICA	VARIÁVEL FUZZY
CONDICIONANTES AMBIENTAIS	COLEÇÕES HÍDRICAS	Proximidade máxima de 200 m.	1.000 m 500 m 200 m	Longe Médio Próximo
	FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Coefficiente de permeabilidade inferior a $5 \times 10^{-6}$ cm/s.	$5 \times 10^{-8}$ cm/s $5 \times 10^{-6}$ cm/s $5 \times 10^{-4}$ cm/s	Excelente Boa Ruim
	GEOMORFOLOGIA (VULNERABILIDADE)	Ideal que o terreno seja de elevada altitude e solo impermeável.	Tabuleiro Costeiro Superfície dos Rios Planície Costeira	Seguro Razoável Frágil
	PEDOLOGIA (TIPO DE SOLO)	Ideal que o solo seja impermeável e adensável, visando selar as células do aterro.	Solo Argiloso Solo Areno-argiloso Solo Arenoso	Muito denso Compacto Rarefeito
	AQUÍFERO	Ideal que seja protegido por formação de baixa transmissão hidráulica.	Aquicluda Cárstico Granular	Protegido Razoável Vulnerável
	ALTITUDE	Superior a 30 m.	50 m a 80 m 30 m a 50 m 15 m a 30 m	Alto Médio Baixo
	NÍVEL FREÁTICO	Zona saturada acima de 3 m	6 m 3 m 1 m	Difícil contam. Risco Contam. Contaminável
	USO DO SOLO	Favorável à minimização da degradação ambiental.	Pastagem Cultivo/Mata secundária Floresta	Sem impacto Compensável Degradante
CONDICIONANTES OPERACIONAIS	VIAS DE ACESSO	Favorável ao acesso de veículos pesados.	Rodovia Federal/Estad. Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	Ótimo Bom Ruim
	INFRA-ESTRUTURA	Existência de infra-estrutura elétrica e de saneamento.	Elétrici.(AT/BT)+Saneam.(AB/CE) Somente Saneamento (AB) Sem Infra-estrutura	Excelente Bom Ruim
	DRENAGEM NATURAL	Favorável ao escoamento das águas pluviais.	Fácil Escoamento Difícil Escoamento Acumula Águas Pluviais	Excelente Bom Ruim
	RECURSOS MINERAIS	Existência de recursos minerais não explorados.	> 1000 m Até 500 m Dentro da Área	Favorável Aceitável Ruim
	MINERAÇÃO	Existência de exploração de recursos minerais dentro da área.	Extração Inativa Extração Projetada Extração Ativa	Favorável Aceitável Ruim
	TITULAÇÃO/AQUISIÇÃO	Disponibilidade da terra à implantação do empreendimento.	Patrimônio Público Patrimônio Privado Terras em Litígio	Alta Viabilidade Média Viabilida. Baixa Viabilida.
	DECLIVIDADE	O terreno deve estar acima do plano e abaixo do íngreme acentuado.	5 % a 15 % 1 % a 3 % <1 %	Excelente Bom Ruim
	EXTENSÃO DA ÁREA	Terreno deve ser capaz de suportar uma vida útil de no mínimo, 15 anos.	Área > 62 ha (20 anos) Área > 42 ha (15 anos) Área de até 42 ha	Excelente Bom Ruim
	CENTRO DE MASSA (COLETA DE RESÍDUOS)	Favorável a atender aos CMCRS num raio de 15 Km.	Atende a AJU + (2 CMCRS) Atende a AJU + (1 CMCRS) Atende Apenas 1 CMCRS	Excelente Bom Ruim
CONDICIONANTES ANTRÓPICAS	AERÓDROMOS	Terreno distante no mínimo 8 Km da Área de Segurança Aeroportuária.	ASA > 20 Km ASA entre 13 Km e 20 Km ASA entre 8 Km e 13 Km	Ótimo Aceitável Ruim
	ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Evitar contaminação do lençol freático e aquíferos.	Poço Próximo do Terreno Poço Desativado no Terreno Poço Operando no Terreno	Excelente Bom Ruim
	NÚCLEO POPULACIONAL	Evitar a proliferação de vetores e desvalorização das moradias mais próximas.	> 1000 m Entre 500 m e 1000 m Até 500 m	Bom Aceitável Ruim
	DIREÇÃO DOS VENTOS	Evitar odores e aerossóis no sentido dos núcleos populacionais.	Não Afeta Afeta Esporadicamente Afeta Constantemente	Bom Aceitável Ruim

### 6.3.6.2. APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY

A aplicação da lógica Fuzzy para classificar as áreas específicas habilitadas ao recebimento do aterro sanitário da Grande Aracaju, seguiu o roteiro definido pela literatura, ou seja, definiu-se as variáveis, fuzzificação, definição das interferências, defuzzificação, agregação de valores e notas de saída, de acordo com o que é mostrado na Figura 1.

#### DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Como já visto anteriormente, no discorrer desse capítulo, as variáveis possuem origem em três quesitos: as de natureza ambiental, as de natureza operacional e as de natureza antrópica, todas apresentadas na Tabela 12 em forma de condicionantes.

Desse modo, definiu-se como variáveis ambientais:

$X_1$ = Proximidade de coleções hídricas;

$X_2$ = Permeabilidade da formação geológica;

$X_3$ = Vulnerabilidade do terreno por sua geomorfologia;

$X_4$ = Capacidade de adensamento do solo por sua pedologia;

$X_5$ = Transmissão hidráulica do aquífero;

$X_6$ = Altitude em relação ao nível do mar;

$X_7$ = Zona saturada pelo lençol freático;

$X_8$ = Uso do solo e cobertura vegetal;

Como variáveis operacionais:

$X_9$ = Condições de tráfego das vias de acesso;

$X_{10}$ = Infra-estrutura elétrica e saneamento;

$X_{11}$ = Escoamento de águas pluviais por drenagem natural;

$X_{12}$ = Existência de recursos minerais não explorados;

$X_{13}$ = Exploração de recursos minerais na área;

$X_{14}$ = Titulação da terra;

$X_{15}$ = Declividade do terreno;

$X_{16}$ = Extensão da área selecionada;

$X_{17}$ = Atendimento aos centros de massa da coleta;

Como variáveis antrópicas:

$X_{18}$ = Distância dos aeródromos;

$X_{19}$ = Proximidade de poços artesianos em operação;

$X_{20}$ = Proximidade de núcleos populacionais;

$X_{21}$ = Influência de odores e aerossóis pela direção dos ventos.

## **FUZZIFICAÇÃO**

A fuzzificação consiste em transformar os valores de entrada numéricos em informação qualitativa, ou seja, aproximá-los das expressões lingüísticas. Observada na Figura 1 (vide página 38), como uma das fases da *Máquina Fuzzy*, essa etapa só se aplica às variáveis cujo conteúdo seja quantitativo, as demais, cujo conteúdo seja qualitativo, seguem diretamente para a etapa da inferência.

De modo que para o momento, cabe apenas apresentar exemplarmente o processo de fuzzificação para a variável  $X_1$ (Proximidade de coleções hídricas), pois as demais foram tratadas de forma análoga.

Seja a variável  $X_1$  descrita por três estados: *próximo*, *médio* e *longe*, que requerem um grau de pertinência, cuja definição está associada à porção da área selecionada que se aproxima do critério que as define. Todavia, para exemplificar sua aplicação, tem-se que a área estudada está *próximo*, quando localiza-se a 50m de um corpo hídrico; *médio*, quando localiza-se a 500m e *longe*, a 1.000m. Nesse sentido, dividiu-se as porções de área que se aproximaram do critério e estabeleceu-se a pertinência de cada porção.

Portanto, considerando a Área Selecionada 2, devidamente caracterizada na Tabela 22, e, doravante denominada AS2, 43,44% de sua área aproxima-se de 500m e 56,56%, aproxima-se de 1.000m; a informação resultará

de forma qualitativa em: 0,0(zero) *próximo*; 0,4344 *médio* e 0,5656 *longe*; estabelecendo assim o grau de pertinência dessa variável.

## INFERÊNCIA E REGRAS DE FUZZIFICAÇÃO

Antes mesmo de se aplicar a inferência das variáveis, devidamente fuzzificadas, o que consiste em tê-las na forma qualitativa, deve-se definir uma regra de saída. Portanto, informações qualitativas de entrada devem receber valores qualitativos de saída, completando o processo de inferência das regras.

Continuando de forma exemplar, no que se refere ao caso da AS2 mencionada nesse capítulo, a variável  $X_1$ (Proximidade de coleções hídricas) deve ser qualificada na saída como: *Bom*, *Médio* e *Ruim*.

Para se chegar aos resultados foram criadas regras de fuzzificação através de matrizes, como se mostra a seguir:

	BOM	MÉDIO	RUIM
LONGE			
MÉDIO			
PRÓXIMO			

Onde:

SE  $X_1$  é *Longe*, ENTÃO local(AS2) é *Bom*.

SE  $X_1$  é *Médio*, ENTÃO local(AS2) é *Médio*.

SE  $X_1$  é *Próximo*, ENTÃO local(AS2) é *Ruim*.

Na lógica booleana, onde não há graus intermediários de pertinência, uma matriz numérica representativa seria a mostrada abaixo.

$$\text{Matriz de Regra(booleana)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

De modo que para a lógica clássica, valores iguais a 1(um) caracterizam total pertinência ao estado de saída da variável, e valores iguais a 0(zero), caracterizam total exclusão.

Quando na verdade, no uso da lógica *FUZZY*, consideram-se graus de pertinência, que incorrerão na seguinte matriz:

$$\text{Matriz de Regra(fuzzy)} = \begin{bmatrix} 0,4344 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5656 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0 \end{bmatrix}$$

Essa matriz deve ser multiplicada pela matriz que define os parâmetros de grandeza do tema que se está estudando, que para a variável  $X_1$ (Proximidade de coleções hídricas), corresponde a [*Bom Médio Ruim*].

$$\text{Matriz Temática(grandeza)} = [1.000 \quad 500 \quad 50]$$

### DEFUZZIFICAÇÃO

A defuzzificação consiste em retomar os valores de entrada, já processados de acordo com a lógica nebulosa, em índices numéricos. Observada na Figura 1 (vide página 38), como uma das fases da *Máquina Fuzzy*, essa etapa efetiva a saída das informações, de modo que, apresentando o exemplo da variável  $X_1$ (Proximidade de coleções hídricas), na AS2 obtêm-se o vetor FUZZY.

$$\text{FUZZY} = [565,6 \quad 217,2 \quad 0]$$

### AGREGAÇÃO DE VALORES

Todos os esforços até o momento, foram no sentido de converter informações quantitativas em qualitativas. Após se atingir esse objetivo, a engenharia requer agora um indicador numérico de qualificação, que expresse a representação da situação da localização de cada área estudada, segundo uma nota que varia de 0(zero) a 10(dez), ponderada por cada uma das três

condicionantes, sejam: ambiental, operacional e antrópica; no final do processo, pode-se emitir uma nota única, que representará um instrumento cabível para a hierarquização qualitativa em forma de nota geral.

O processo de agregação se inicia pelo vetor UNITÁRIO, formado pelo inverso da soma dos elementos do vetor FUZZY.

Em seguida, cria-se um vetor de agregação, resultado do produto do vetor FUZZY pelo vetor UNITÁRIO.

$$\text{Vetor de Agregação} = [0,7225 \quad 0,2775 \quad 0]$$

### NOTA DE SAÍDA

Finalmente, a partir dos valores encontrados no vetor de agregação para cada variável, faz-se uma nova multiplicação envolvendo o próprio vetor pelo vetor NOTA, que conterà parâmetros de avaliação na atribuição do escore final. Esse processo objetiva atribuir ao final, uma única nota para cada variável, a fim de se poder comparar o mesmo critério para as várias áreas em estudo. Contudo, o vetor NOTA deve ser valorado de acordo com o que se pretenda obter como nota mínima, média e máxima, a exemplo do que se apresenta para a AS2 e demais áreas, a saber:

$$\text{NOTA} = \begin{bmatrix} 10 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ onde, } 10(\text{dez}) \text{ é nota máxima; } 7(\text{sete}) \text{ é média e } 1(\text{um}) \text{ é}$$

mínima.

De modo exemplar, para o caso da AS2, tem-se:

$$[0,7225 \quad 0,2775 \quad 0] \times \begin{bmatrix} 10 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{9,17}$$

Conclui-se que, para o critério “**Proximidade de coleções hídricas**”, a **AS2** recebe **9,17** como nota de avaliação.

**Tabela 13.** Aplicação do processo nebuloso na variável  $X_1$  da AS2.

COLEÇÕES HÍDRICAS (1000m - 56,56% ; 500m - 43,44%)										
Matriz de Regra				Matriz Temática			Matriz de Defuzzificação			Unit.
	Bom	Médio	Ruim	A	B	C	A	B	C	0,0012
Longe (A)	0,566	0	0	1000	500	50	565,6	217,2	0	10
Médio (B)	0	0,4344	0				Matriz de Agregação			7
Próximo (C)	0	0	0				0,7225	0,2775	0	1
							PESO	20%	<b>NOTA</b>	<b>9,17</b>

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1. GERAÇÃO DE LIXO NA GRANDE ARACAJU

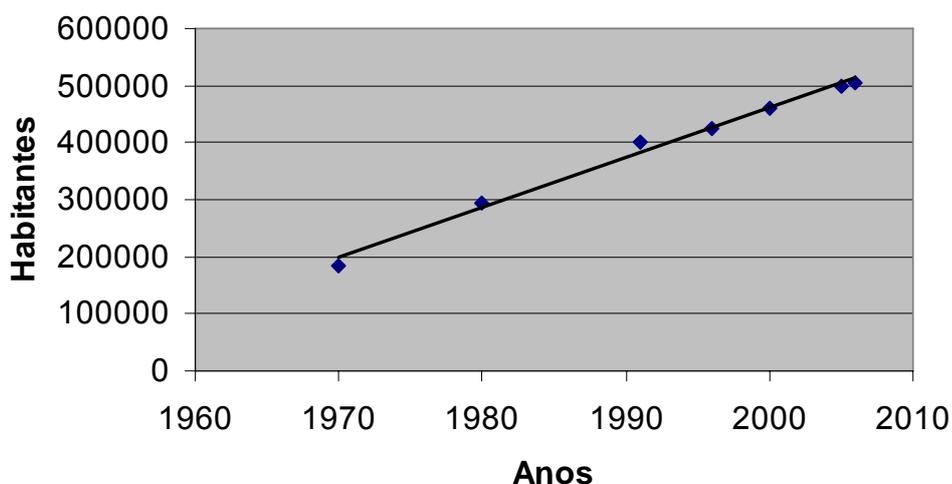
Estudar os aspectos locais de geração e disposição final dos resíduos sólidos não se constitui fato isolado da base do contexto global. Sabe-se que a geração de resíduos está intrinsecamente ligada à realidade sócio-econômica da população, e, portanto a seu desenvolvimento.

Fatores como o crescimento populacional, a produção de riquezas, as variações sazonais e climáticas juntamente com o conjunto de hábitos e costumes da população, constituem pesos de elevada consideração em qualquer prognóstico na geração de resíduos sólidos.

Levando-se em consideração todas essas variáveis, e tomando como base os dados do IBGE, da Empresa de Serviços Urbanos de Aracaju – EMSURB, conjuntamente com a Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA, a Secretaria Estadual de Infra-estrutura – SEINFRA e as Secretarias de Obras dos municípios, aplicando-se o método dos mínimos quadrados, as curvas de crescimento populacional e geração *per capita* de lixo para os municípios da grande Aracaju, como apresentado nas Figuras 10 a 18 e equações 7 a 14.

#### ARACAJU

Crescimento populacional.



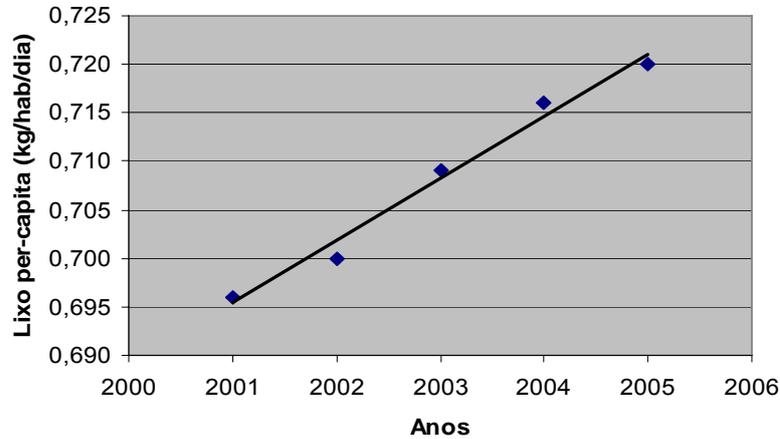
**Figura 11.** Curva de crescimento populacional do município de Aracaju.

Fonte: IBGE, 2006.

Sendo “P” a população e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$P = 8778,2a - 2.10^7 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,99 \quad (\text{eq. 7})$$

Geração per capita de lixo.



**Figura 12.** Crescimento da geração per capita de RSDV no município de Aracaju.

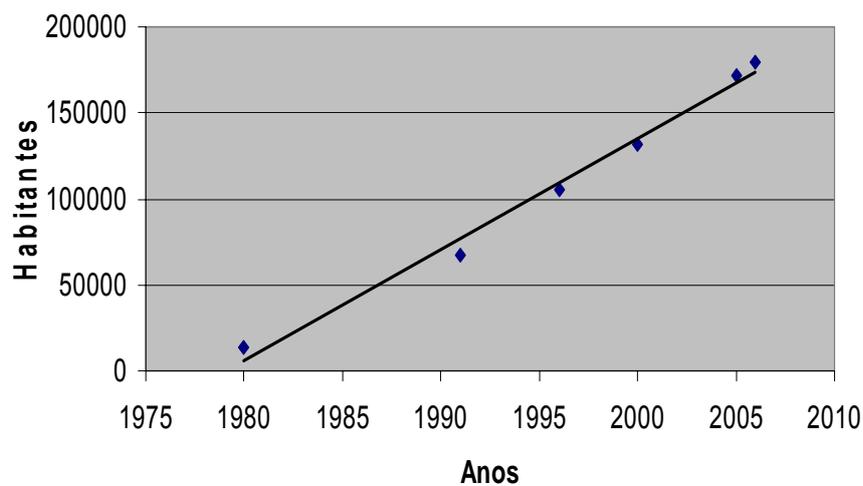
Fonte: EMSURB, 2006.

Sendo “G” a geração per capita e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$G = 0,0064a - 12,111 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,98 \quad (\text{eq. 8})$$

## NOSSA SENHORA DO SOCORRO

Crescimento populacional.



**Figura 13.** Crescimento populacional no município de Nossa Senhora do Socorro.

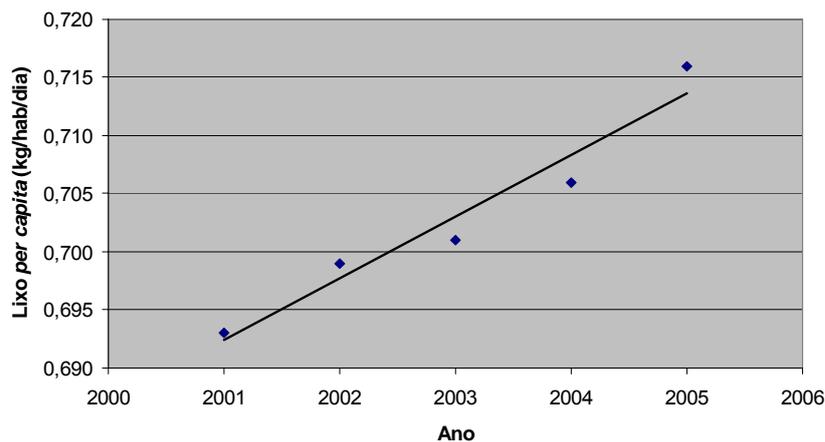
Fonte: IBGE, 2006.

Sendo “P” a população e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$P = 6.460a - 10^7 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,99 \quad (\text{eq. 9})$$

Na série de dados populacionais de Nossa Sra. do Socorro, notou-se que o valor de 1970 ficou discrepante, fora da realidade atual, provocando desvio significativo na tendência de crescimento confirmada nos últimos 25 anos, assim o valor referente a 1970 foi excluído a fim de não interferir no resultado da projeção populacional.

Geração *per capita* de lixo.



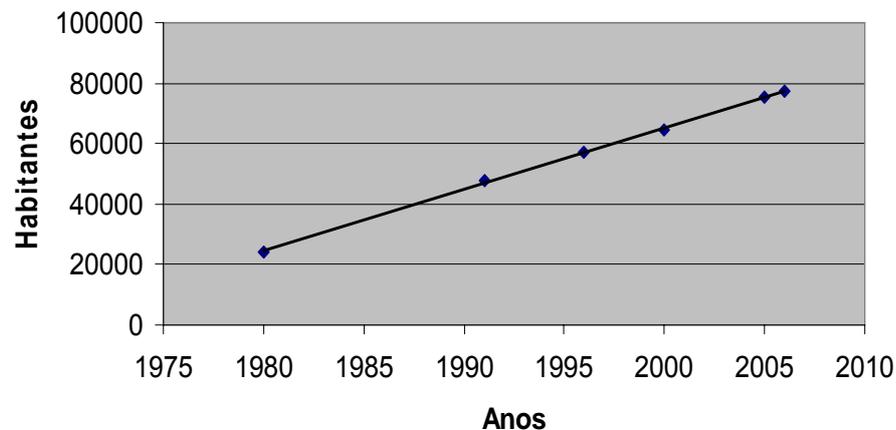
**Figura 14.** Evolução da geração per capita de RSDV no município de N. Sra. do Socorro.  
Fonte: TORRE, 2006.

Sendo “G” a geração per capita e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$G = 0,0053 a - 9,913 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,94 \quad (\text{eq. 10})$$

## SÃO CRISTÓVÃO

Crescimento populacional.



**Figura 15.** Crescimento populacional no município de São Cristóvão.

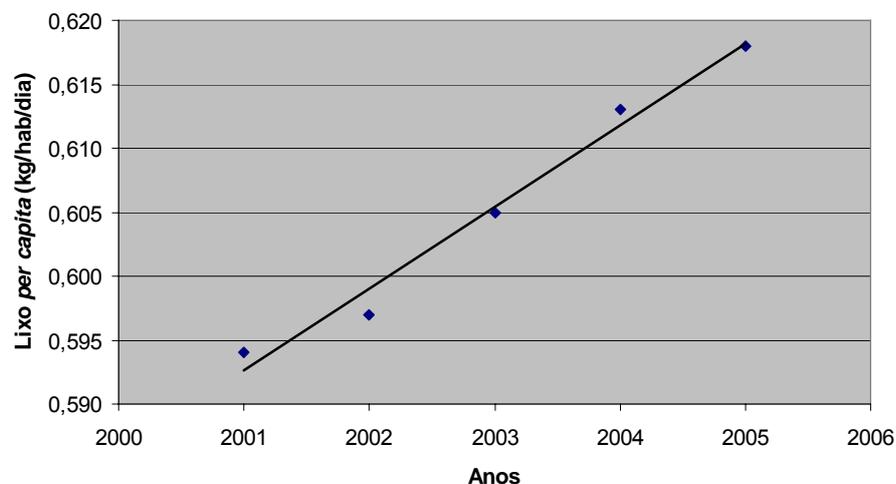
Fonte: IBGE, 2006.

Sendo “P” a população e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$P = 2032,6a - 4.10^6 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,99 \quad (\text{eq. 11})$$

O caso do município de São Cristóvão é semelhante ao município de N. Sra. do Socorro, ressaltando apenas que suas taxas de crescimento populacional expressam menores incrementos. Assim de forma análoga, para melhor expressar a realidade num horizonte de projeto de 20 anos, também foi excluída a série de 1970.

Geração *per capita* de lixo.



**Figura 16.** Evolução da geração per capita de RSDV no município de São Cristóvão.

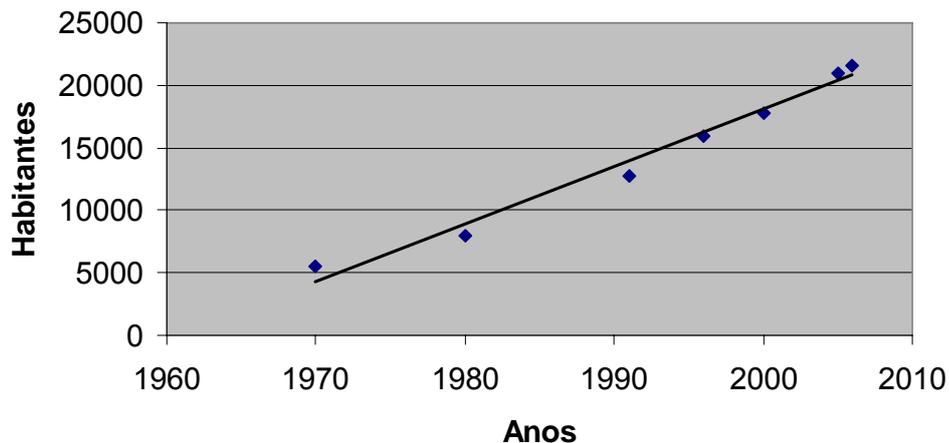
Fonte: TORRE, 2006.

Sendo “G” a geração per capita e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$G = 0,0064a - 12,214 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,98 \quad (\text{eq. 12})$$

## BARRA DOS COQUEIROS

Crescimento populacional.



**Figura 17.** Crescimento populacional no município de Barra dos coqueiros.

Fonte: IBGE, 2006.

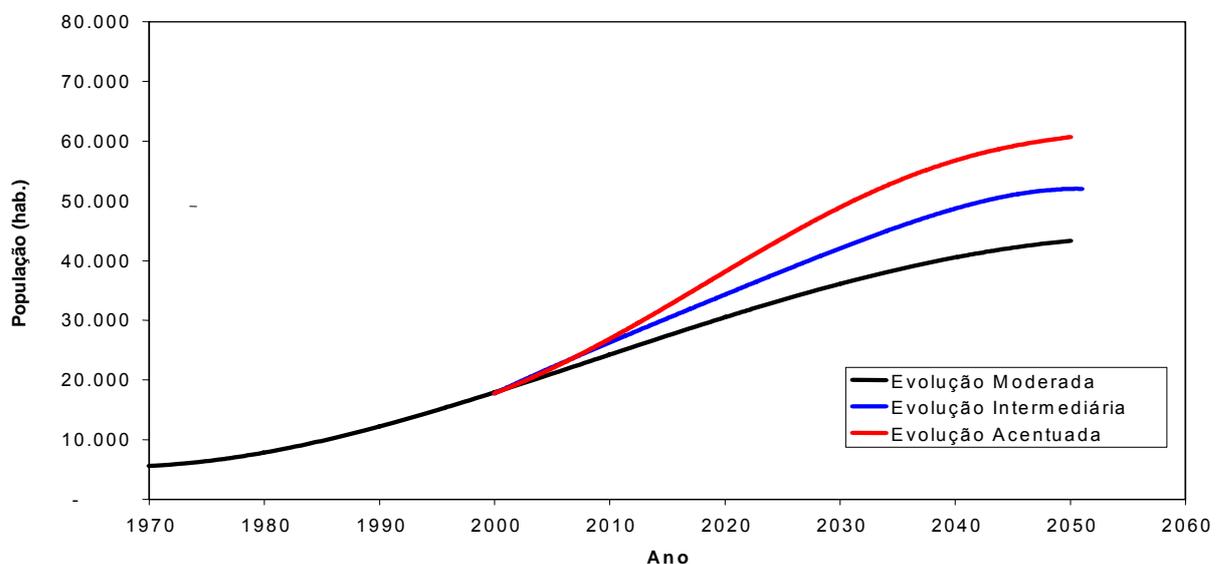
Sendo “P” a população e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$P = 458,74a - 899430 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,98 \quad (\text{eq. 13})$$

Com relação ao município de Barra dos Coqueiros, este deve ser tratado de forma especial. Estima-se que nos próximos anos haja um crescimento demográfico diferenciado, pois em outubro de 2006 foi inaugurada a ponte sobre o rio Sergipe, interligando este município a Aracaju, fato que reduziu a distância anteriormente percorrida que era de 65 Km e passa a ser de 1,8 Km. Deste modo, renovaram-se as possibilidades de moradia e comércio próximo ao litoral e centro da capital, criando um novo cenário de crescimento populacional e conseqüentemente maior geração de resíduos sólidos a se considerar. Assim, acredita-se que a taxa de crescimento populacional, deverá ser incrementada

acima da normalidade, pois esta ocorrência produzirá efeitos demográficos não previstos nas estimativas do IBGE.

Procurando minimizar as incertezas, com relação ao crescimento populacional do município de Barra dos Coqueiros, utilizou-se como base, um estudo populacional realizado em 2006 pela Companhia de Saneamento do Estado de Sergipe – DESO, que visou ampliar a oferta de água tratada para aquele município. Esse estudo apresenta três cenários de projeção populacional, os quais estão apresentados na Figura 18.



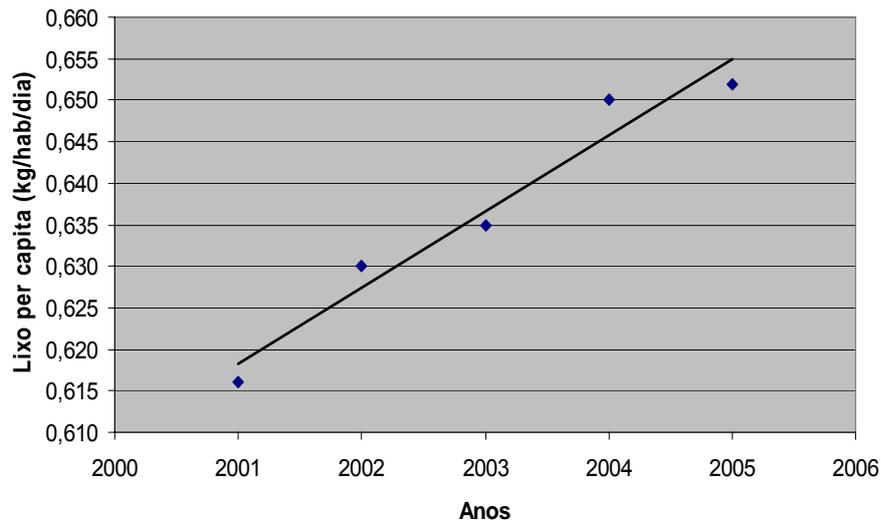
**Figura 18.** Cenários de crescimento populacional no município de Barra dos Coqueiros.

Fonte: DESO, 2006.

- **Evolução Populacional Moderada** – que consiste na adoção de parâmetros naturais, em conformidade com os dados do IBGE e suas estimativas de crescimento populacional pelo método da *curva logística*;
- **Evolução Populacional Intermediária** – baseia-se no aumento populacional natural, mas com influência do advento da ponte, incrementa-se 16% à curva de crescimento;

- **Evolução Populacional Acentuada** – tem como principal premissa o maior desenvolvimento da região após a construção da ponte com um incremento em torno de 35%; sendo esta a alternativa adotada para fins de estimativa de crescimento populacional no horizonte de projeto.

Geração *per capita* de lixo.



**Figura 19.** Evolução da geração per capita de RSDV no município de Barra dos Coqueiros.

Fonte: TORRE, 2006.

Sendo “G” a geração per capita e “a” o ano, tem-se a seguinte equação:

$$G = 0,0092a - 17,791 \quad \text{com} \quad R^2 = 0,96 \quad (\text{eq. 14})$$

Na Tabela 14, são mostrados tanto dados populacionais como da geração de lixo *per capita* ao longo do horizonte de projeto, estimados para cada município abordado que compõem a região metropolitana de Aracaju, ao longo de 15 e 20 anos respectivamente.

Essa estimativa foi gerada a partir das curvas logísticas oriundas das equações 7 a 14, que representam o crescimento populacional e a geração *per capita* de lixo, ressaltando-se o município de Barra dos Coqueiros que sofreu uma majoração de 35% no seu crescimento populacional.

**Tabela 14.** Estimativa de RSDV que serão gerados nos municípios da Grande Aracaju no período de 2007 a 2026.

MUNICÍPIO	PARÂMETROS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
ARACAJU	População (1.000 hab)	522,41	531,19	539,97	548,75	557,53	566,30	575,08	583,86	592,64	601,42	610,20	618,97	627,75	636,53	645,31	654,09	662,86	671,64	680,42	689,20
	Índice (kg/hab-dia)	0,850	0,877	0,904	0,930	0,957	0,984	1,011	1,038	1,064	1,091	1,118	1,145	1,172	1,198	1,225	1,252	1,279	1,306	1,332	1,359
	RSDV (ton/dia)	444,05	465,75	487,92	510,55	533,66	557,24	581,29	605,81	630,80	656,27	682,20	708,60	735,47	762,82	790,63	818,92	847,67	876,90	906,59	936,76
	Acumulado (1.000 ton)	162,08	332,08	510,17	696,52	891,31	1094,70	1306,87	1527,99	1758,24	1997,77	2246,78	2505,41	2773,86	3052,29	3340,87	3639,77	3949,17	4269,24	4600,15	4942,06
N. Sra. DO SOCORRO	População (1.000 hab)	180,44	186,90	193,36	199,82	206,28	212,74	219,20	225,66	232,12	238,58	245,04	251,50	257,96	264,42	270,88	277,34	283,80	290,26	296,72	303,18
	Índice (kg/hab-dia)	0,812	0,833	0,854	0,875	0,896	0,917	0,938	0,959	0,981	1,002	1,023	1,044	1,065	1,086	1,107	1,128	1,149	1,170	1,192	1,213
	RSDV (ton/dia)	146,48	155,67	165,13	174,86	184,87	195,15	205,70	216,52	227,62	238,99	250,63	262,54	274,73	287,19	299,92	312,93	326,20	339,75	353,57	367,67
	Acumulado (1.000 ton)	53,47	110,29	170,56	234,38	301,86	373,09	448,17	527,20	610,28	697,51	788,99	884,82	985,10	1089,92	1199,39	1313,61	1432,67	1556,68	1685,74	1819,93
SÃO CRISTÓVÃO	População (1.000 hab)	79,40	81,44	83,47	85,50	87,53	89,57	91,60	93,63	95,66	97,70	99,73	101,76	103,79	105,83	107,86	109,89	111,92	113,96	115,99	118,02
	Índice (kg/hab-dia)	0,701	0,719	0,738	0,756	0,775	0,793	0,811	0,830	0,848	0,867	0,885	0,903	0,922	0,940	0,959	0,977	0,995	1,014	1,032	1,051
	RSDV (ton/dia)	55,66	58,58	61,58	64,66	67,80	71,03	74,32	77,69	81,14	84,66	88,26	91,93	95,68	99,50	103,39	107,36	111,41	115,53	119,72	123,99
	Acumulado (1.000 ton)	20,32	41,70	64,18	87,78	112,52	138,45	165,58	193,93	223,55	254,45	286,67	320,22	355,15	391,46	429,20	468,39	509,05	551,22	594,92	640,18
BARRA DOS COQUEIROS	População (1.000 hab)	29,44	30,15	30,86	31,58	32,29	33,00	33,72	34,44	35,15	35,86	36,58	37,29	38,00	38,72	39,44	40,15	40,86	41,58	42,29	43,00
	Índice (kg/hab-dia)	0,673	0,683	0,692	0,701	0,710	0,719	0,729	0,738	0,747	0,756	0,765	0,775	0,784	0,793	0,802	0,811	0,821	0,830	0,839	0,848
	RSDV (ton/dia)	19,82	20,58	21,35	22,14	22,93	23,74	24,57	25,41	26,26	27,12	28,00	28,89	29,79	30,71	31,64	32,58	33,53	34,50	35,48	36,48
	Acumulado (1.000 ton)	7,24	14,75	22,54	30,62	38,99	47,68	56,63	65,90	75,48	85,38	95,60	106,14	117,02	128,22	139,77	151,66	163,90	176,50	189,45	202,76
REGIÃO METROPOLIT	População (1.000 hab)	811,69	829,68	847,66	865,65	883,63	901,61	919,6	937,59	955,57	973,56	991,55	1009,52	1027,5	1045,5	1063,49	1081,47	1099,44	1117,44	1135,42	1153,40
	RSDV (ton/dia)	666,01	700,58	735,98	772,21	809,26	847,16	885,88	925,43	965,82	1007,04	1049,09	1091,96	1135,67	1180,22	1225,58	1271,79	1318,81	1366,68	1415,36	1464,90
	Acumulado (1.000 ton)	243,11	498,82	767,45	1049,3	1344,68	1653,92	1977,25	2315,02	2667,55	3035,11	3418,04	3816,59	4231,13	4661,89	5109,23	5573,43	6054,79	6553,64	7070,26	7604,93

## 7.2. DIMENSÕES DA ÁREA DO ATERRO

Para se obter a estimativa dos volumes e área do futuro aterro metropolitano da Grande Aracaju, foram considerados os programas de reciclagem já implementados e também os que serão futuramente efetivados.

Na Grande Aracaju, dos quatro municípios que compõem a região apenas um tem programa de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos: Aracaju. Os outros somente terão condições efetiva de implementar seus programas de reciclagem, de acordo com as informações colhidas nas respectivas prefeituras, a partir do ano de 2012. Assim, até esse horizonte, haverá somente por parte desses municípios, ações no sentido de incentivar e capacitar catadores e artesãos, bem como criar estrutura física e de pessoal.

Tomando como base essas informações, foram estimadas as projeções das quantidades de resíduos que serão potencialmente reciclados em cada município, cujos dados resumidos estão apresentados na Tabela 15 e os dados anuais estão na Tabela 16. Esses dados foram calculados de acordo com a composição de materiais potencialmente recicláveis apresentados anteriormente na Tabela 11 para cada município, ajustados para o horizonte de alcance de projeto com taxa de crescimento de 1% ao ano.

**Tabela 15.** Projeção em ton/ano dos resíduos recicláveis na Grande Aracaju.

ANO	ARACAJU		N. Sra. do SOCORRO		SÃO CRISTÓVÃO		BARRA DOS COQUEIROS	
	Potencial	Efetiva	Potencial	Efetiva	Potencial	Efetiva	Potencial	Efetiva
2007	1766,66	712,49	-	-	-	-	-	-
2012	2318,69	935,13	384,64	54,23	139,99	37,11	46,80	14,95
2026	4376,53	1765,06	912,56	128,67	307,75	81,59	90,54	28,92

Observando-se a Tabela 16, verifica-se que para período de alcance de 15 anos a estimativa de geração de resíduos potencialmente recicláveis é de 1.615,04 ton/ano e para vinte anos é de 2.004,23 ton/ano, isso, considerando apenas o vidro, plástico, metal, papel e os inertes como efetivamente recicláveis.

**Tabela 16.** Estimativa de materiais recicláveis gerados nos municípios da Grande Aracaju no período de 2007 a 2026.

MUNICÍPIO	RECICLÁVEIS (ton)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
ARACAJU	Vidro 0,56%	9,89	10,47	11,07	11,69	12,33	12,98	13,66	14,36	15,09	15,83	16,59	17,38	18,19	19,02	19,88	20,76	21,66	22,58	23,53	24,51
	Plástico 15,66%	276,66	292,84	309,57	326,85	344,69	363,11	382,10	401,68	421,86	442,64	464,03	486,03	508,67	531,94	555,86	580,42	605,65	631,54	658,11	685,37
	Metal 2,13%	37,63	39,83	42,11	44,46	46,88	49,39	51,97	54,63	57,38	60,21	63,11	66,11	69,19	72,35	75,61	78,95	82,38	85,90	89,51	93,22
	Papel 21,01%	371,17	392,88	415,32	438,51	462,45	487,16	512,64	538,91	565,98	593,86	622,55	652,08	682,45	713,67	745,76	778,72	812,56	847,30	882,95	919,51
	Inertes 0,97%	17,14	18,14	19,17	20,25	21,35	22,49	23,67	24,88	26,13	27,42	28,74	30,11	31,51	32,95	34,43	35,95	37,51	39,12	40,76	42,45
N. Sra. DO SOCORRO	Vidro 0,33%	-	-	-	-	-	1,27	1,36	1,46	1,56	1,67	1,78	1,90	2,02	2,14	2,28	2,41	2,55	2,70	2,85	3,01
	Plástico 9,12%	-	-	-	-	-	35,08	37,66	40,36	43,19	46,14	49,22	52,44	55,79	59,27	62,90	66,67	70,58	74,64	78,86	83,23
	Metal 0,63%	-	-	-	-	-	2,42	2,60	2,79	2,98	3,19	3,40	3,62	3,85	4,09	4,34	4,61	4,88	5,16	5,45	5,75
	Papel 2,60%	-	-	-	-	-	10,00	10,74	11,51	12,31	13,15	14,03	14,95	15,90	16,90	17,93	19,01	20,12	21,28	22,48	23,73
	Inertes 1,42%	-	-	-	-	-	5,46	5,86	6,28	6,72	7,18	7,66	8,16	8,69	9,23	9,79	10,38	10,99	11,62	12,28	12,96
SÃO CRISTÓVÃO	Vidro 1,38%	-	-	-	-	-	1,93	2,06	2,19	2,33	2,47	2,62	2,78	2,94	3,11	3,28	3,46	3,65	3,84	4,04	4,25
	Plástico 9,98%	-	-	-	-	-	13,97	14,89	15,85	16,85	17,89	18,97	20,09	21,26	22,47	23,73	25,03	26,38	27,78	29,22	30,71
	Metal 0,90%	-	-	-	-	-	1,26	1,34	1,43	1,52	1,61	1,71	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,38	2,50	2,64	2,77
	Papel 12,57%	-	-	-	-	-	17,60	18,75	19,96	21,22	22,53	23,89	25,31	26,78	28,30	29,89	31,53	33,22	34,98	36,80	38,68
	Inertes 1,68%	-	-	-	-	-	2,35	2,51	2,67	2,84	3,01	3,19	3,38	3,58	3,78	3,99	4,21	4,44	4,68	4,92	5,17
BARRA DOS COQUEIROS	Vidro 2,26%	-	-	-	-	-	1,06	1,11	1,17	1,23	1,30	1,36	1,43	1,50	1,57	1,64	1,72	1,80	1,88	1,96	2,05
	Plástico 10,43%	-	-	-	-	-	4,88	5,14	5,42	5,70	5,99	6,29	6,60	6,92	7,25	7,59	7,94	8,30	8,67	9,05	9,44
	Metal 1,24%	-	-	-	-	-	0,58	0,61	0,64	0,68	0,71	0,75	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,99	1,03	1,08	1,12
	Papel 16,15%	-	-	-	-	-	7,56	7,97	8,39	8,82	9,27	9,74	10,22	10,71	11,22	11,75	12,29	12,85	13,42	14,01	14,62
	Inertes 1,86%	-	-	-	-	-	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,18	1,23	1,29	1,35	1,42	1,48	1,55	1,61	1,68
REGIÃO METROPOLIT	Reciclado (ton/ano)	712,49	754,16	797,24	841,76	887,7	1041,42	1097,56	1155,55	1215,41	1277,14	1340,75	1406,36	1473,92	1543,44	1615,04	1688,68	1764,37	1842,17	1922,11	2004,23
	Acumulado (1.000 ton)	0,71	1,47	2,26	3,11	3,99	5,03	6,13	7,29	8,50	9,78	11,12	12,53	14,00	15,54	17,16	18,85	20,61	22,46	24,38	26,38

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 14 e 16, estimou-se a quantidade de lixo a ser depositado no aterro sanitário, cuja quantidade de resíduos aterrado, acumulado para o período de 15 anos é de 5.094.380 ton, e para 20 anos é de 7.581.210 ton.

Como as células do aterro serão cobertas com solo ao final de cada jornada de trabalho, considerou-se um acréscimo de 30% no volume total de acordo com a literatura (FEAM, 2005), obtendo-se que para o período de 15 anos o volume do aterro será de 8.274.620 m<sup>3</sup>, e para 20 anos será de 12.315.160 m<sup>3</sup>.

Para se calcular a área do aterro sanitário, considerou-se a altura de média de trinta metros para o condicionamento das células, e utilizou-se a Equação 5. Dessa forma, pôde-se estimar a área de disposição dos resíduos, acrescida de 50% da área de aterro para implantação de área verde circundando o aterro; instalações de apoio (portaria, administração, balança, almoxarifado); estação de tratamento de chorume; pátio de estocagem e compostagem; área livre e queimadores (Flair); valas sépticas. Essas considerações levaram a uma área de 41,4 ha para um período de 15 anos e de 61,6 ha.

A Tabela 17 apresenta, resumidamente os dados de quantidade, volume e área necessária para a implantação do aterro sanitário da Grande Aracaju, e as Tabelas 18 e 19 apresentam os valores anuais dos dados calculados, por município e agrupados para a Grande Aracaju.

**Tabela 17.** Estimativa das áreas para o aterro metropolitano de Aracaju.

Ano	População	RSDV (tonelada/dia)	RSDV ACUMULADO (toneladas)	RSDV ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	Área do Aterro (hectares)
2021	1.063.490	1.225,58	5.094.380	8.274.620	<b>41,37</b>
2026	1.153.400	1.464,90	7.581.210	12.315.160	<b>61,57</b>

**Tabela 18.** Estimativa de RSDV depositados no Aterro Metropolitano da Grande Aracaju no período de 2007 a 2026.

MUNICÍPIO	RSDV	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
ARACAJU	Total Gerado 1.000 ton (A)	162,08	170,00	178,09	186,35	194,79	203,39	212,17	221,12	230,24	239,54	249,00	258,64	268,45	278,43	288,58	298,90	309,40	320,07	330,91	341,92
	Total Reciclado ton (B)	712,49	754,16	797,24	841,75	887,70	935,13	984,04	1034,47	1086,43	1139,94	1195,03	1251,71	1310,01	1369,94	1431,53	1494,79	1559,76	1626,45	1694,87	1765,06
	Aterro 1.000 ton (A-B)	161,37	169,25	177,29	185,51	193,90	202,45	211,19	220,09	229,15	238,40	247,80	257,39	267,14	277,06	287,15	297,41	307,84	318,44	329,22	340,15
	Acumulado (1.000 ton)	161,37	330,61	507,91	693,41	887,32	1089,77	1300,96	1521,04	1750,20	1988,60	2236,40	2493,79	2760,93	3037,99	3325,14	3622,54	3930,38	4248,83	4578,04	4918,20
N. Sra. DO SOCORRO	Total Gerado 1.000 ton (A)	53,47	56,82	60,27	63,83	67,48	71,23	75,08	79,03	83,08	87,23	91,48	95,83	100,28	104,82	109,47	114,22	119,06	124,01	129,05	134,20
	Total Reciclado ton (B)	-	-	-	-	-	54,23	58,22	62,40	66,77	71,34	76,10	81,07	86,25	91,64	97,24	103,07	109,12	115,40	121,92	128,67
	Aterro 1.000 ton (A-B)	53,47	56,82	60,27	63,83	67,48	71,18	75,02	78,97	83,01	87,16	91,40	95,75	100,19	104,73	109,37	114,12	118,95	123,89	128,93	134,07
	Acumulado (1.000 ton)	53,47	110,29	170,56	234,39	301,87	373,05	448,07	527,04	610,05	697,21	788,61	884,36	984,55	1089,28	1198,65	1312,77	1431,72	1555,62	1684,55	1818,62
SÃO CRISTÓVÃO	Total Gerado 1.000 ton (A)	20,32	21,38	22,48	23,60	24,75	25,92	27,13	28,36	29,62	30,90	32,21	33,55	34,92	36,32	37,74	39,19	40,66	42,17	43,70	45,26
	Total Reciclado ton (B)	-	-	-	-	-	37,11	39,55	42,10	44,75	47,51	50,39	53,37	56,47	59,69	63,03	66,49	70,07	73,78	77,62	81,59
	Aterro 1.000 ton (A-B)	20,32	21,38	22,48	23,60	24,75	25,88	27,09	28,32	29,58	30,85	32,16	33,50	34,86	36,26	37,68	39,12	40,59	42,10	43,62	45,18
	Acumulado (1.000 ton)	20,32	41,70	64,18	87,78	112,53	138,41	165,50	193,82	223,40	254,25	286,41	319,91	354,77	391,03	428,71	467,83	508,42	550,52	594,14	639,32
BARRA DOS COQUEIROS	Total Gerado 1.000 ton (A)	7,23	7,51	7,79	8,08	8,37	8,67	8,97	9,27	9,90	10,22	10,54	10,87	11,21	11,55	11,89	12,24	12,24	12,59	12,95	13,31
	Total Reciclado ton (B)	-	-	-	-	-	14,95	15,75	16,59	17,45	18,34	19,26	20,21	21,18	22,19	23,23	24,31	25,41	26,55	27,72	28,92
	Aterro 1.000 ton (A-B)	7,23	7,51	7,79	8,08	8,37	8,66	8,95	9,25	9,88	10,20	10,52	10,85	11,19	11,53	11,87	12,22	12,21	12,56	12,92	13,28
	Acumulado (1.000 ton)	7,23	14,74	22,53	30,61	38,98	47,64	56,59	65,84	75,73	85,93	96,45	107,30	118,49	130,01	141,88	154,10	166,31	178,87	191,80	205,08
REGIÃO METROPOLIT	Total Gerado (1.000 ton)	243,1	255,71	268,63	281,86	295,39	309,21	323,35	337,78	352,84	367,89	383,23	398,89	414,86	431,12	447,68	464,55	481,36	498,84	516,61	534,69
	Total Reciclado (ton)	712,49	754,16	797,24	841,75	887,7	1041,42	1097,56	1155,56	1215,4	1277,13	1340,78	1406,36	1473,91	1543,46	1615,03	1688,66	1764,36	1842,18	1922,13	2004,24
	Depositado no Aterro (1.000 ton/ano)	242,39	254,96	267,83	281,02	294,50	308,17	322,25	336,62	351,62	366,61	381,89	397,48	413,39	429,58	446,06	462,86	479,60	497,00	514,69	532,69
	Acumulado no Aterro (1.000 ton)	242,39	497,34	765,18	1046,19	1340,70	1648,87	1971,12	2307,74	2659,37	3025,98	3407,87	3805,35	4218,74	4648,32	5094,38	5557,24	6036,84	6533,83	7048,52	7581,21

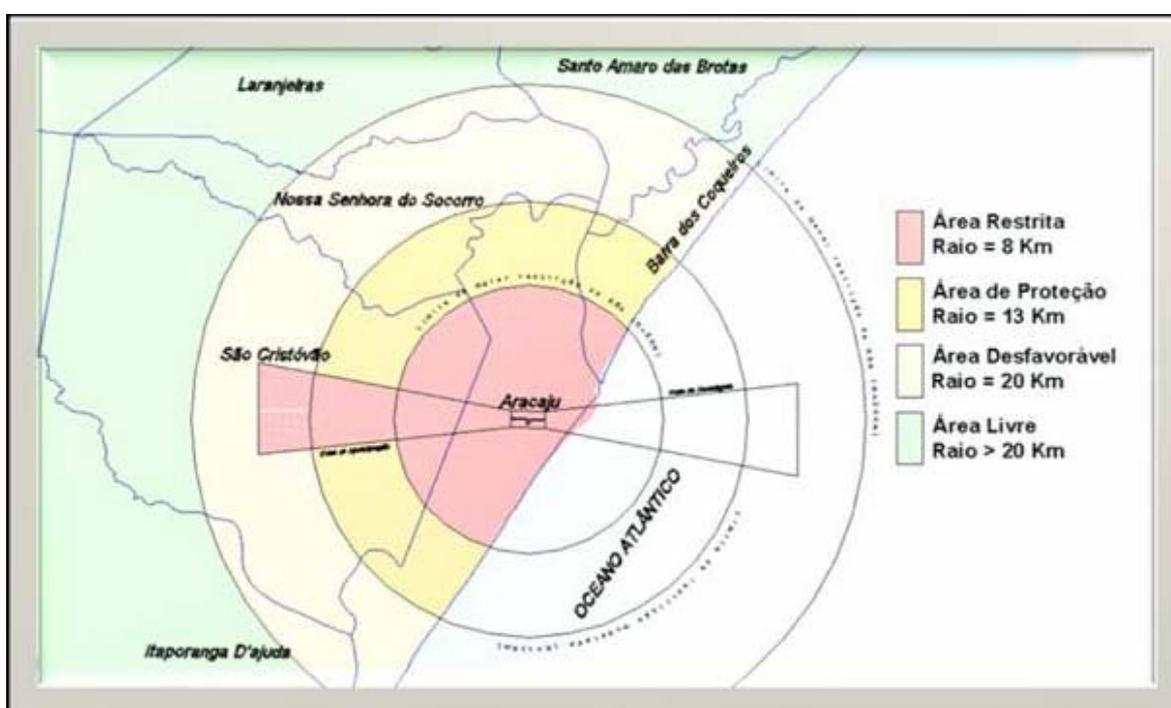
**Tabela 19.** Estimativa dos volumes e áreas do Aterro Metropolitano da Grande Aracaju no período de 2007 a 2026.

MUNICÍPIO	ATERRO SANITÁRIO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
ARACAJU	Volume Aterro (1.000 m <sup>3</sup> )	201,71	413,26	634,88	866,77	1109,14	1362,21	1626,20	1901,31	2187,75	2485,75	2795,51	3117,24	3451,17	3797,49	4156,42	4528,19	4912,99	5311,04	5722,55	6147,74
	Células Cobertas (m <sup>3</sup> )	262,22	537,24	825,34	1126,80	1441,88	1770,88	2114,06	2471,70	2844,08	3231,48	3634,16	4052,42	4486,52	4936,73	5403,35	5886,64	6386,88	6904,35	7439,31	7992,06
	Área para Disposição (ha)	0,87	1,79	2,75	3,76	4,81	5,90	7,05	8,24	9,48	10,77	12,11	13,51	14,96	16,46	18,01	19,62	21,29	23,01	24,80	26,64
	Área do Aterro (ha)	1,31	2,69	4,13	5,63	7,21	8,85	10,57	12,36	14,22	16,16	18,17	20,26	22,43	24,68	27,02	29,43	31,93	34,52	37,20	39,96
N. Sra. DO SOCORRO	Volume Aterro (1.000 m <sup>3</sup> )	66,83	137,86	213,20	292,98	377,33	466,30	560,07	658,78	762,55	871,50	985,75	1105,44	1230,68	1361,59	1498,31	1640,95	1789,65	1944,51	2105,68	2273,27
	Células Cobertas (m <sup>3</sup> )	86,88	179,21	277,16	380,87	490,53	606,18	728,10	856,42	991,32	1132,95	1281,48	1437,07	1599,88	1770,07	1947,80	2133,24	2326,54	2527,87	2737,38	2955,25
	Área para Disposição (ha)	0,29	0,60	0,92	1,27	1,64	2,02	2,43	2,85	3,30	3,78	4,27	4,79	5,33	5,90	6,49	7,11	7,76	8,43	9,12	9,85
	Área do Aterro (ha)	0,43	0,90	1,39	1,90	2,45	3,03	3,64	4,28	4,96	5,66	6,41	7,19	8,00	8,85	9,74	10,67	11,63	12,64	13,69	14,78
SÃO CRISTÓVÃO	Volume Aterro (1.000 m <sup>3</sup> )	25,40	52,12	80,22	109,72	140,66	173,01	206,87	242,27	279,23	317,80	358,01	399,89	443,47	488,79	535,88	584,79	635,53	688,15	742,67	799,14
	Células Cobertas (m <sup>3</sup> )	33,01	67,76	104,29	142,64	182,85	224,92	268,94	314,95	363,01	413,14	465,41	519,85	576,51	635,43	696,65	760,22	826,19	894,59	965,48	1038,89
	Área para Disposição (ha)	0,11	0,23	0,35	0,48	0,61	0,75	0,90	1,05	1,21	1,38	1,55	1,73	1,92	2,12	2,32	2,53	2,75	2,98	3,22	3,46
	Área do Aterro (ha)	0,17	0,34	0,52	0,71	0,91	1,12	1,34	1,57	1,82	2,07	2,33	2,60	2,88	3,18	3,48	3,80	4,13	4,47	4,83	5,19
BARRA DOS COQUEIROS	Volume Aterro (1.000 m <sup>3</sup> )	9,04	18,43	28,17	38,27	48,74	59,55	70,74	82,31	94,27	106,62	119,37	132,53	146,09	160,07	174,48	189,31	204,58	220,29	236,44	253,05
	Células Cobertas (m <sup>3</sup> )	11,76	23,96	36,63	49,76	63,36	77,42	91,97	107,01	122,55	138,61	155,18	172,28	189,92	208,10	226,82	246,10	265,95	286,37	307,37	328,96
	Área para Disposição (ha)	0,04	0,08	0,12	0,17	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,52	0,57	0,63	0,69	0,76	0,82	0,89	0,95	1,02	1,10
	Área do Aterro (ha)	0,06	0,12	0,18	0,25	0,32	0,39	0,46	0,54	0,61	0,69	0,78	0,86	0,95	1,04	1,13	1,23	1,33	1,43	1,54	1,64
REGIÃO METROPOLIT	Volume Aterro (1.000 m <sup>3</sup> )	393,87	808,17	1243,42	1700,07	2178,62	2679,4	3203,07	3750,08	4320,96	4916,18	5536,23	6181,62	6852,83	7550,33	8274,62	9026,2	9805,56	10613,18	11449,54	12315,16
	Área do Aterro (ha)	1,97	4,05	6,22	8,49	10,89	13,39	16,01	18,75	21,61	24,58	27,69	30,91	34,26	37,75	41,37	45,13	49,02	53,06	57,26	61,57

### 7.3. SELEÇÃO DE ÁREAS PARA O ATERRO SANITÁRIO

#### 7.3.1. DELIMITAÇÃO DAS MACRO-ÁREAS DE RESTRIÇÃO

Na construção das Macro-Áreas inicialmente foram levadas em consideração as distâncias indicadas na Resolução CONAMA 004/95 e do Transport Air Canadá TAC/OACI, associadas às normas de aviação que recomendam raios de 8 Km, 13 Km e 20 Km de maior para menor restrição, bem como os cones de decolagem e aterrissagem, e elaborado o Mapa de Segurança Aeroportuária, apresentado na Figura 20.



**Figura 20.** Mapa de segurança aeroportuária.

Em seguida foram identificadas as manchas urbanas, e da Área de Proteção Ambiental (APA) do Morro do Urubú, e elaborado o Mapa de ASAs, Manchas Urbanas e APA do Morro Urubú, apresentado na Figura 21. Da mesma forma, identificou-se as áreas de expansão urbana, de mangues e restingas, criando o Mapa de ASAs, zonas urbanas e de expansão, zonas turística, áreas de manguezais e restinga, ilustrado na Figura 22.

Analisando a Figura 21, observa-se que, tanto a APA como grande parte da zona urbana da área estudada ficam embutidas na área de restrição aeroportuária, e conseqüentemente tendem a ser invalidadas na seleção.

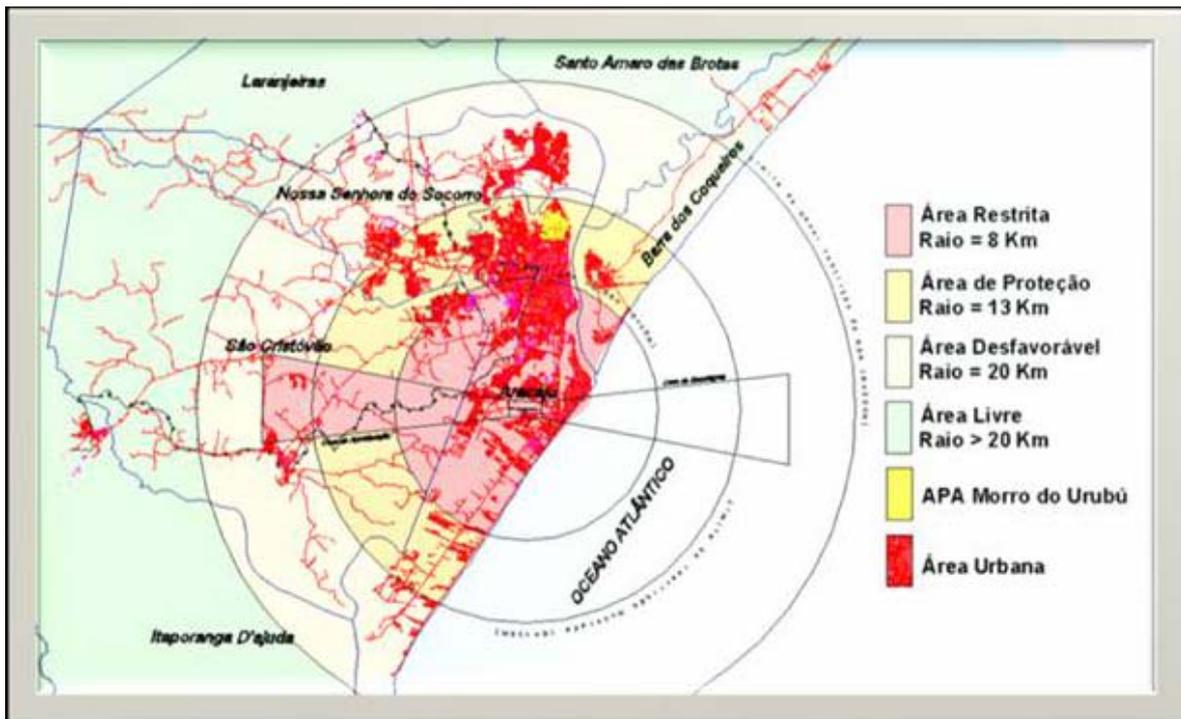


Figura 21. Mapa das ASAs, zonas urbanas e APA do Morro do Urubú.

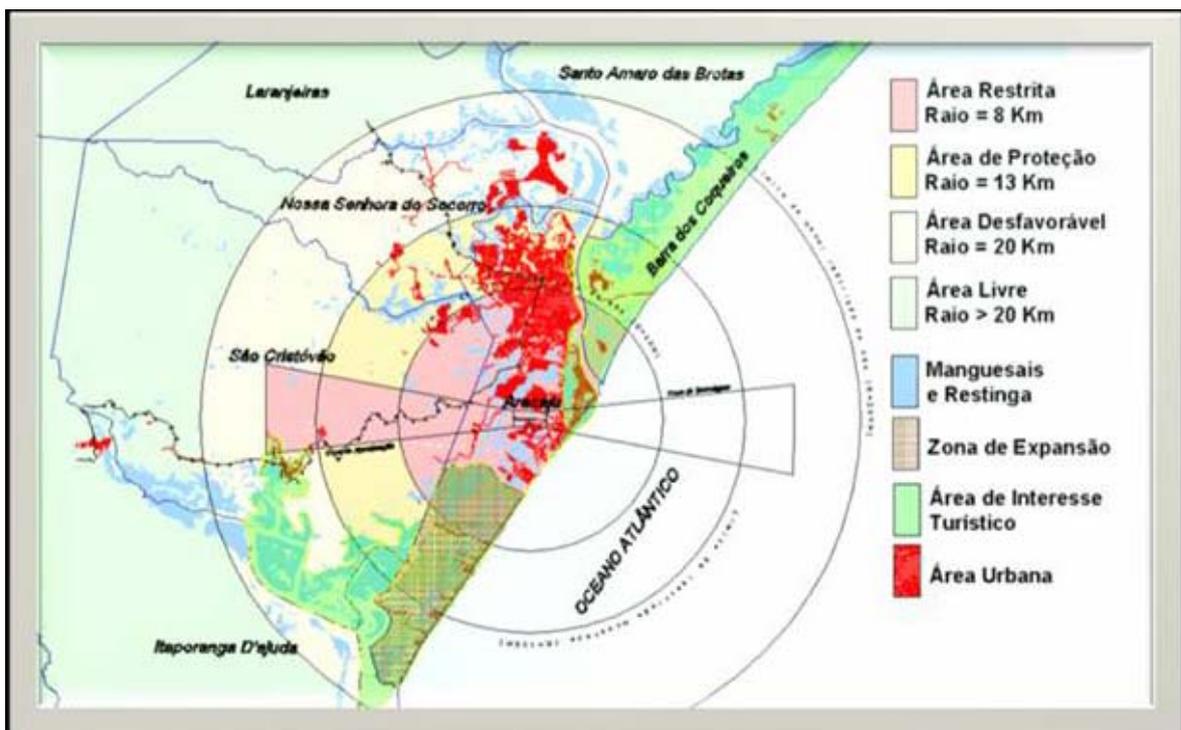
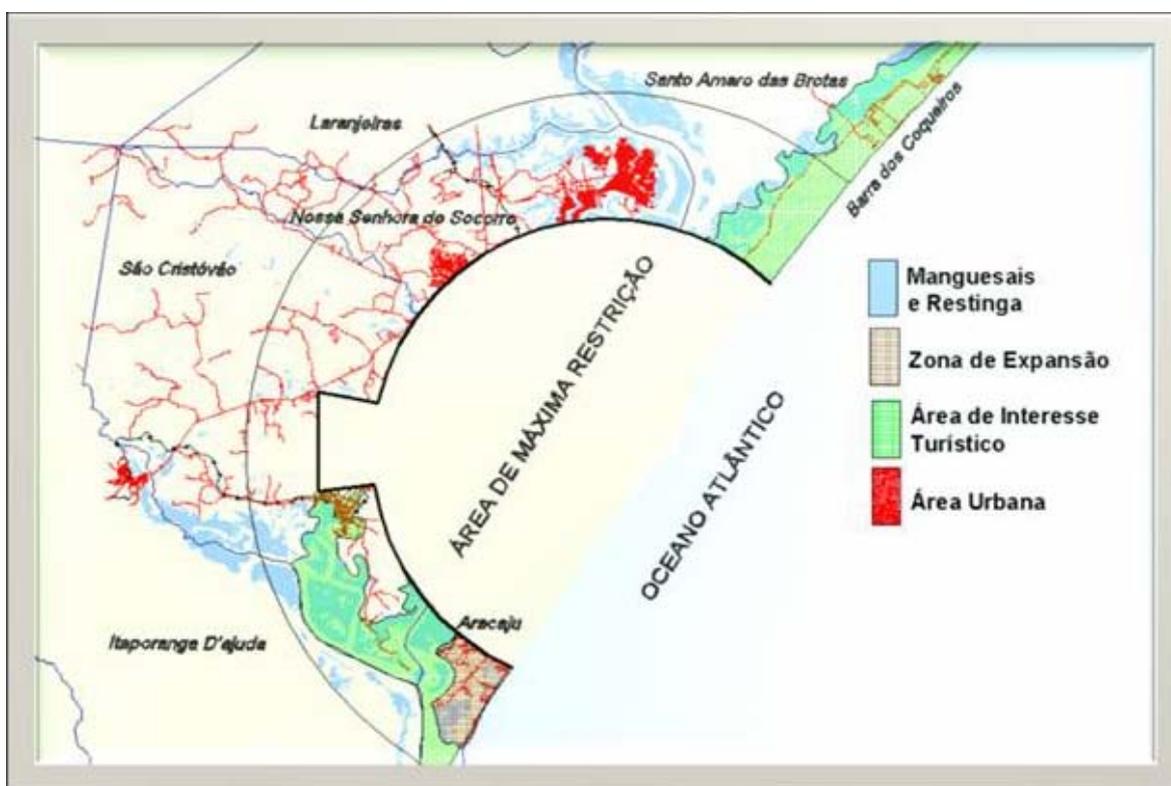


Figura 22. Mapa das ASAs, zonas urbanas e de expansão, zonas turística, áreas de manguezais e restinga.

Analisando a Figura 23, percebe-se que ao excluir do mapa a zona de máxima restrição da ASA, compreendida pelos raios de 8 Km e 13 Km associados

aos cones de decolagem e aterrissagem, elimina-se quase que por inteiro o território aracajuano.

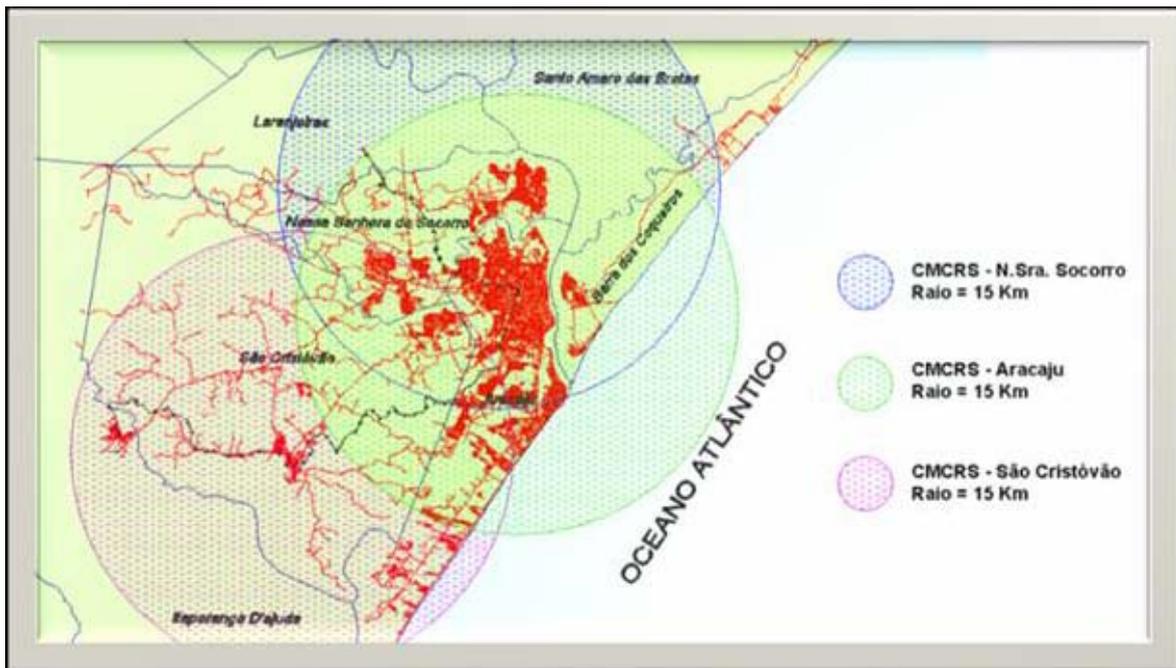


**Figura 23.** Mapa da zona de máxima restrição na Grande Aracaju.

Esse fato já era esperado, pois o aeroporto localiza-se quase que no centro geométrico do município, ficando livre de restrição, apenas a zona com raio acima de 20 Km e a ASA entre 13 Km e 20 Km, considerada desfavorável. Importa lembrar que de acordo com a Resolução CONAMA 004/95, a área da ASA poderá ser alterada pela autoridade aeronáutica competente.

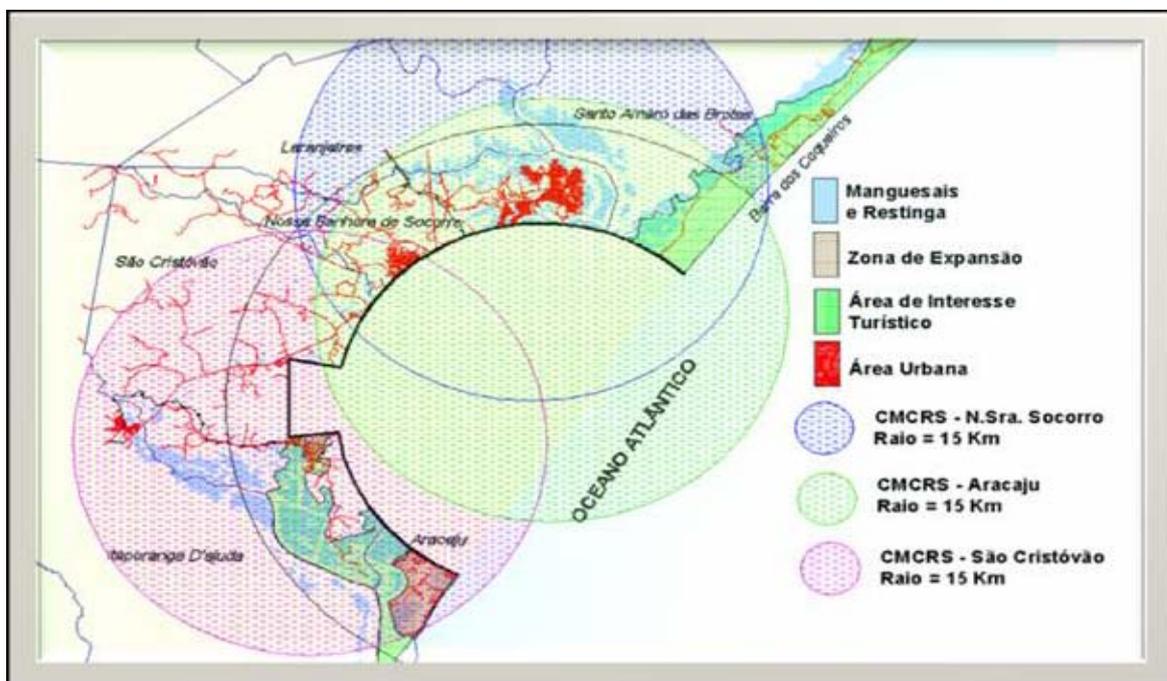
Depois de identificada a área de maior restrição quanto a implantação de aterro sanitário na Grande Aracaju, foi criado um mapa com os centros de coleta de massa de resíduos sólidos - CMCRS dos municípios de Aracajú, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão, como ilustrado na Figura 24.

Contudo, além de se determinar os CMCRS com a finalidade de analisar aspectos que balizarão a viabilidade da coleta e transporte dos resíduos, é imperativo que se efetue a interseção entre áreas que compartilham interesses com as regiões que possivelmente possam receber o aterro sanitário.



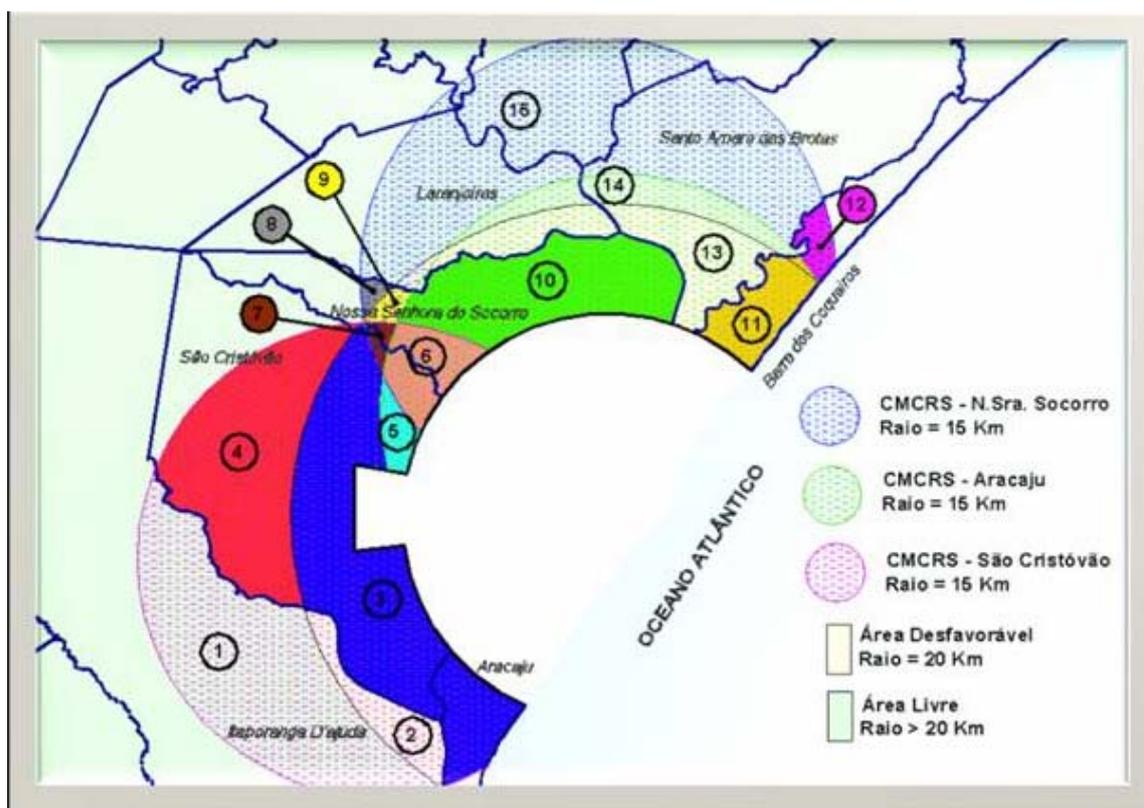
**Figura 24.** Mapa dos CMCRS da Grande Aracaju.

Dessa forma foi cruzado o Mapa da zona de máxima restrição na Grande Aracaju (Figura 23) com o Mapa dos CMCRS da Grande Aracaju (Figura 24) e criado o Mapa dos CMCRS e zonas de interesse prioritário na Grande Aracaju, ilustrado na Figura 25.



**Figura 25.** Mapa dos CMCRS e zonas de interesse prioritário na Grande Aracaju.

Analisando a Figura 25, que evidencia as interseções entre os limites municipais, os três Centros de Massa de Coleta de Resíduos Sólidos – CMCRS, a Área de Segurança Aeroportuária - ASA de raio 20 Km, ao tempo em que exclui a zona de máxima restrição, observa-se a existência de quinze regiões (macro-áreas preliminares) que podem ser estudadas quanto a viabilidade de receber um empreendimento do tipo aterro sanitário. A Figura 26 mostra o Mapa de Macro-áreas preliminares para implantação de aterro sanitário.



**Figura 26.** Mapa de macro-áreas preliminares para implantação de aterro sanitário.

Analisando discretamente cada uma das regiões, as quais chamam-se de macro-áreas preliminares, verifica-se que apenas a região 6 atende aos três CMCRS, mas no entanto está dentro do raio da ASA de 20 km.

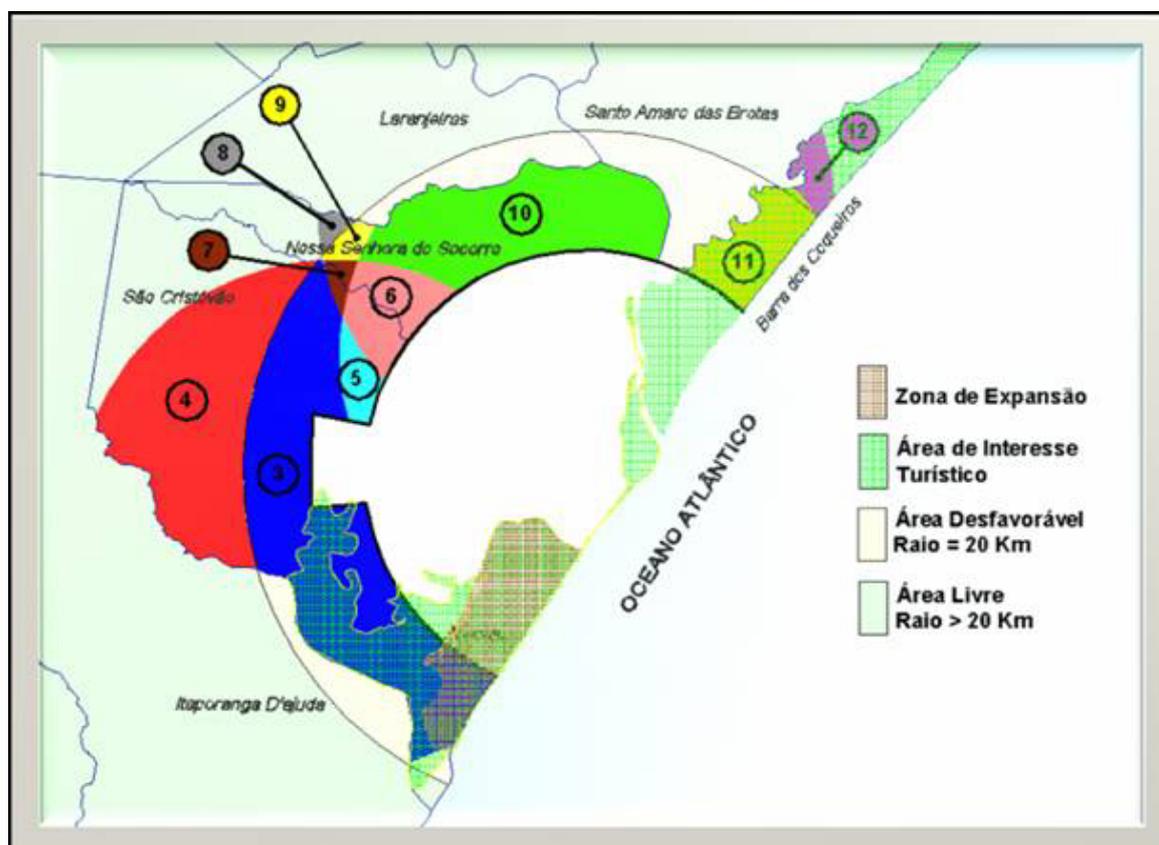
Considerando o limite espacial dos municípios da região metropolitana, definida pelo IBGE como microrregião da Grande Aracaju, observa-se que as porções 1, 2, 13, 14 e 15 encontram-se fora destes limites, e que, especificamente as regiões 1 e 15, distantes em média 30 Km dos CMCRS de Aracaju e São Cristóvão, faz com que estas se tornem inválidas para a seleção. Já as regiões 4 e 8 estão inseridas nos territórios municipais da Grande Aracaju e

inteiramente na zona livre da ASA, porém só atendem a um CMCRS, São Cristóvão e N. Sra. do Socorro, respectivamente.

Para o caso da região 12, esta localiza-se na zona livre da ASA, embora muito distante do CMCRS de São Cristóvão. As regiões 5, 7 e 9 oferecem a vantagem de estarem muito próximas umas das outras e dos três CMCRS, contudo ainda dentro da ASA de 20 Km. As regiões 3 e 10, apresentam-se bastante extensas, contudo ainda com problema semelhante a outras regiões que se distanciam dos CMCRS opostos e encontram-se inseridas na ASA de 20 Km.

Por fim, a região 11, mantém boa proximidade com o CMCRS de Aracaju e N. Sra. do Socorro, mas situa-se muito longe do município de São Cristóvão, o que a inviabiliza do ponto de vista da gestão dos resíduos sólidos.

Depois da seleção das macro-áreas preliminares de restrição, foi feita a sobreposição destas, com as áreas consideradas de interesse turístico e de expansão urbana, gerando o Mapa de macro-áreas preliminares, de expansão urbana e interesse turístico, ilustrado na Figura 27.



**Figura 27.** Mapa das macro-áreas selecionadas, de expansão urbana e interesse turístico.

Essa sobreposição resultou na exclusão total das regiões 11 e 12, e de parte da região 3. Para melhor visualização da análise das macro-áreas preliminares, criou-se a Tabela 20, a qual mostra os condicionantes restritivos encontrados em cada uma das macro-áreas e, quais delas foram descartadas ou habilitadas para uma investigação mais aprofundada.

**Tabela 20.** Resumo da análise das macro-áreas preliminares.

MACRO-ÁREA	CONDIÇÕES RESTRITIVAS	SITUAÇÃO
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fora dos limites da Grande Aracaju.</li> <li>➤ Distância superior a 30 Km dos CMCRS de Aracaju e N. Sra. do Socorro.</li> </ul>	Descartada
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fora dos limites da Grande Aracaju.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> <li>➤ Não atende aos CMCRS de Aracaju e N. Sra. do Socorro.</li> </ul>	Descartada
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> <li>➤ Dentro da área de interesse turístico e zona de expansão urbana.</li> <li>➤ Não atende aos CMCRS de Aracaju e N. Sra. do Socorro.</li> </ul>	Fracionada e Pré-selecionada
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende aos CMCRS de Aracaju e N. Sra. do Socorro.</li> </ul>	Pré-selecionada
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende ao CMCRS de N. Sra. do Socorro.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> </ul>	Pré-selecionada
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> </ul>	Pré-selecionada
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende ao CMCRS de Aracaju.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> </ul>	Pré-selecionada
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende aos CMCRS de Aracaju e São Cristóvão.</li> </ul>	Pré-selecionada
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende aos CMCRS de Aracaju e São Cristóvão.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> </ul>	Pré-selecionada
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não atende ao CMCRS de São Cristóvão.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> </ul>	Pré-selecionada
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dentro da área de interesse turístico.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> <li>➤ Não atende ao CMCRS de São Cristóvão.</li> </ul>	Descartada
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dentro da área de interesse turístico.</li> <li>➤ Não atende aos CMCRS de São Cristóvão e Aracaju.</li> </ul>	Descartada
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fora dos limites da Grande Aracaju.</li> <li>➤ Dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km.</li> <li>➤ Não atende ao CMCRS de São Cristóvão.</li> </ul>	Descartada
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fora dos limites da Grande Aracaju.</li> <li>➤ Não atende ao CMCRS de São Cristóvão.</li> </ul>	Descartada
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fora dos limites da Grande Aracaju.</li> <li>➤ Distância superior a 30 Km do CMCRS de Aracaju e São Cristóvão.</li> </ul>	Descartada

Como pode ser observado na Tabela 20 foram selecionadas oito macro-áreas, as quais se encontram distintas por cor e identificadas numericamente no Mapa de macro-áreas para aterro sanitário apresentado na Figura 28.

Contudo tratam-se de áreas dotadas de grandes extensões, que, necessariamente precisam ser melhor estudadas a fim de se encontrar porções mais específicas e verdadeiramente aptas, do ponto de vista ambiental, físico e antrópico, para receber o aterro sanitário da Grande Aracaju.

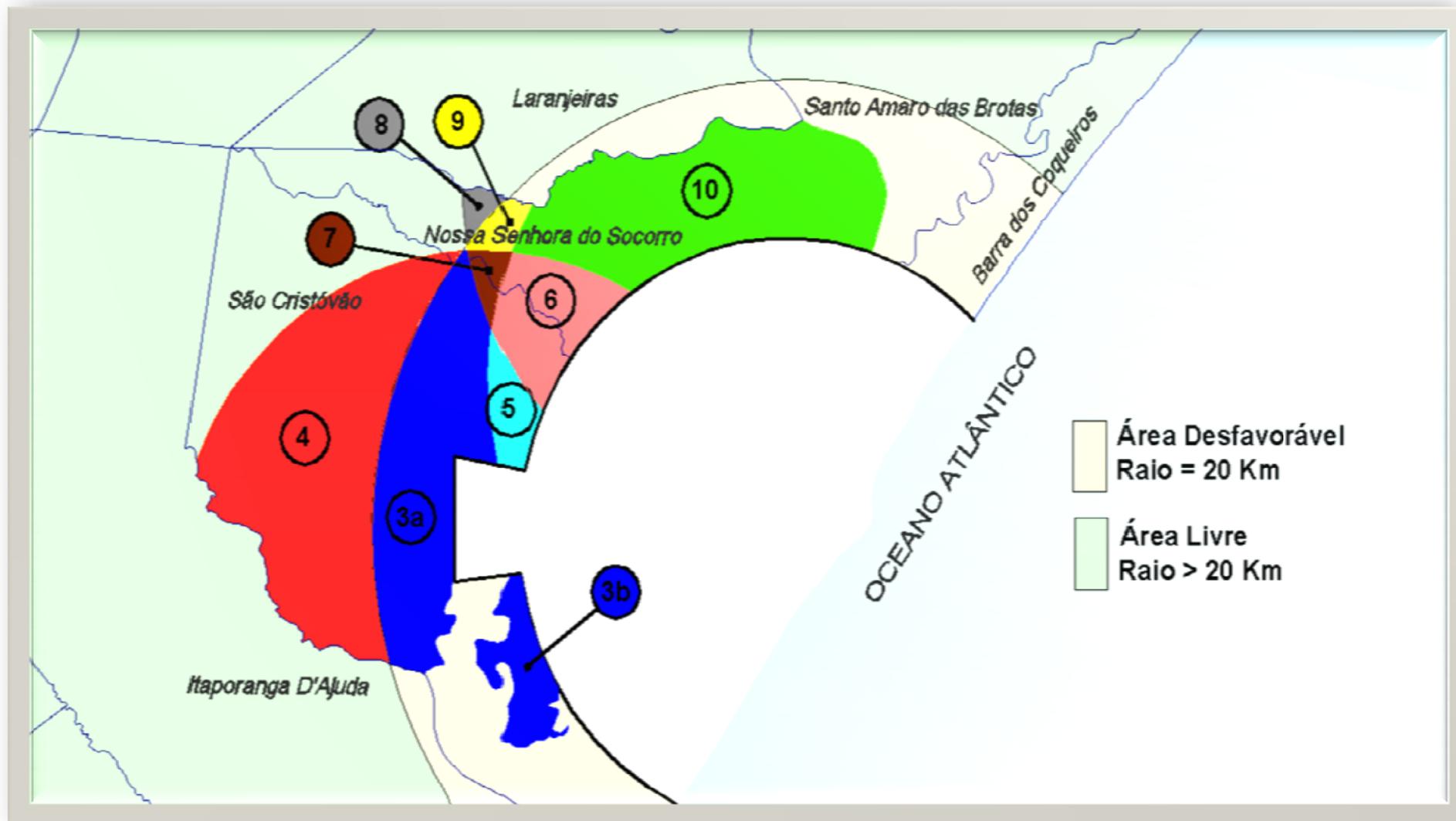
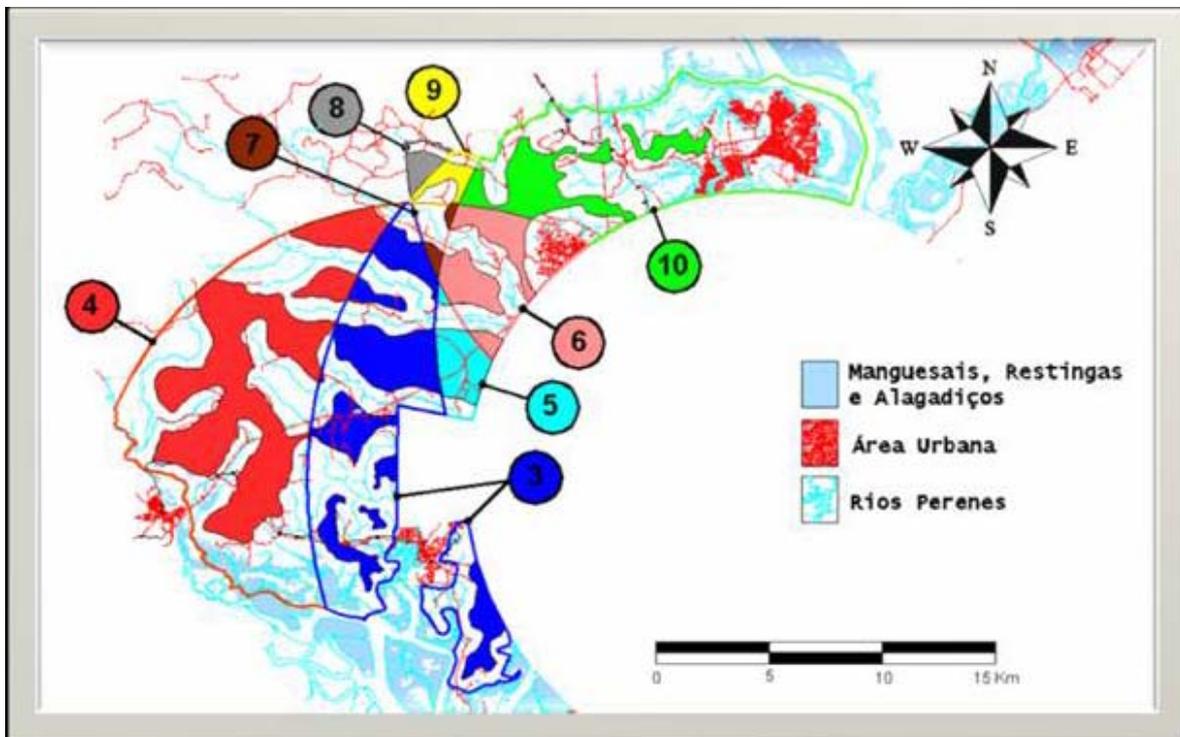


Figura 28. Mapa de macro-áreas para aterro sanitário

### 7.3.2. SELEÇÃO DAS ÁREAS ESPECÍFICAS PARA ATERRO SANITÁRIO

Com o objetivo de selecionar áreas específicas dentro das macro-áreas selecionadas, inicialmente trabalhou-se com as restrições referentes às feições características de coleções hídricas (rios perenes, mangues, alagadiços) e aglomerados urbanos.

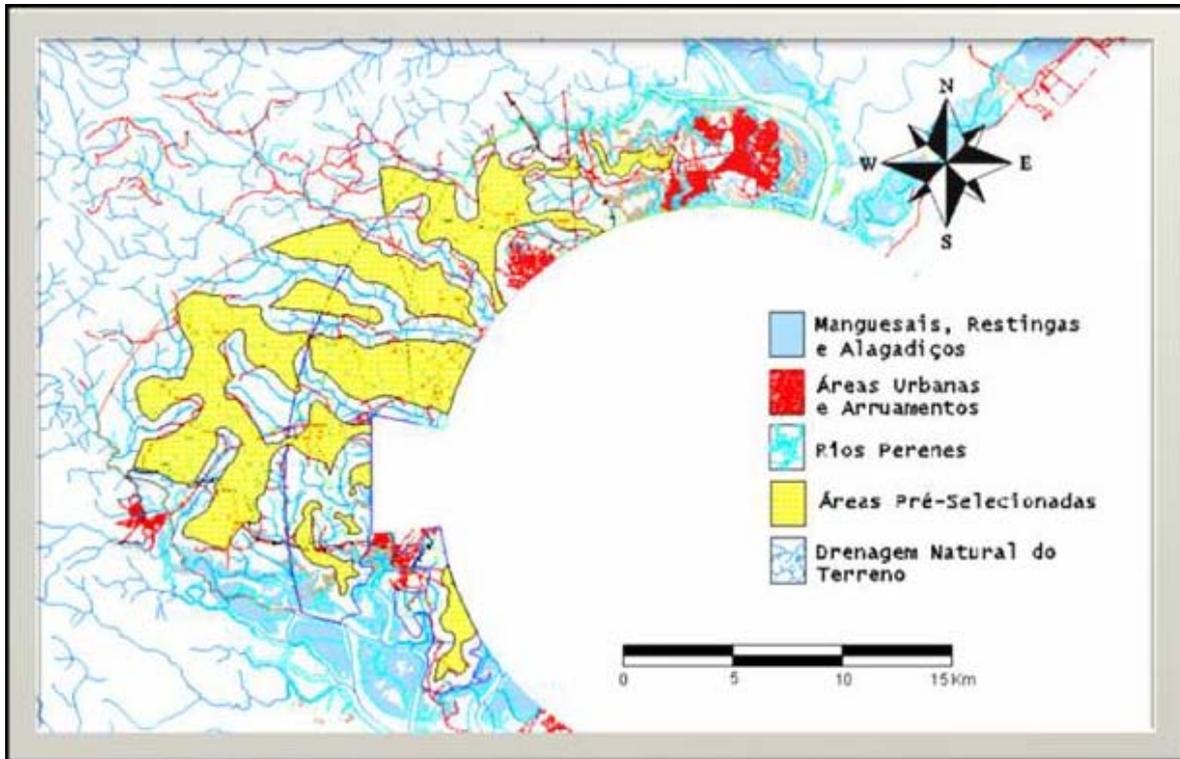
Dessa forma foi sobreposto o “Mapa de macro-áreas para aterro sanitário” (Figura 28), com imagens vetoriais dos rios, cidades, povoados e ecossistemas mais frágeis, e construí-se o “Mapa de macro-áreas restritas por coleções hídricas e centros urbanos”, ilustrado na Figura 29.



**Figura 29.** Mapa de macro-áreas restritas por coleções hídricas e centros urbanos.

Em seguida, as macro-áreas restritas por coleções hídricas e centros urbanos (Figura 29), foram submetidas ao crivo do deflúvio superficial. Desse modo, recorrendo às ortofotocartas da SEPLAN, para se obter curvas de nível com resolução de 5 m, e utilizando o software Spring/INPE, obteve-se a malha indicativa do escoamento superficial, possibilitando nova análise das macro-áreas preliminares e elaborando-se o “Mapa das macro-áreas restritas e drenagem

natural do terreno”, ilustrado na Figura 30, que aponta áreas de fluxos intermitentes do terreno.

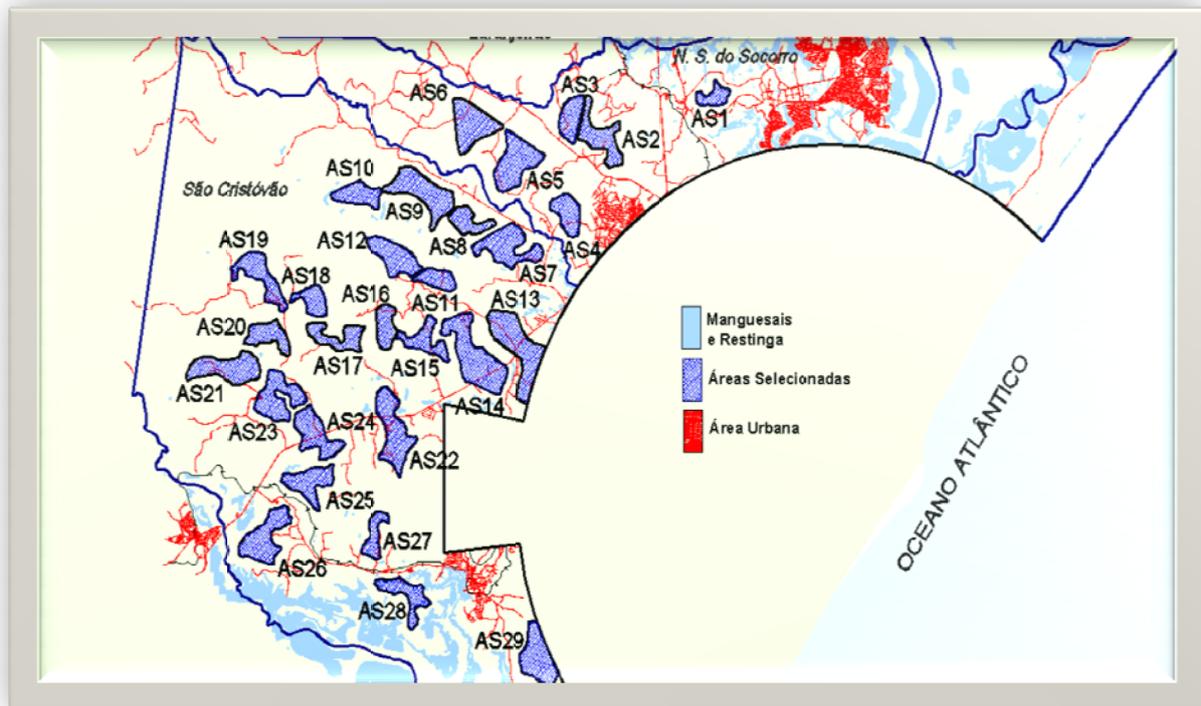


**Figura 30.** Mapa das macro-áreas restritas e drenagem natural do terreno.

Visando facilitar a análise, as macro-áreas restritas e drenagem natural do terreno (Figura 30) foram decompostas em porções menores, visando extrair feições unicamente delimitadas pelo deflúvio superficial do terreno, evitando assim regiões onde o potencial de escoamento é maior.

Isso impede que o aterro sanitário seja instalado em locais onde seus efluentes sejam facilmente carregados para os corpos hídricos, diminuindo a vulnerabilidade do empreendimento, embora mesmo assim aconselha-se que se escolha uma área com facilidade natural na drenagem pluvial.

Essa decomposição levou a indicação de 29 áreas selecionadas para implantação de aterro sanitário as quais estão apresentadas no “Mapa de áreas pré-selecionadas para implantação de aterro sanitário”, contido na Figura 31.



**Figura 31.** Mapa de áreas pré-selecionadas para implantação de aterro sanitário.

As 29 áreas selecionadas nas macro-áreas foram analisadas segundo critérios de hipsometria, declividade, uso do solo e cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, pedologia e dimensões requeridas para o aterro sanitário para vida útil de 15 e 20 anos.

Esta análise levou a desclassificação de 20 áreas (AS1, AS3, AS4, AS5, AS7, AS10, AS11, AS12, AS14, AS15, AS18, AS19, AS22, AS23, AS24, AS25, AS26, AS27, AS28 e AS29), cujas principais características que levaram a desabilitação dessas áreas estão apresentadas na Tabela 21.

Conseqüentemente, foram habilitadas apenas 9 áreas (AS2, AS6, AS8, AS9, AS13, AS16, AS17, AS20 e AS21) as quais estão apresentadas no “Mapa de áreas selecionadas para aterro sanitário na Grande Aracaju”, da Figura 32, e cujas análises estão descritas a seguir.

**Tabela 21.** Resumo das características das áreas desabilitadas.

ÁREA	CARACTERÍSTICA	CONCLUSÃO
AS1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 50,35% coberta por floresta.</li> <li>➢ 64,83% geologia de pântanos e mangues.</li> </ul>	Após se entrecruzar os mapas de cobertura vegetal e geologia, restou apenas 13,5 hectares.
AS3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 72,48% coberta por floresta.</li> </ul>	Restaram apenas 33,16 hectares.
AS4	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 51,18% com declividade abaixo de 1%.</li> <li>➢ 48,82% com declividade entre 5% e 15%.</li> </ul>	Apenas 40,27 hectares estariam acima de 1%, ainda assim possui baixa declividade.
AS5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Possui altimetria propícia a inundação.</li> <li>➢ Faixa central de floresta.</li> </ul>	Associação entre a possibilidade de inundação e a faixa de floresta no centro da área.
AS7	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 84,75% coberta por floresta.</li> <li>➢ Pertence a Escola Agrotécnica de São Cristóvão.</li> </ul>	Após delimitação a área ficou totalmente coberta por floresta, sob a titularidade de um órgão que a preservará.
AS10	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 35,45% coberta por floresta.</li> <li>➢ Apresenta-se muito recortada.</li> </ul>	Após a delimitação, a área apresentou-se muito recortada e com trechos em floresta.
AS11 AS12	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Geologia e geomorfologia de vales dos rios.</li> <li>➢ Localiza-se às margens do rio Poxim.</li> </ul>	Localização e conformação geomorfológica que denota fragilidade, ressaltando que o rio Poxim abastece Aracaju.
AS14 AS15	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Localização: Campus Rural da UFS, Centro de Treinamento do Exército, Penitenciária, Pov. Nova Conquista, Pov. Timbozinho, Mineração Atalaia, Faz. Bem-ti-vi .</li> </ul>	Consideradas muito próximo da zona de expansão urbana.
AS18	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 28,5% com declividade acima de 30%.</li> <li>➢ 5,52% coberta por floresta.</li> </ul>	Após se entrecruzar os mapas de cobertura vegetal e declividade, restou apenas 34,3 hectares, de forma muito irregular.
AS19	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 21,30% coberta por floresta.</li> <li>➢ declividade acima de 30%.</li> </ul>	Após se entrecruzar os mapas de cobertura vegetal e declividade, restou uma área muito irregular.

AS22	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Localização: Loteamentos, poços em atividade, sítios e chácaras, povoados adjacentes.</li> </ul>	Considerada muito próximo da zona de expansão urbana.
AS23	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fonte natural explorada comercialmente(Quidonga).</li> <li>➤ Linha de transmissão da Chesf.</li> </ul>	Condições desfavoráveis.
AS24	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dividida pela BR 101.</li> <li>➤ Porções com inclinação acima de 30%.</li> <li>➤ Recortada por florestas.</li> </ul>	Condições desfavoráveis
AS25	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 48,34% coberta por floresta.</li> <li>➤ Faixas com altitude acima de 110m.</li> <li>➤ Faixas inundáveis.</li> <li>➤ Faixas com 1% de inclinação.</li> </ul>	Reunião de muitas condições desfavoráveis.
AS26	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sujeita a alagamento.</li> <li>➤ Possui fonte natural comercialmente explorada.</li> <li>➤ 32,10% coberta por floresta.</li> <li>➤ Formação geológica flúvio-lagunar.</li> <li>➤ Solo do tipo halomórfico.</li> </ul>	Reunião de muitas condições desfavoráveis.
AS27	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Faixas com 1% de inclinação.</li> <li>➤ Faixas inundáveis.</li> <li>➤ 35,70% de pântanos e mangues.</li> </ul>	Condições desfavoráveis
AS28	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Área totalmente plana (abaixo de 1%)</li> <li>➤ Predominância de pântanos e mangues.</li> <li>➤ Solo do tipo halomórfico.</li> </ul>	Condições desfavoráveis
AS29	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Área recortada por floresta.</li> <li>➤ Possui fonte natural comercialmente explorada.</li> <li>➤ Posiciona-se sobre fenda geológica.</li> </ul>	Condições desfavoráveis

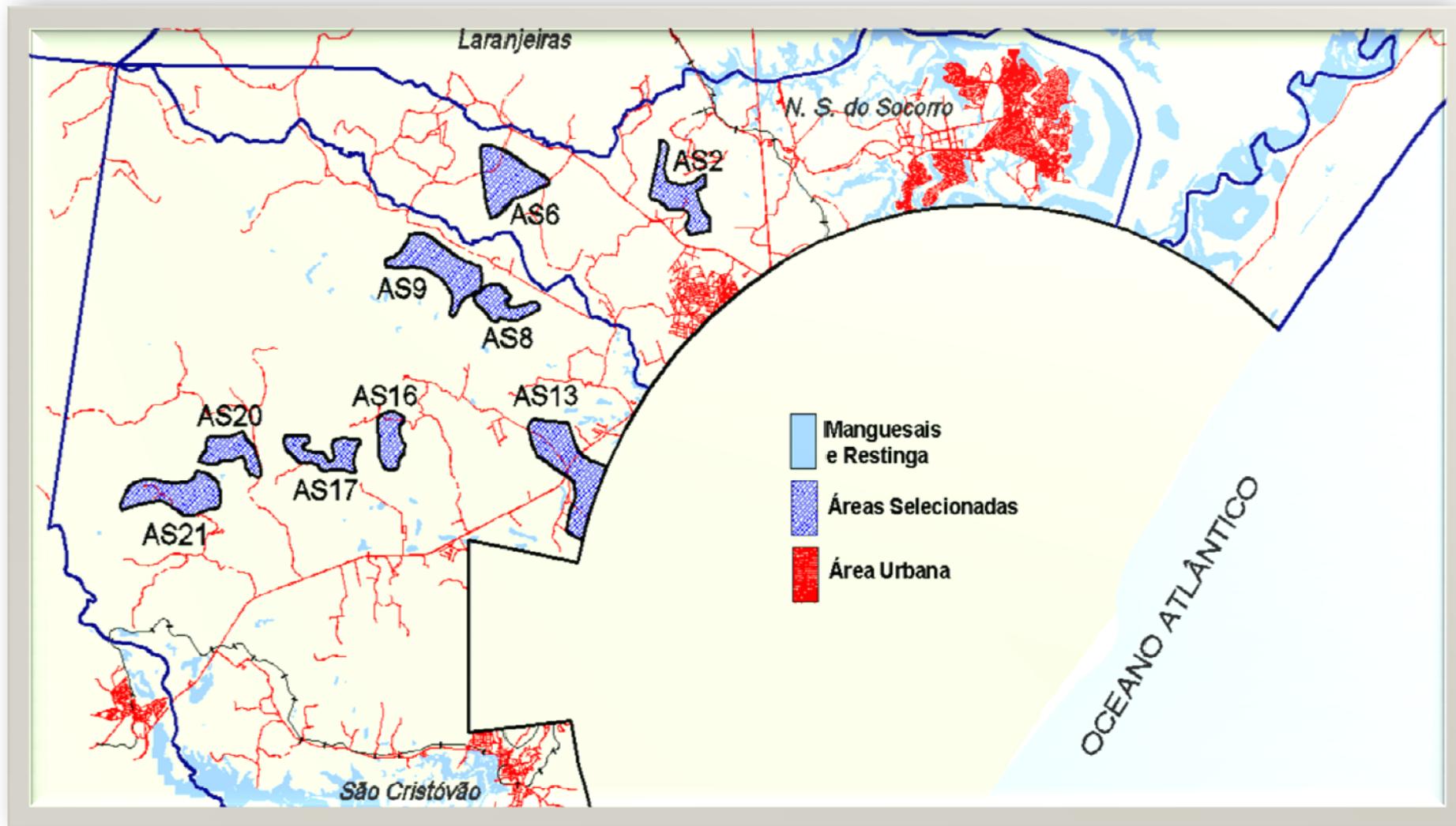
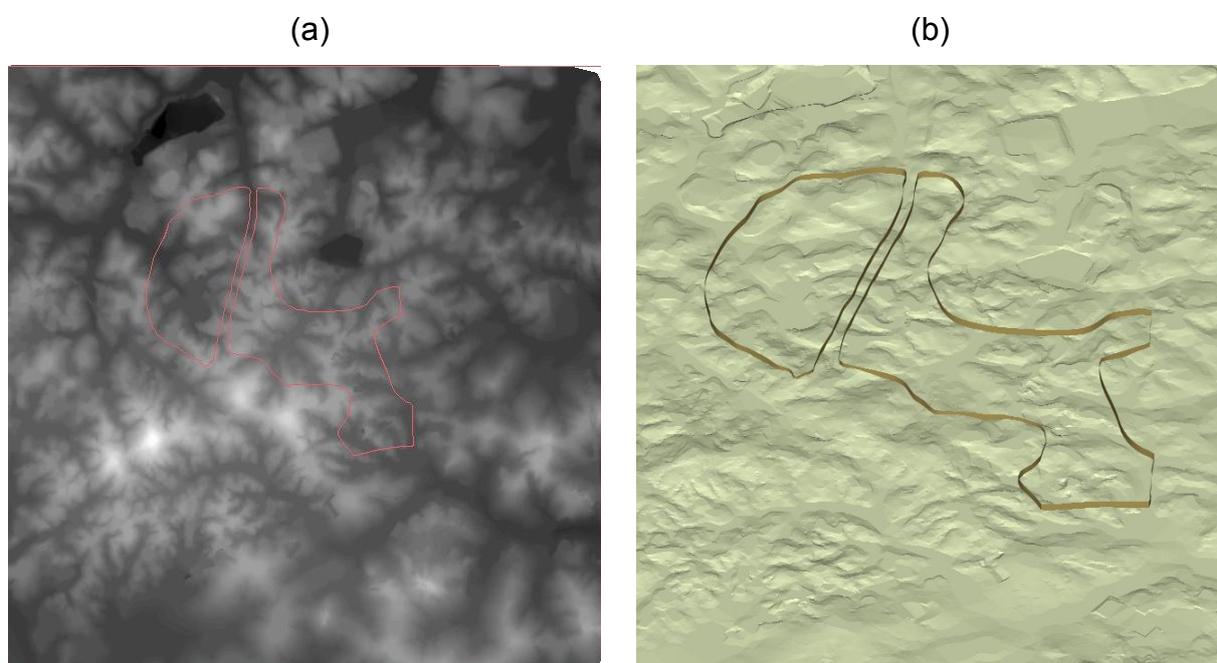


Figura 32. Mapa de áreas selecionadas para aterro sanitário na Grande Aracaju.

### 7.3.2.1. ÁREA SELECIONADA AS2

A área AS2, localizada entre as coordenadas UTM X=699971; Y=8799816; nas proximidades da CIMESA, fábrica de cimento do Grupo Votorantim no município de Nossa Senhora do Socorro, possui 189,3 hectares.

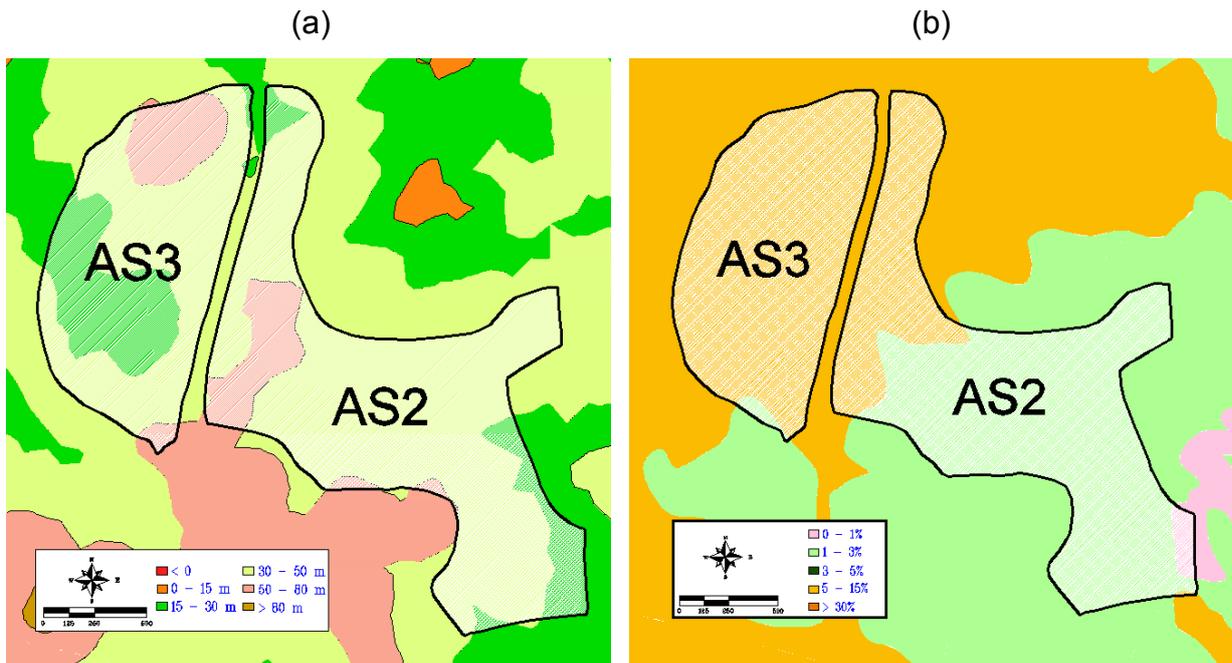
Como pode se observar na Figura 31, a AS2 é vizinha da AS3, essas áreas são separadas apenas por uma linha de transmissão da Chesf, a qual não poderia ser incorporada ao aterro sanitário. A delimitação da AS2 iniciou-se a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região.



**Figura 33.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Modelo Digital do Terreno-MDT(b).

Observa-se que a AS2 possui dois poços em operação e um ponto de extração de recursos minerais, contudo segundo o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, a extração mineral resume-se a uma jazida de argila e calcário, localizada na fazenda Tabocas em Nossa Sra. do Socorro. Na AS3 existem duas jazidas, uma de calcário, na usina Paraíso e uma de calcário dolomítico, na fazenda Brandão, explorada pela CIMESA (Votorantim).

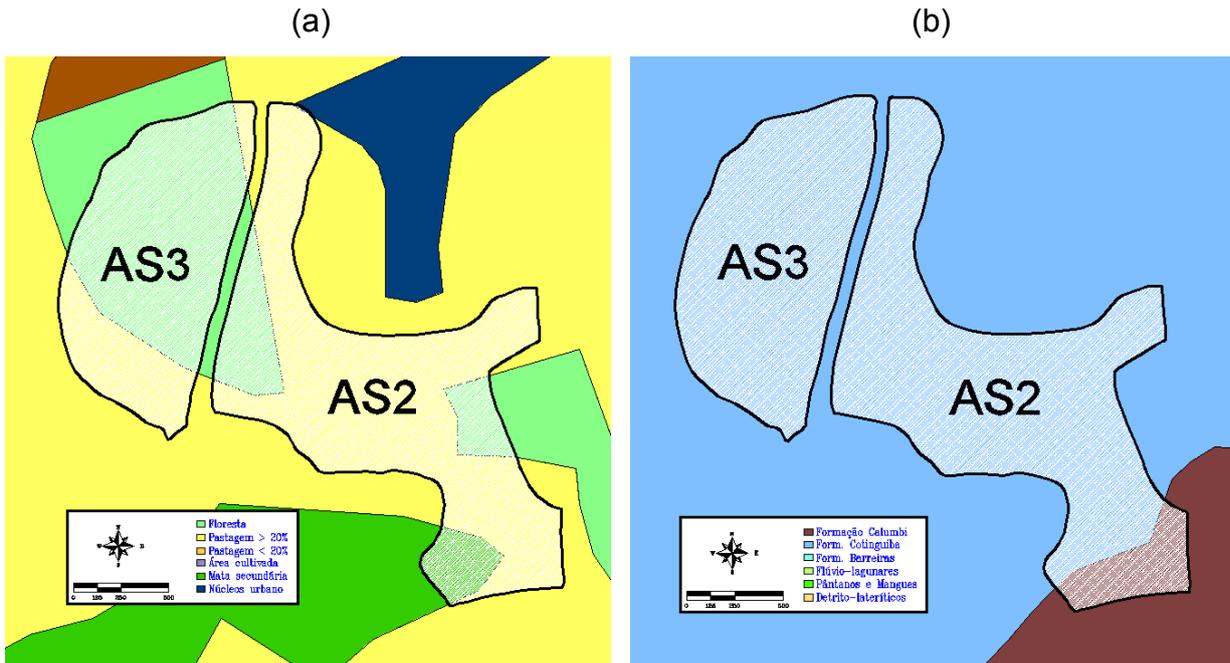
Analisando o mapa hipsométrico (Figura 34(a)) nota-se que de 189,3 hectares, a AS2 possui 8,87% de sua área entre as cotas 15 m e 30 m; 80,81% entre 30 m e 50 m; e 10,32% entre 50 m e 80 m.



**Figura 34.** Mapa hipsométrico(a) e Mapa de declividade(b).

Examinando a declividade mostrada na Figura 34(b), vê-se que a AS2 possui apenas 1,82% de sua área abaixo de 1%; 72,00% está entre 1% e 3%; 26,18% entre 5% e 15%, portanto predomina a baixa declividade, não afetando assim a possibilidade de ser selecionada.

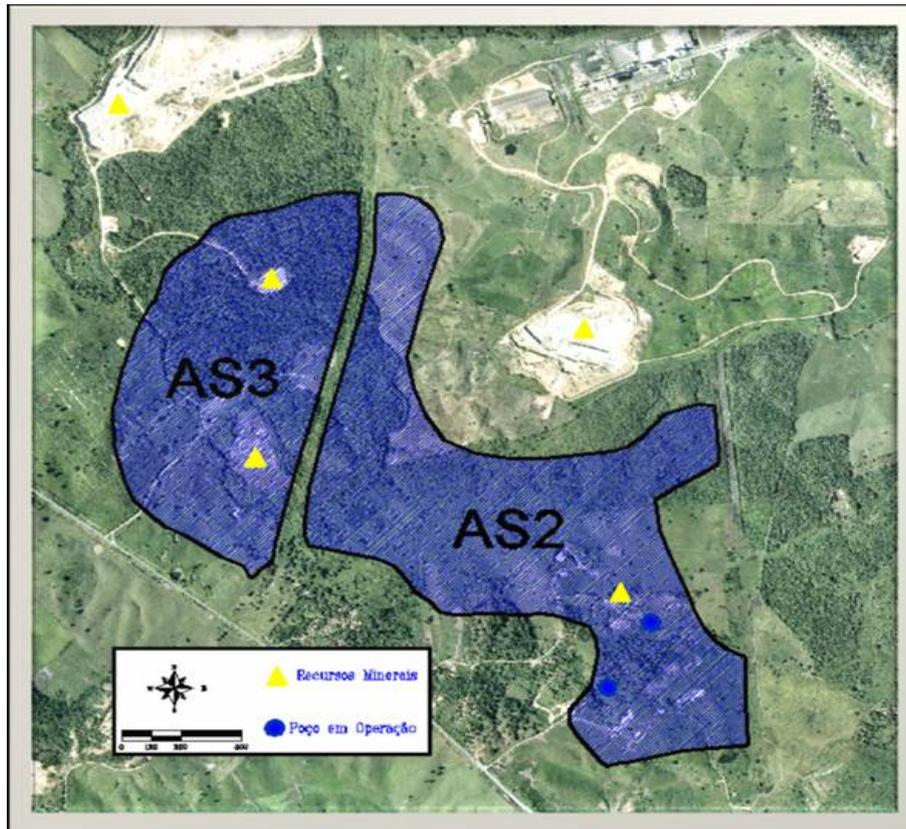
Quando se trata do uso do solo e cobertura vegetal, a AS2 é predominantemente composta por pastagem, como se vê na Figura 35, tendo também 15,10% de floresta e 5,85% de mata secundária. Com relação a geologia, Figura 35(b) se constata a predominância da formação Cotinguiba membro Sapucari com 90,20% da AS2, sendo complementada com apenas 9,80% pela formação Calumbi.



**Figura 35.** Mapa do uso do solo(a) e Mapa da geologia(b).

Segundo dados da SRH o aquífero predominante nessa região é o cárstico limítrofe com o aquícluído; a zona de saturação do lençol freático fica em torno de 30 m de profundidade em períodos de chuva. De acordo com a geomorfologia, a região é de superfície dos rios, coberta com solo podzólico vermelho amarelo.

Em termos de condições antrópicas, essa área inclui, como se pode observar na imagem aerofotogramétrica da Figura 36, estrutura de proximidade com vias primárias, formada por estradas pavimentadas, rodovias federais (BR 235 e BR 101); possui também rede de eletrificação disponível.



**Figura 36.** Imagem aerofotogramétrica.

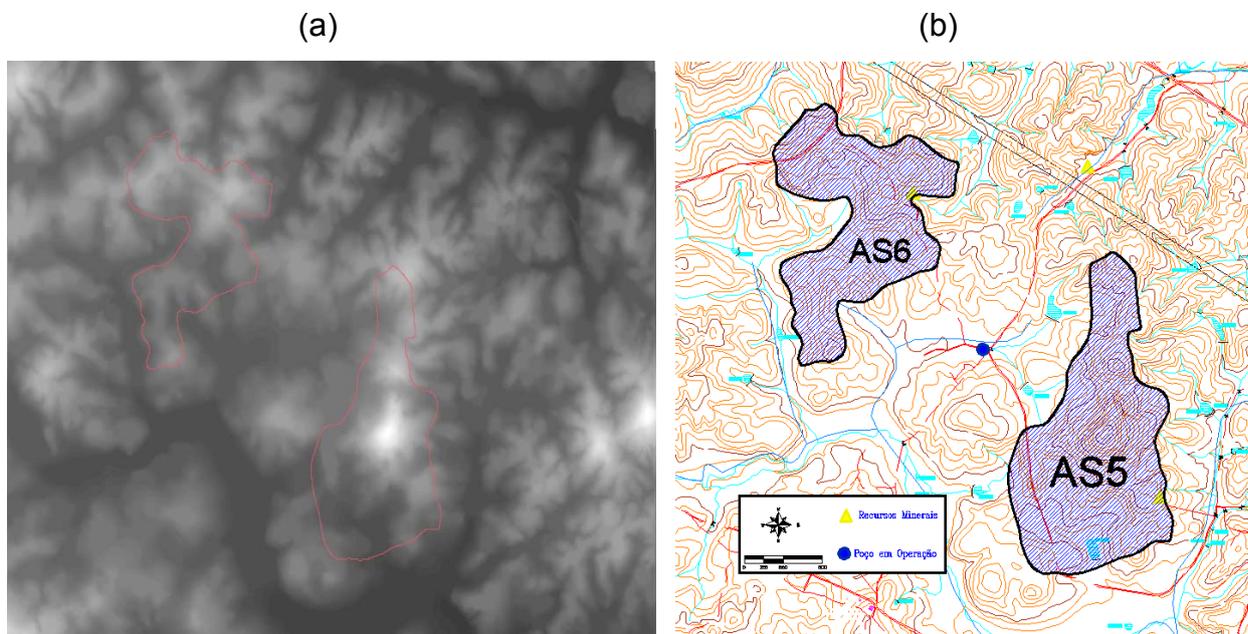
Sua restrição legal resume-se a estar dentro da ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju; e com relação aos CMCRS, só não atende ao de São Cristóvão, com distância aproximada de 17 Km em linha reta e 24 Km por rodovia, possuindo acesso tanto pela BR 235 (1.000 m) como pela BR 101 (2.000 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância. A Tabela 20 apresenta o resumo das características da AS2.

**Tabela 22.** Resumo das características da AS2.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	189,3 ha	22,19 % 32,75 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	2 un -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- 1 un	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	1 un - 3 un 1 un	- - - -
ALTITUDE	15 m a 30 m 30 m a 50 m 50 m a 80 m	16,79 ha 152,97 ha 19,54 ha	8,87 % 80,81 % 10,32 %
DECLIVIDADE	> 1 % 1 % a 3 % 5 % a 15 %	3,45 ha 136,30 ha 49,55 ha	1,82 % 72,00 % 26,18 %
USO DO SOLO	Pastagem Mata Secundária Floresta	149,55 há 11,07 ha 28,68 ha	79,00 % 5,85 % 15,15 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Cotinguiba membro Sapucari Calumbi	170,75 ha 18,55 ha	90,20 % 9,80 %
GEOMORFOLOGIA	Superfície dos Rios	189,3 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo	189,3 ha	100 %
AQUÍFERO	Cárstico	189,3 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	3,10 m	189,3 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 82,24 ha 107,06 ha	- 43,44 % 56,56 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 235) Rodovia Federal (BR 101) Rodovia Estadual (SE 090) Estrada Não Pavimentada	1.000 m 2.000 m 3.000 m Local	- - - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade (Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	500 m 100 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 32,20 ha 157,10 ha	- 17,00 % 83,00 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Sim	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	189,3 ha -	100 % -
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	11,8 Km 9,0 Km 17 Km	-21,33 % -40,00 % +13,33 %

### 7.3.2.2. ÁREA SELECIONADA AS6

Como se observa na Figura 37(b) a AS6 é próxima da AS5, essas áreas estão a aproximadamente 1.000 m de distância uma da outra, separadas pela estrada que conduz aos povoados Bita e Cardoso. Localizadas entre as coordenadas UTM X=695147; Y=8799831 e X=697479; Y=8796501; nas proximidades da fazenda Ribeira no município de Nossa Senhora do Socorro, elas possuem 243,9 hectares e 232,9 hectares respectivamente, e, de forma similar a outras áreas já analisadas, se porventura uma delas for invalidada isso não afetará a outra necessariamente.



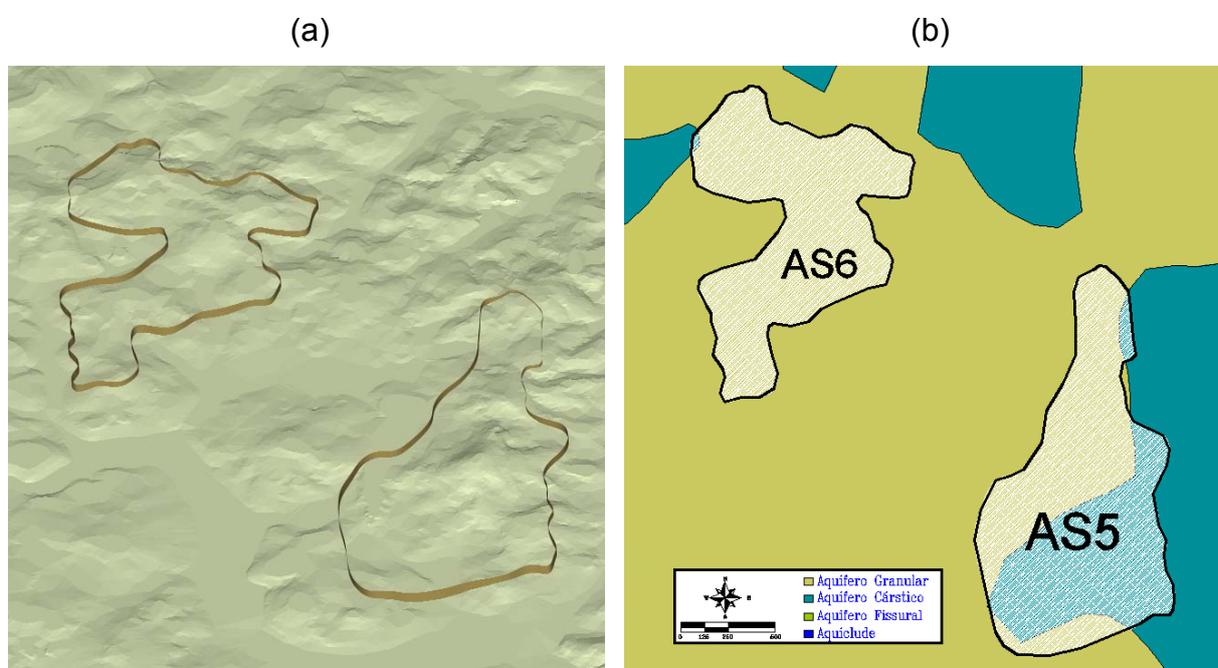
**Figura 37.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

Como de costume, a delimitação iniciou-se a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região. Embora, após se analisar a Malha de Drenagem Natural, apresentada na Figura 37(a), a área foi reduzida.

O Modelo Digital do Terreno, apresentado na Figura 38(a), construído pelo Spring/INPE, exerceu papel decisivo na delimitação das áreas, possibilitando um nível de detalhamento que só pode ser visto com uma ferramenta computacional como esta. Contudo estas ainda foram submetidas a outras críticas.

Um dos pontos importantes que foram observados, foi a presença de dois poços artesianos em operação nas adjacências, bem como três jazidas de recursos minerais, contudo segundo o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, estas resumem-se à extração de argila e calcário, em pequena escala.

Quando se analisou a AS5 do ponto de vista das águas subterrâneas, percebeu-se que a mesma posiciona-se sobre um aquífero extremamente frágil do ponto de vista da vulnerabilidade, o granular, o que se nota pela Figura 38(b). Isso se agravou quando juntou-se a essa análise as informações da SRH, atestando que próximo da AS5 o nível freático não deve passar de 2 m, por se tratar de um baixio que tende a comportar alagamento em períodos chuvosos, fato que se comprova através do MDT.

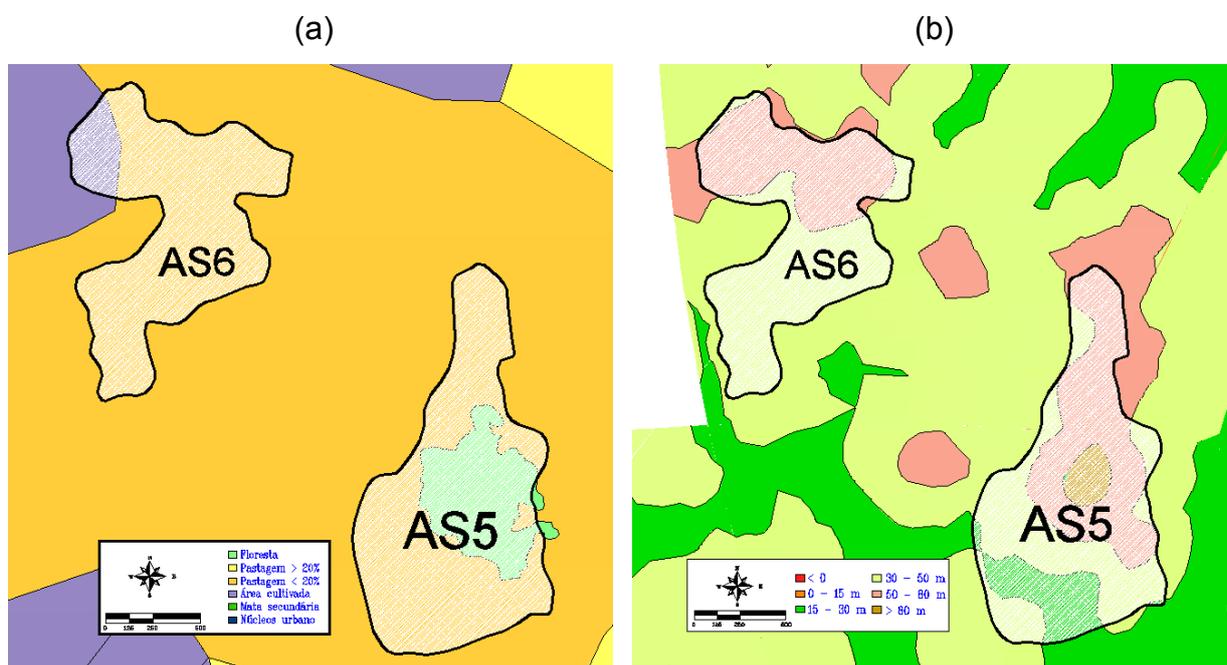


**Figura 38.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa dos aquíferos(b).

Continuando a análise, e observando agora o mapa de uso do solo e cobertura vegetal, ilustrado na Figura 39(a), nota-se que na parte central da AS5 existe uma faixa de floresta, visão que associada a hipsometria, revela a conformação de um morro com altitude acima de 100 m, o que necessariamente teria que ser removido para a construção de um possível aterro sanitário.

Já a AS6, não possui floresta dentro de seus limites e sua hipsometria é favorável, pois encontra-se em faixas altimétricas que vão de 30 m até 80 m, e sua declividade está encaixada entre 5% e 15%, dentro do preconizado na ABNT.

De forma mais precisa, a AS6 fica a oeste da estrada que conduz aos povoados Bita e Cardoso, e a leste da estrada que leva ao povoado Butim, no município de Nossa Senhora do Socorro, localizada entre as coordenadas UTM X=695538; Y=8799430 e X=695895; Y=8798171; possui 100,9 hectares, dos quais 55,41% entre as cotas 30 m e 50 m; e 44,59% entre 50 m e 80 m, enquanto que 100% de sua área possui declividade entre 5% e 15%, como se mostram na Figura 40(a) não afetando assim a possibilidade de ser selecionada.



**Figura 39.** Mapa do uso do solo(a) e Mapa hipsométrico(b).

Abordando o uso do solo e cobertura vegetal, a AS6 é predominantemente composta por pastagem, como se vê na Figura 39(a), tendo apenas 9,94% em área cultivada, aspectos que favorecem sua escolha.

No tocante a geologia, aprecia-se a Figura 40(b) e se constata a total imersão dessa área na formação barreiras, que comporta o aquífero granular, desfavorável do ponto de vista da vulnerabilidade. Contudo por localizar-se em cotas mais altas e segundo estudo da SRH que mostra as isopiezolinhas, a zona de saturação do lençol freático fica em torno de 12,8 m de profundidade em períodos de chuva, o que seria bom em termos de escolha dessa área.

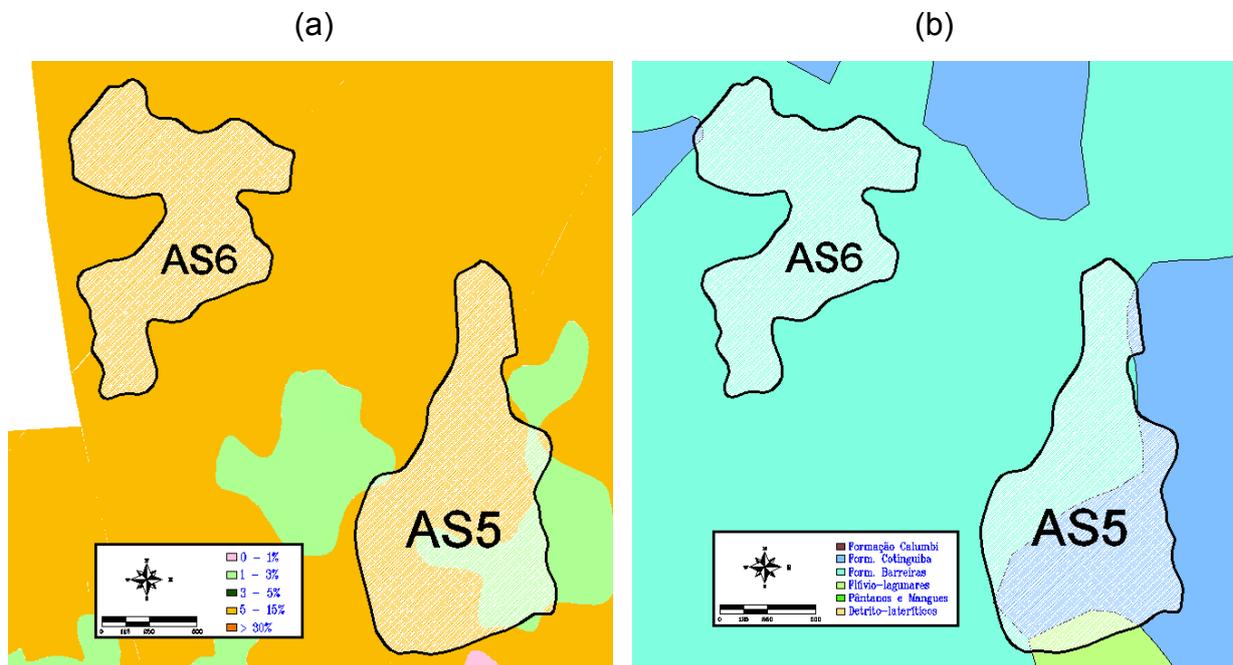
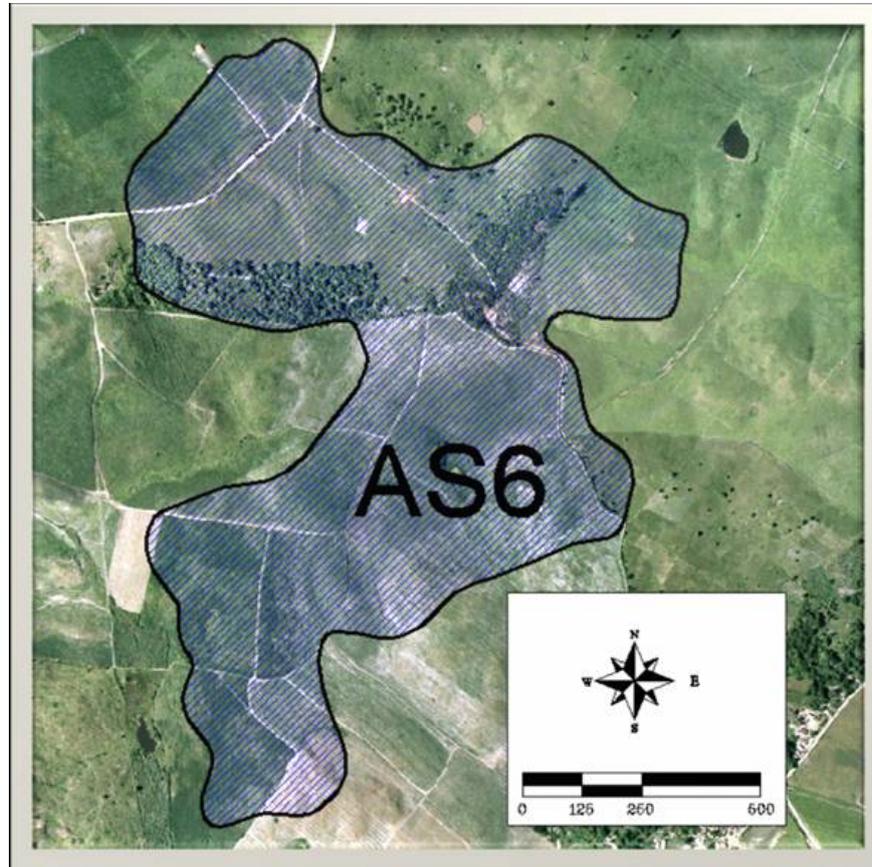


Figura 40. Mapa de declividade(a) e Mapa da geologia(b).

De acordo com a geomorfologia, a região é de superfície dos rios, coberta com solo podzólico vermelho amarelo, na proporção de 86,45%; e 13,55% para o solo hidromórfico.

Tangente às condicionantes antrópicas, como se pode observar pela imagem aerofotogramétrica da Figura 41, essa área possui estrutura de proximidade com vias primárias formada por estradas pavimentadas, rodovia federal (BR 235), possui rede de eletrificação disponível; verifica-se ainda que a AS6 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 700 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido paralelo ao núcleo urbano mais próximo, não o atingindo.



**Figura 41.** Imagem aerofotogramétrica.

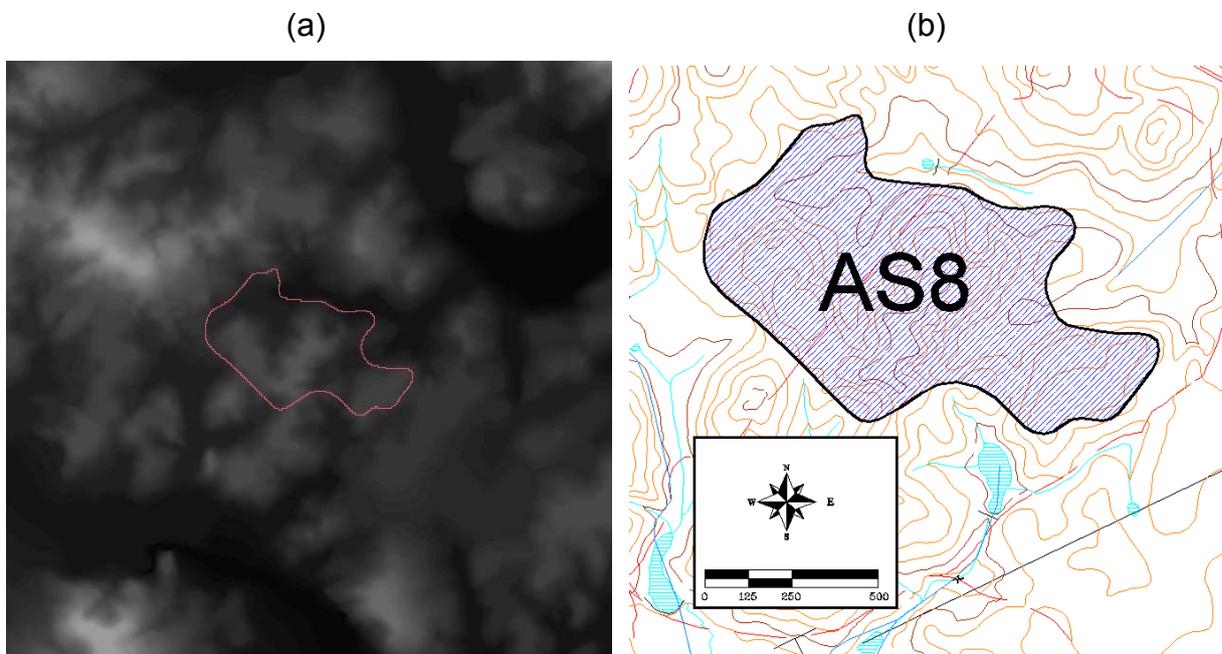
Sua restrição legal resume-se a estar com 39,29% de sua área inserida na ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende aos de São Cristóvão e Aracaju, embora fique muito próximo, chegando a tangenciá-los; possuindo acesso pela BR 235 (1.000 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 23 apresenta o resumo das características da AS6.

**Tabela 23.** Resumo das características da AS6.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	100,90 ha	41,63 % 61,45 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	1 un -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	1 un - 1 un 1 un	- - - -
ALTITUDE	30 m a 50 m 50 m a 80 m	55,90 ha 45,00 ha	55,41 % 44,59 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 %	100,90 ha	100 %
USO DO SOLO	Pastagem Área Cultivada	90,40 ha 10,50 ha	90,06 % 9,94 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	100,90 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Superfície dos Rios	100,90 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo Hidromórfico	87,10 ha 13,80 ha	86,45 % 13,55 %
AQUÍFERO	Granular	100,90 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	12,8 m	100,90 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 16,00 ha 84,90 ha	- 15,87 % 84,13 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 235) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	1.000 m Local Local	- - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	2.500 m 100 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 42,60 ha 58,30 ha	- 42,22 % 57,78 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	39,64 ha 61,26 ha	39,29 % 60,71 %
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	16,3 Km 13,6 Km 15,2 Km	+8,67 % -9,33 % +1,33 %

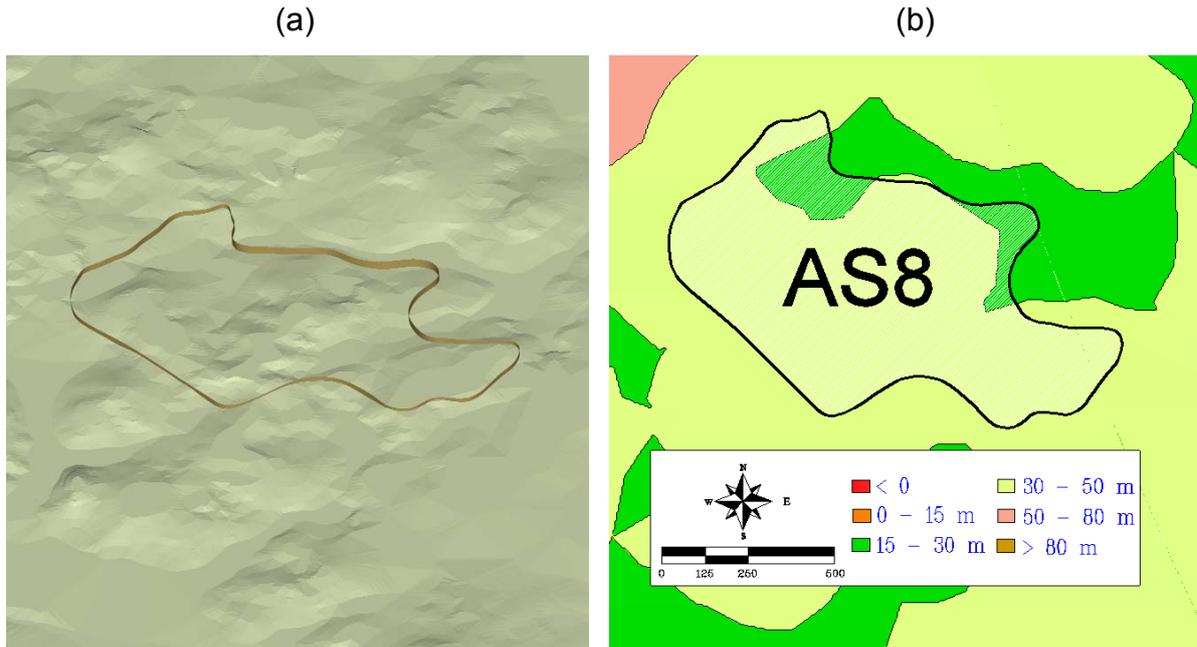
### 7.3.2.3. ÁREA SELECIONADA AS8

A AS8 está localizada entre as coordenadas UTM X=695151; Y=8795735 e X=696310; Y=8794902; nas proximidades do povoado Cardoso, entre a fazenda Granada e fazenda Aguiar, no município de São Cristóvão, e possui 110,1 ha. A delimitação da área iniciou-se pelo exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região. Mas após analisar a Malha de Drenagem Natural, apresentada na Figura 42(a), a área diminuiu (Figura 42(b)).



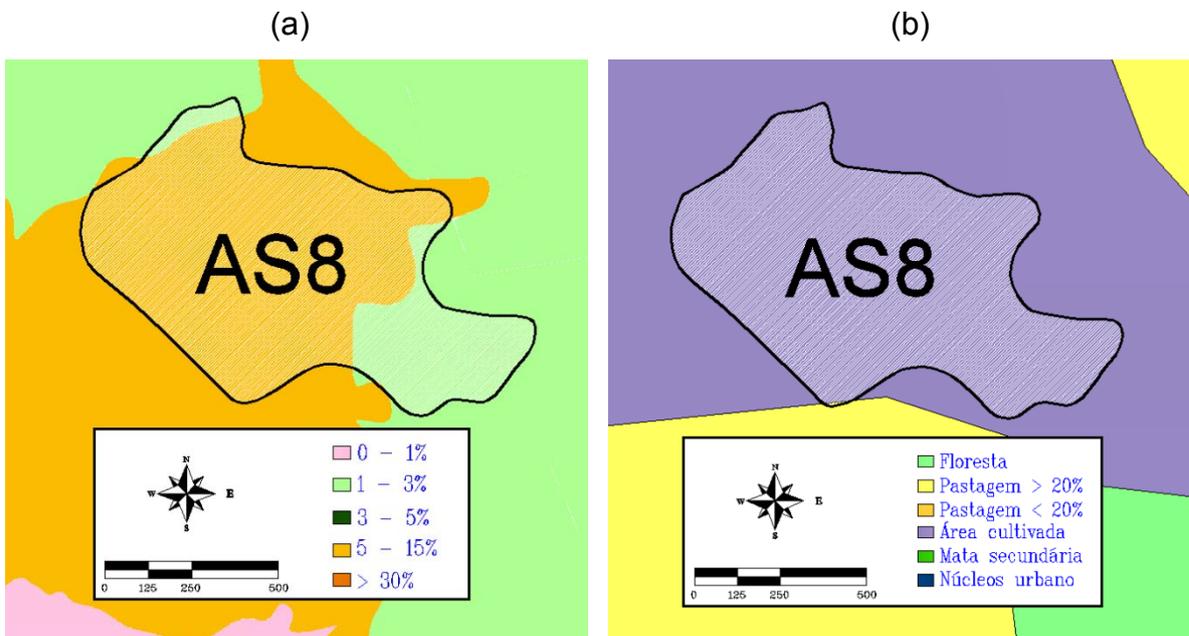
**Figura 42.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

Depois de modificada, a AS8 ficou entre as coordenadas UTM X=695220; Y=8795812 e X=695910; Y=8794922; mas seus confrontantes permaneceram os mesmos, passou a possuir 66,3 hectares, dos quais 11,0 % entre as cotas 15 m e 30 m; e 89,0 % entre 30 m e 50 m (Figura 43(b)).



**Figura 43.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).

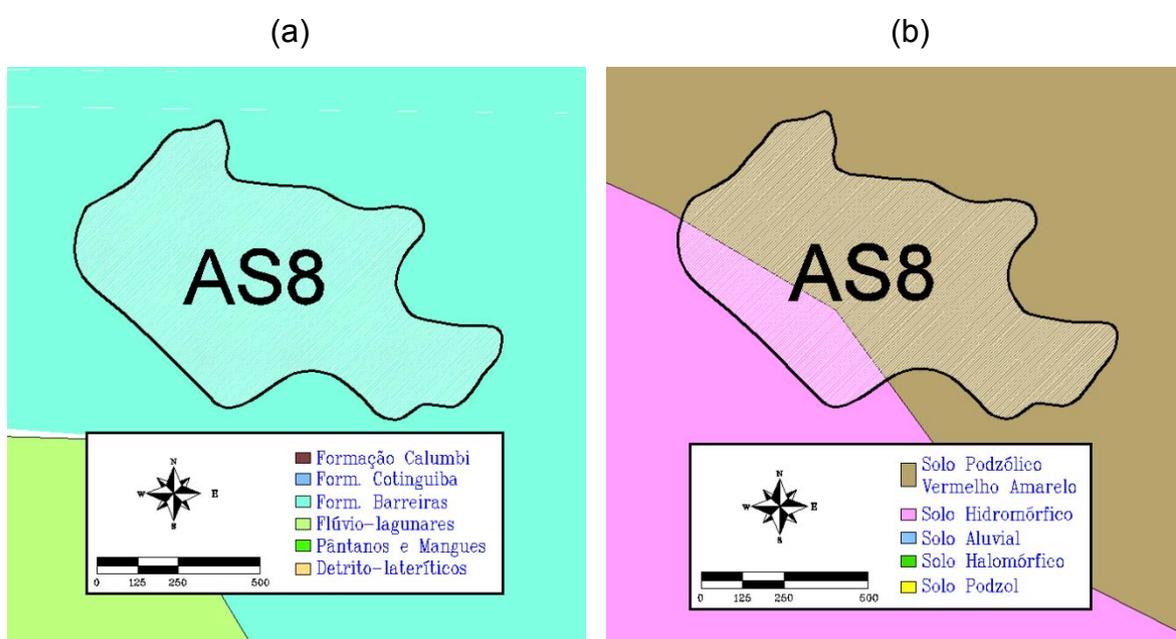
Quanto a declividade, 23,12% de sua área possui declividade entre 1 % e 3 %, e 76,88 % entre 5 % e 15 % (Figura 44(a)). Abordando o uso do solo e cobertura vegetal, a AS8 é completamente coberta por áreas cultivadas, como se vê na Figura 44(b), aspectos que do ponto de vista ambiental é de fácil assimilação.



**Figura 44.** Mapa de declividade(a) e Mapa do uso do solo(b).

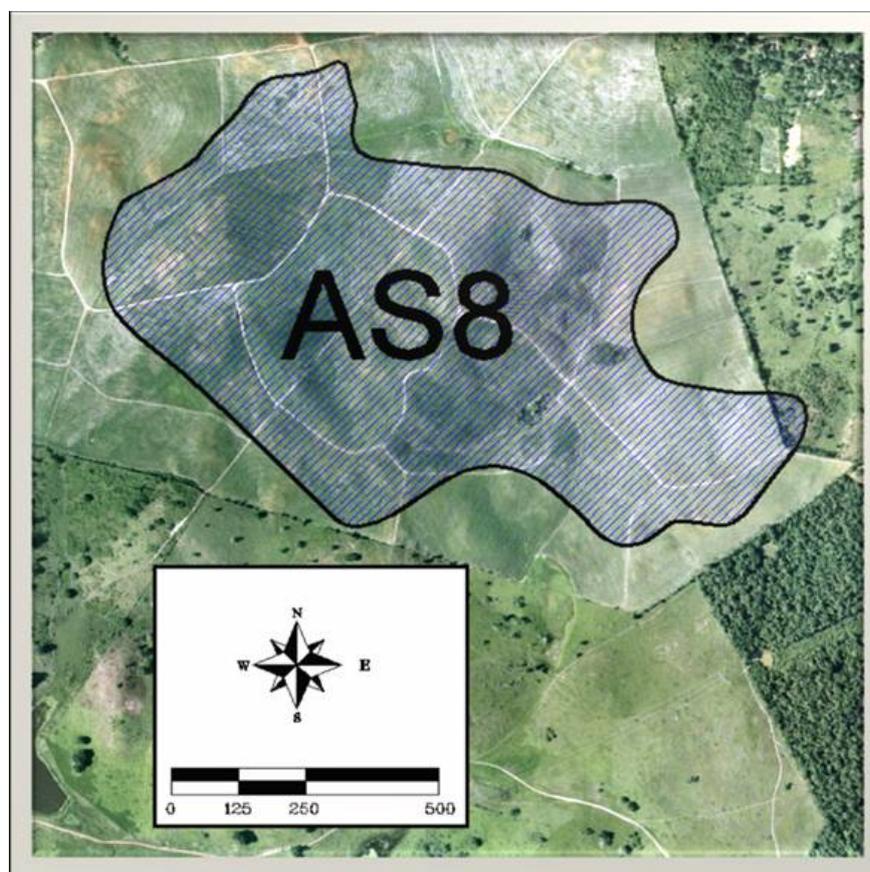
No tocante a geologia, pela Figura 45(a) se constata a total imersão dessa área na formação barreiras, que comporta o aquífero granular, desfavorável do ponto de vista da vulnerabilidade. Quanto à zona de saturação do lençol freático não se tem dados precisos, mas por se tratar de uma área localizada em altitude intermediária, presume-se que esta fique a 12,0 m de profundidade em períodos de chuva, o que favorece a escolha dessa área.

A geomorfologia dessa região é de superfície dos rios, coberta com solo podzólico vermelho amarelo, na proporção de 80,62%; e 19,38% para o solo hidromórfico, como se pode acompanhar pela Figura 45(b).



**Figura 45.** Mapa da geologia(a) e Mapa da pedologia(b).

Observando os aspectos antrópicos, como se pode verificar pela imagem aerofotogramétrica Figura 46, afirma-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, possui rede de eletrificação disponível; constata-se ainda que a AS8 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 500 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido do núcleo urbano mais próximo, que se posiciona a montante do aterro sanitário, portanto não o afetaria.



**Figura 46.** Imagem aerofotogramétrica.

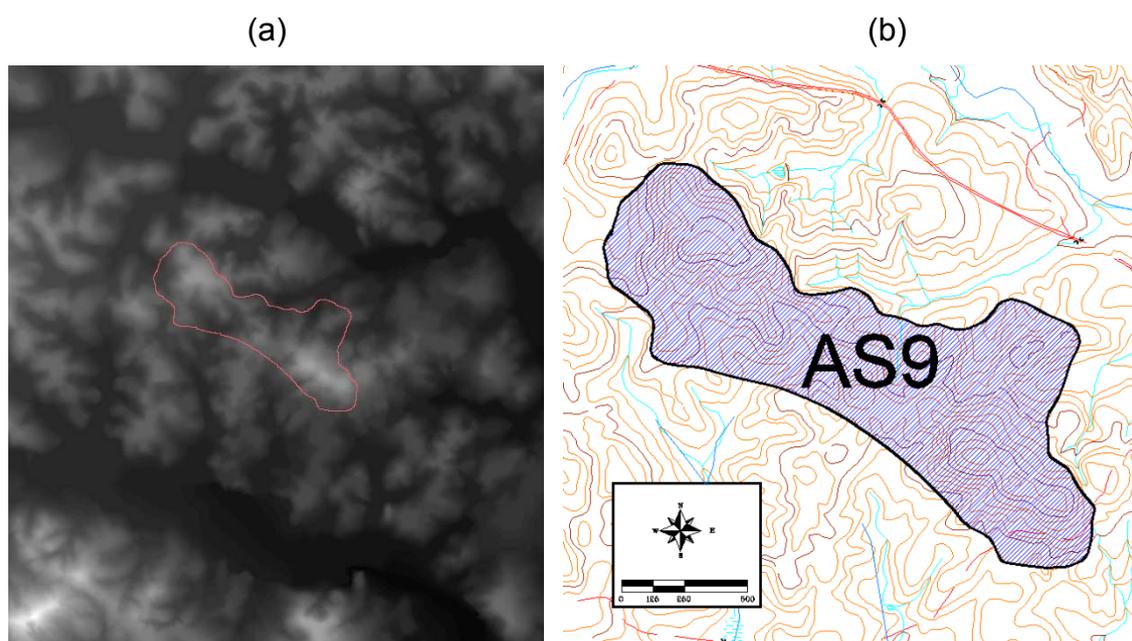
Sua restrição legal resume-se a estar com 100% de sua área inserida na ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende ao de Aracaju, embora fique muito próximo, chegando a 450 m de proximidade; possui acesso pela BR 235 (5.000 m) e pela BR 101 (7.500 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 24 apresenta o resumo das características da AS8.

**Tabela 24.** Resumo das características da AS8.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	66,27 ha	63,38 % 93,56 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 1 un - -	- - - -
ALTITUDE	15 m a 30 m 30 m a 50 m	7,27 ha 59,00 ha	11,00 % 89,00 %
DECLIVIDADE	1 % - 3 % 5 % a 15 %	15,32 ha 50,95 ha	23,12 % 76,88 %
USO DO SOLO	Área Cultivada	66,27 ha	100 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	66,27 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Superfície dos Rios	66,27 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo Hidromórfico	53,42 ha 12,85 ha	80,62 % 19,38 %
AQUÍFERO	Granular	66,27 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	12,0 m	66,27 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 66,27 ha	- - 100 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 235) Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	5.000 m 7.500 m - Local	- - - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade (Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 1.500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 20,40 ha 45,87 ha	- 30,78 % 69,22 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	66,27 ha -	100 % -
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	15,45 Km 15,0 Km 12,5 Km	+3,00 % - -16,67 %

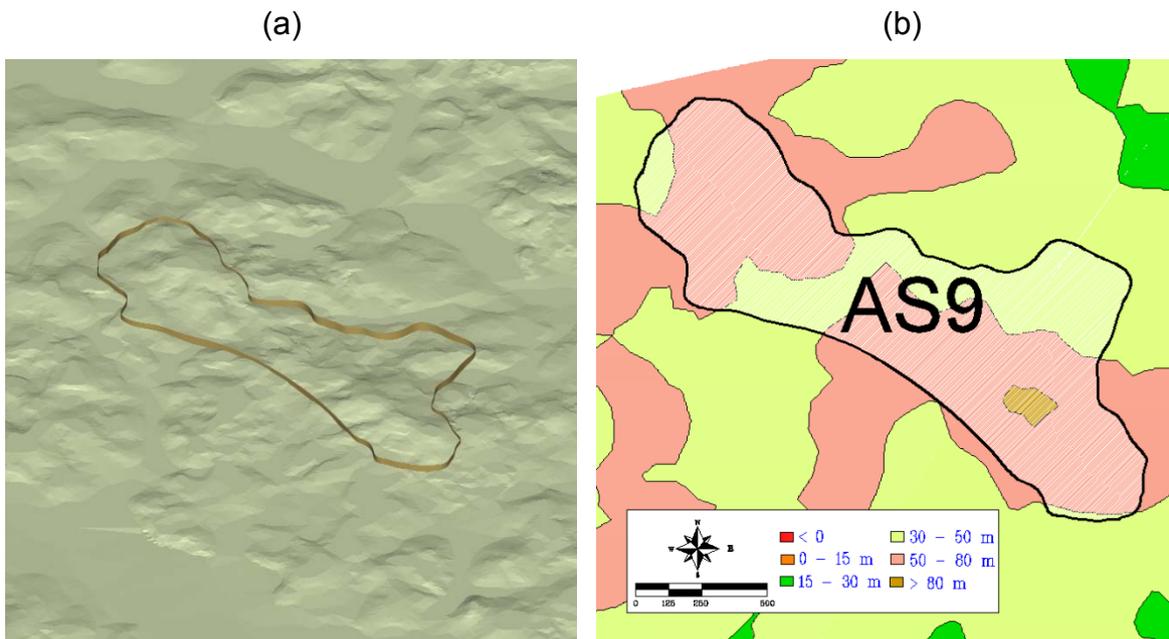
#### 7.3.2.4. ÁREA SELECIONADA AS9

Localizada entre as coordenadas UTM X=692899; Y=8797302 e X=694481; Y=8795338; na fazenda Mundo Novo, entre os povoados Cardoso e Taboa, no município de São Cristóvão, a AS9 inicialmente possuía 264,8 hectares (Figura 31). Mas, dando seqüência a análise, após exame das condições do deflúvio superficial, relevo e condições hidrográficas da região, parte da área foi descartada, por não atender às condicionantes físicas. Então a área foi novamente locada e dimensionada, assumindo as coordenadas UTM X=692839; Y=8797119 e X=694477; Y=8795584; e extensão de 125,4 hectares (Figura 47(b)).



**Figura 47.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

Visando aprofundar a caracterização da área, fez-se uma abordagem sob vários parâmetros. A hipsometria, exposta por fatiamento está apresentada na Figuras 48(b).



**Figura 48.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).

Vê-se na Figura 48(b) que na AS9 29,50% da área fica situada entre cotas de 30 m e 50 m; 69,00% entre 50 m e 80 m, enquanto que apenas 1,50%, posicionam-se acima de 80 m. Já com relação a declividade, apresentada na Figura 49(a), verifica-se que 84,2 % encontra-se entre 1% e 3%, e, 15,80% entre 5% e 15%, o que em ambos os casos se mostra favorável.

Quanto a zona de saturação do lençol freático não se tem dados precisos, embora por se tratar de uma área localizada em altitude elevada, com cotas que chegam a 85,00 m, segundo dados comparativos da DEHIDRO, presume-se que esta fique a 15,0 m de profundidade em períodos de chuva, o que seria favorável em termos de escolha de área.

A geomorfologia dessa região é de superfície dos rios, coberta com solo podzólico vermelho amarelo, na proporção de 93,52%; e 6,48% para o solo hidromórfico, como se pode acompanhar pela Figura 49(b).

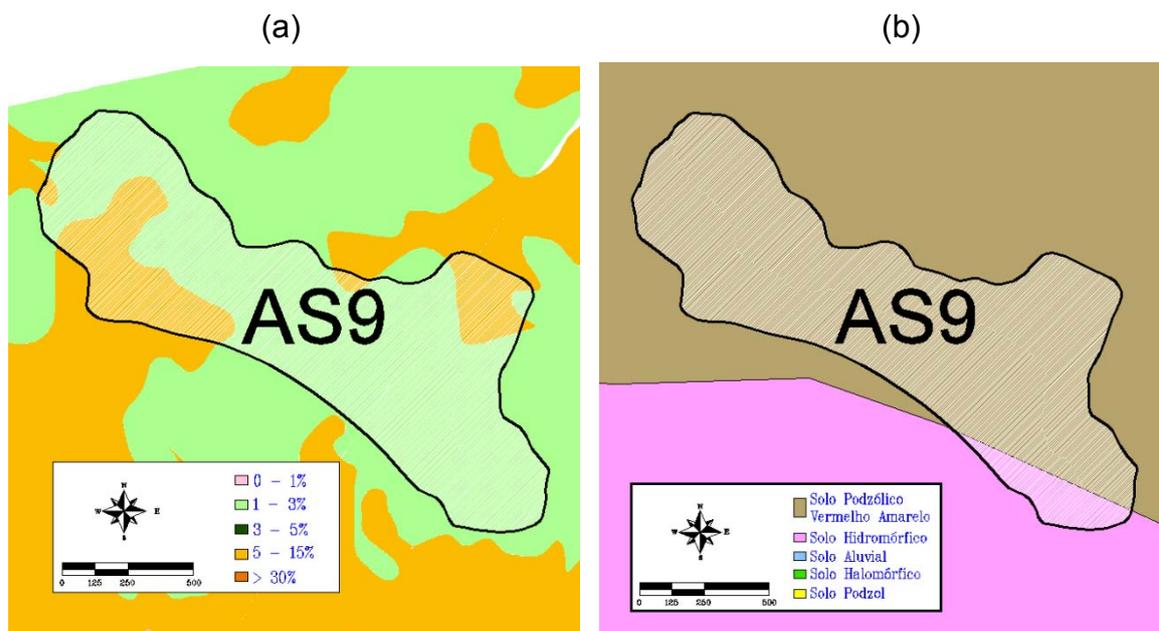
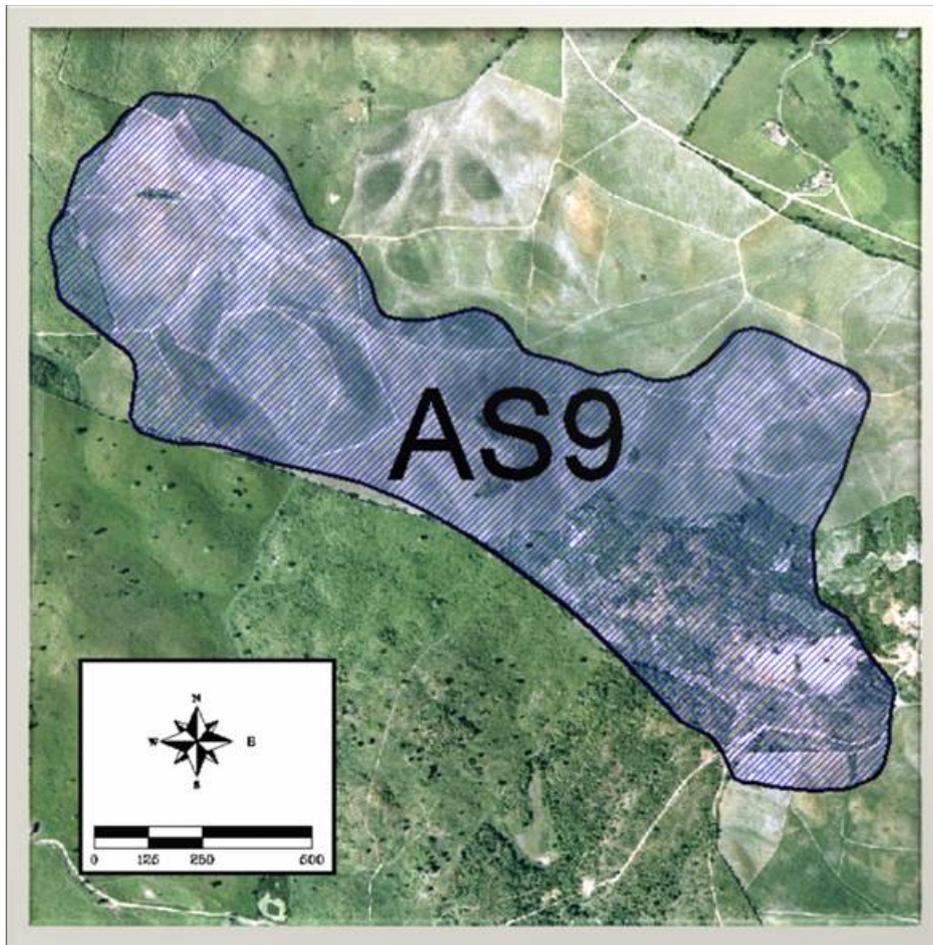


Figura 49. Mapa de declividade(a) e Mapa da pedologia(b).

De acordo com dados da SEPLAN, ao se observar o mapa de uso do solo e cobertura vegetal, percebeu-se que toda a área aqui abordada permanece sobre uma região cultivada, e que a mesma encontra-se sobre a formação barreiras, bem como sua geomorfologia é de superfície dos rios, sobre o aquífero granular.

Sobre as condicionantes antrópicas, como se pode observar pela Imagem aerofotogramétrica da Figura 50, observa-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, destinados ao escoamento da produção local, possui também rede de eletrificação disponível; verifica-se ainda que a AS9 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 1.000 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido paralelo ao núcleo urbano mais próximo, não o atingindo.



**Figura 50.** Imagem aerofotogramétrica da AS9.

Sua restrição legal resume-se a estar com 33,97% da área inserida na ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende aos de Nossa Senhora do Socorro e Aracaju, embora fique muito próximo deles, possuindo acesso pelas BRs 235 (6.500 m) e 101 (8.700 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 25 apresenta o resumo das características da AS9.

**Tabela 25.** Resumo das características da AS9.

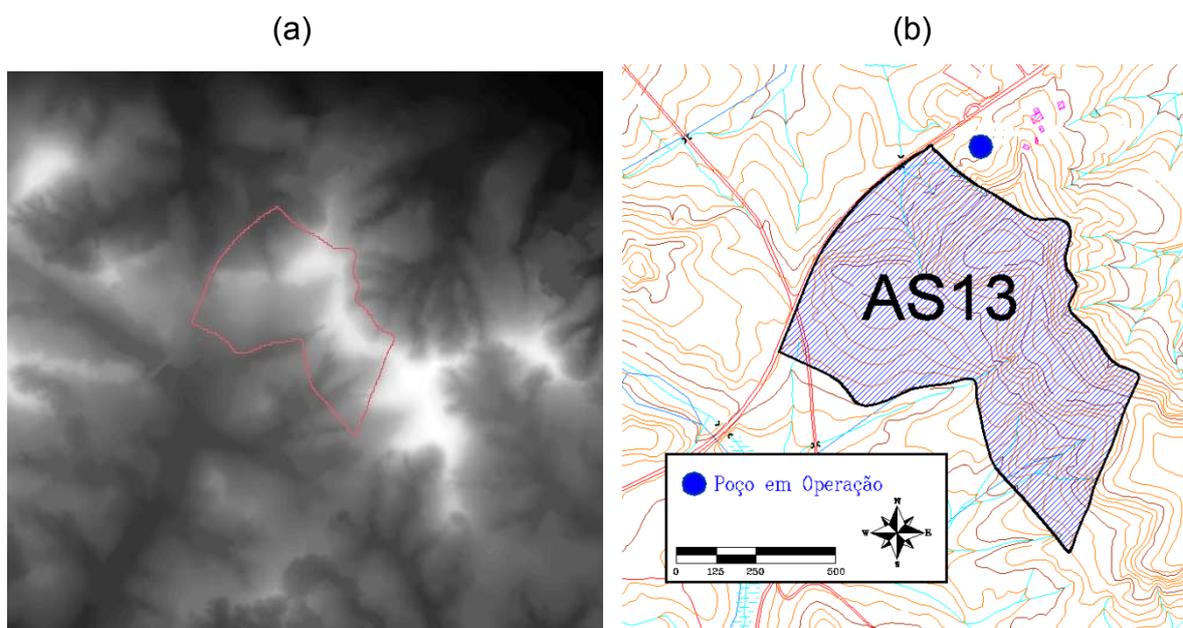
PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	125,40 ha	33,50 % 66,50 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 2 un - -	- - - -
ALTITUDE	30 m a 50 m 50 m a 80 m > 80 m	36,95 ha 86,54 há 1,90 ha	29,50 % 69,00 % 1,50 %
DECLIVIDADE	1 % - 3 % 5 % a 15 %	105,56 ha 19,80 ha	84,20 % 15,80 %
USO DO SOLO	Área Cultivada	125,40 ha	100 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	125,40 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Superfície dos Rios	125,40 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo Hidromórfico	117,26 ha 8,14 ha	93,52 % 6,48 %
AQUÍFERO	Granular	125,40 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	15,0 m	125,40 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 25,93 ha 99,47 ha	- 20,68 % 79,32 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 235) Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	6.500 m 8.700 m - Local	- - - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade (Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 1.500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 125,40 ha	- - 100 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	42,60 ha 82,80 ha	33,97 % 66,03 %
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	17,0 Km 16,0 Km 13,0 Km	+13,33 % +6,66 % -13,33 %

### 7.3.2.5. ÁREA SELECIONADA AS13

Ilustrada na Figura 31, a AS13 possui 331,4 hectares e localiza-se entre as coordenadas UTM X=696519; Y=8791791 e X=698380; Y=8789144; nas proximidades do povoado Feijão, entre o Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - UFS e a área do Exército Brasileiro, no município de São Cristóvão.

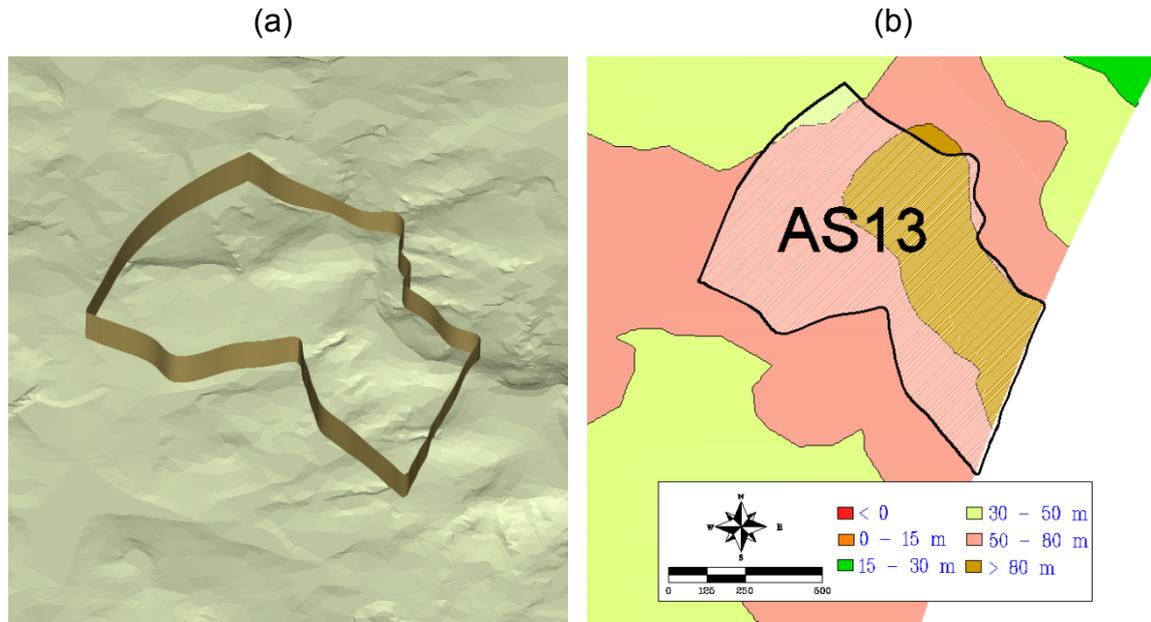
De forma similar a outras áreas já analisadas, a delimitação iniciou-se a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região. Embora, esse caso merecesse considerações acerca de seus confrontantes especiais: UFS e Exército Brasileiro.

Contudo, após se analisar a Malha de Drenagem Natural - MDN, apresentada na Figura 51(a), optou-se em restringir ainda mais a área, como se vê na Figura 51(b). E no Modelo Digital do Terreno, apresentado na Figura 52(a).



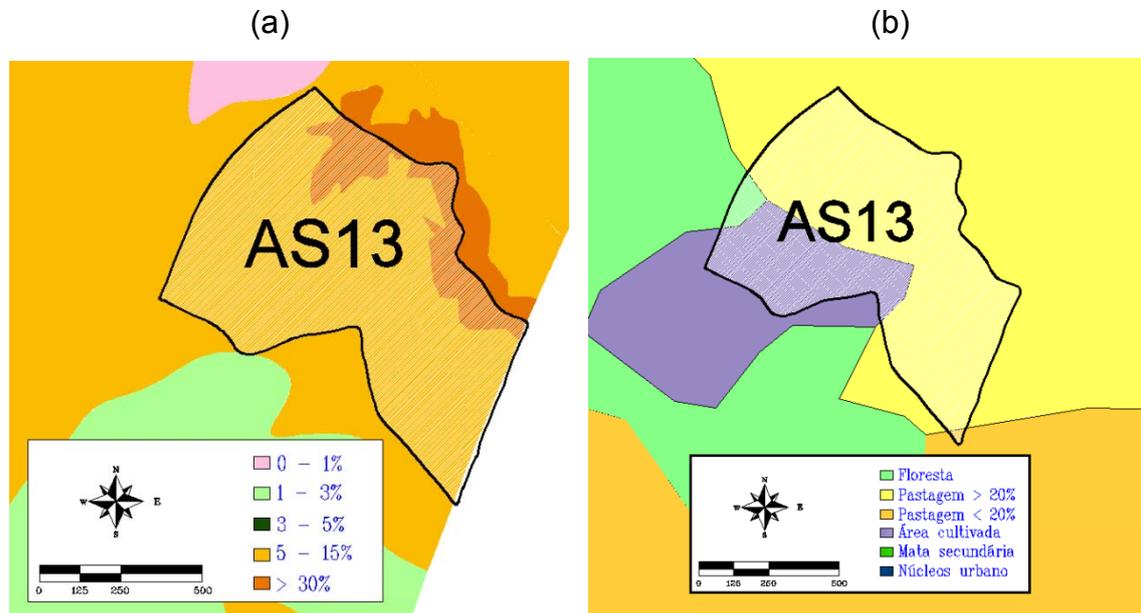
**Figura 51.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

Depois de modificada, a AS13 recebeu nova localização, ficando entre as coordenadas UTM X=698022; Y=8790938 e X=698670; Y=8789938; contudo seus confrontantes permaneceram os mesmos, passou a possuir 69,1 hectares, dos quais 2,32% entre as cotas 30 m e 50 m, 58,9% entre as cotas 50 m e 80 m, e 38,78% acima de 80 m; enquanto que 86,11% de sua área possui declividade entre 5% e 15%, e 13,89% acima de 30%, como se mostram nas Figuras 52(b) e 53(a) respectivamente.



**Figura 52.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).

Abordando o uso do solo e cobertura vegetal, a AS13 é composta de 24,6% de área cultivada; 2,2% de floresta e 73,2% de pastagem, como se vê na Figura 53(b), aspectos estes favoráveis do ponto de vista ambiental.



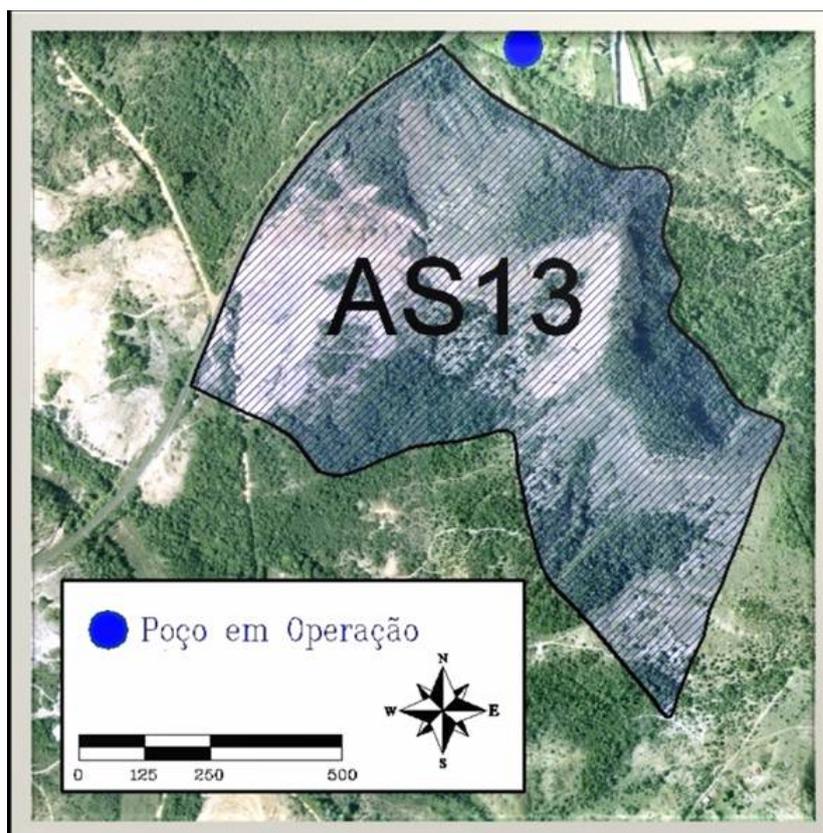
**Figura 53.** Mapa de declividade(a) e Mapa do uso do solo(b).

No tocante a geologia, se constata a total imersão dessa área na formação barreiras, que comporta o aquífero granular, desfavorável do ponto de vista da vulnerabilidade. Quanto à zona de saturação do lençol freático não se tem dados precisos, embora por se tratar de uma área localizada em altitude intermediária,

presume-se que esta fique a 7,50 m de profundidade em períodos de chuva, o que seria bom em termos de escolha dessa área.

A geomorfologia dessa região é de tabuleiros costeiros, completamente coberta com solo podzólico vermelho amarelo.

Observando os aspectos antrópicos, como se pode verificar pela Figura 54, afirma-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, possui rede de eletrificação disponível; constata-se ainda que a AS13 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 200 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido do núcleo urbano mais próximo, que se posiciona a jusante do aterro sanitário, afetando-o diretamente.



**Figura 54.** Imagem aerofotogramétrica da AS13.

Sua restrição legal resume-se a estar com 100% de sua área inserida na ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende ao de Nossa Senhora do Socorro, embora fique muito próximo, chegando a 112 m de proximidade; localiza-se às margens da BR 101. O corpo hídrico mais próximo fica a 1.900 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 26 apresenta o resumo das características da AS13.

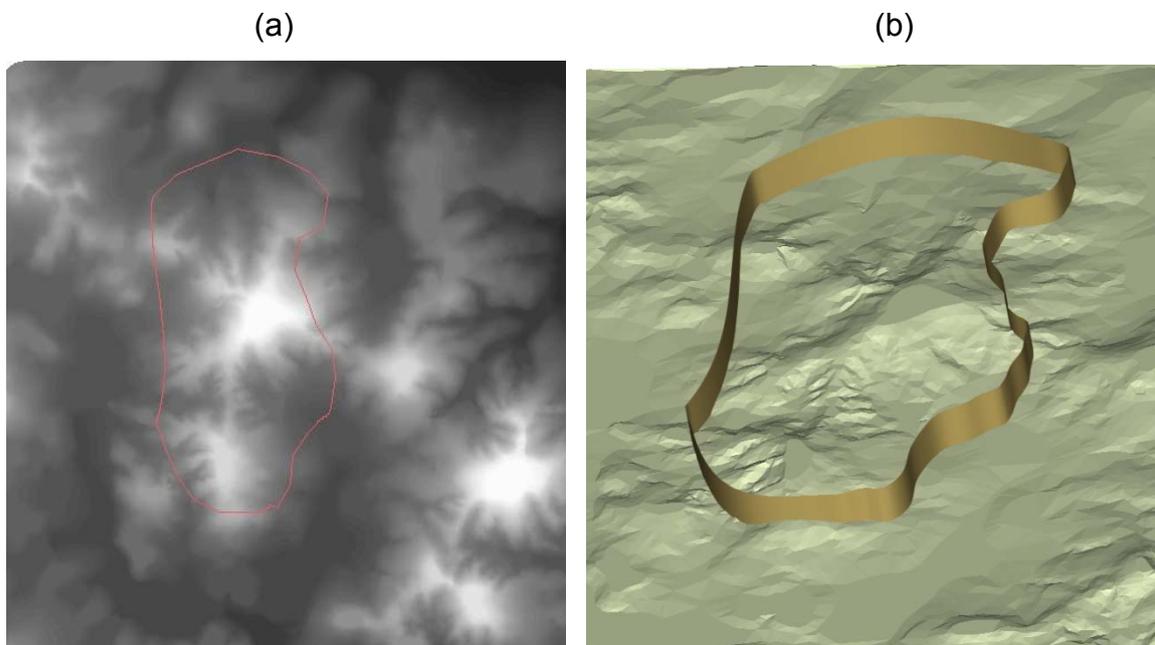
**Tabela 26.** Resumo das características da AS13.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	69,10 ha	60,78 % 89,72 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - - -	- - - -
ALTITUDE	30 m a 50 m 50 m a 80 m > 80 m	1,60 ha 40,70 ha 26,80 ha	2,32 % 58,90 % 38,78 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 % > 30 %	59,50 ha 9,60 ha	86,11 % 13,89 %
USO DO SOLO	Área Cultivada Floresta Pastagem	17,00 ha 1,53 ha 50,57 ha	24,60 % 2,20 % 73,20 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	69,10 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Tabuleiros Costeiros	69,10 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo	69,10 ha	100 %
AQUÍFERO	Granular	69,10 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	7,50 m	69,10 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 69,10 ha	- - 100 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 101)	Local	-
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	8,00 ha 42,00 ha 19,10 ha	11,55 % 60,78 % 27,67 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Sim	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	69,10 ha -	100 % -
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	12,80 Km 15,11 Km 7,58 Km	-14,67 % +0,73 % -49,47 %

### 7.3.2.6. ÁREA SELECIONADA AS16

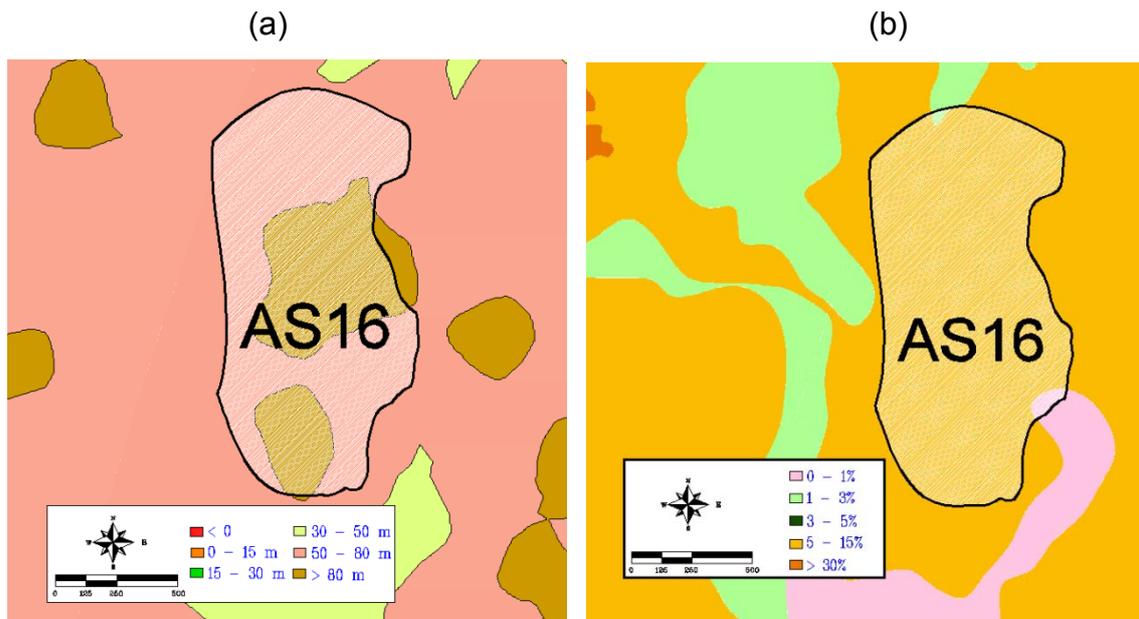
Localizada entre as coordenadas UTM X=692025; Y=8792134 e X=692584; Y=8790599; na fazenda Bem-Te-Vi, a oeste do povoado Timbó, no município de São Cristóvão, a AS16 possui 109,8 hectares.

A delimitação da área iniciou-se a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região. Nesse caso a Malha de Drenagem Natural, apresentada na Figura 55(a), e o Modelo Digital do Terreno - MDT, apresentado na Figura 55(a), foi decisivo na avaliação.



**Figura 55.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Modelo Digital do Terreno-MDT(b).

Os dados da hipsometria mostram que 64,30% da área encontra-se entre as cotas 50 m e 80 m; e 35,70% acima de 80 m, enquanto que sua totalidade possui declividade entre 5% e 15%, como se mostram nas Figuras 56(a) e 56(b), respectivamente.

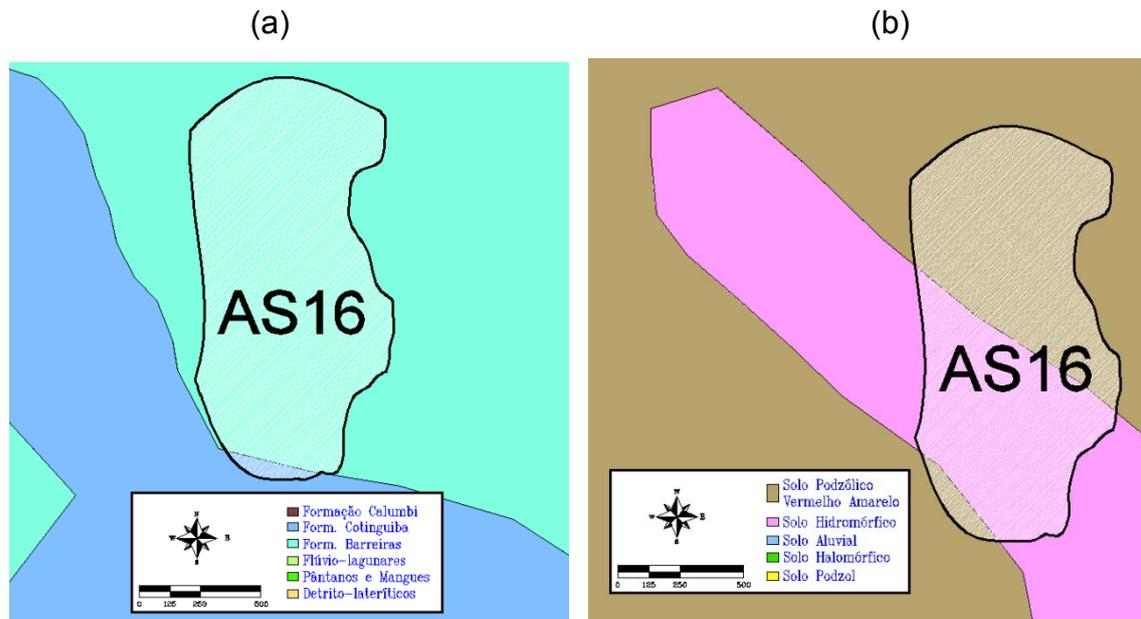


**Figura 56.** Mapa hipsométrico(a) e Mapa de declividade(b).

Abordando o uso do solo e cobertura vegetal, a AS16 é completamente coberta por pastagem, aspecto que do ponto de vista ambiental é de fácil assimilação.

No tocante a geologia, aprecia-se a Figura 57(a) e se constata a total imersão dessa área na formação barreiras, limítrofe com a formação cotinguiba membro sapucari, ambas posicionadas sobre o aquífero granular, que é desfavorável do ponto de vista da vulnerabilidade.

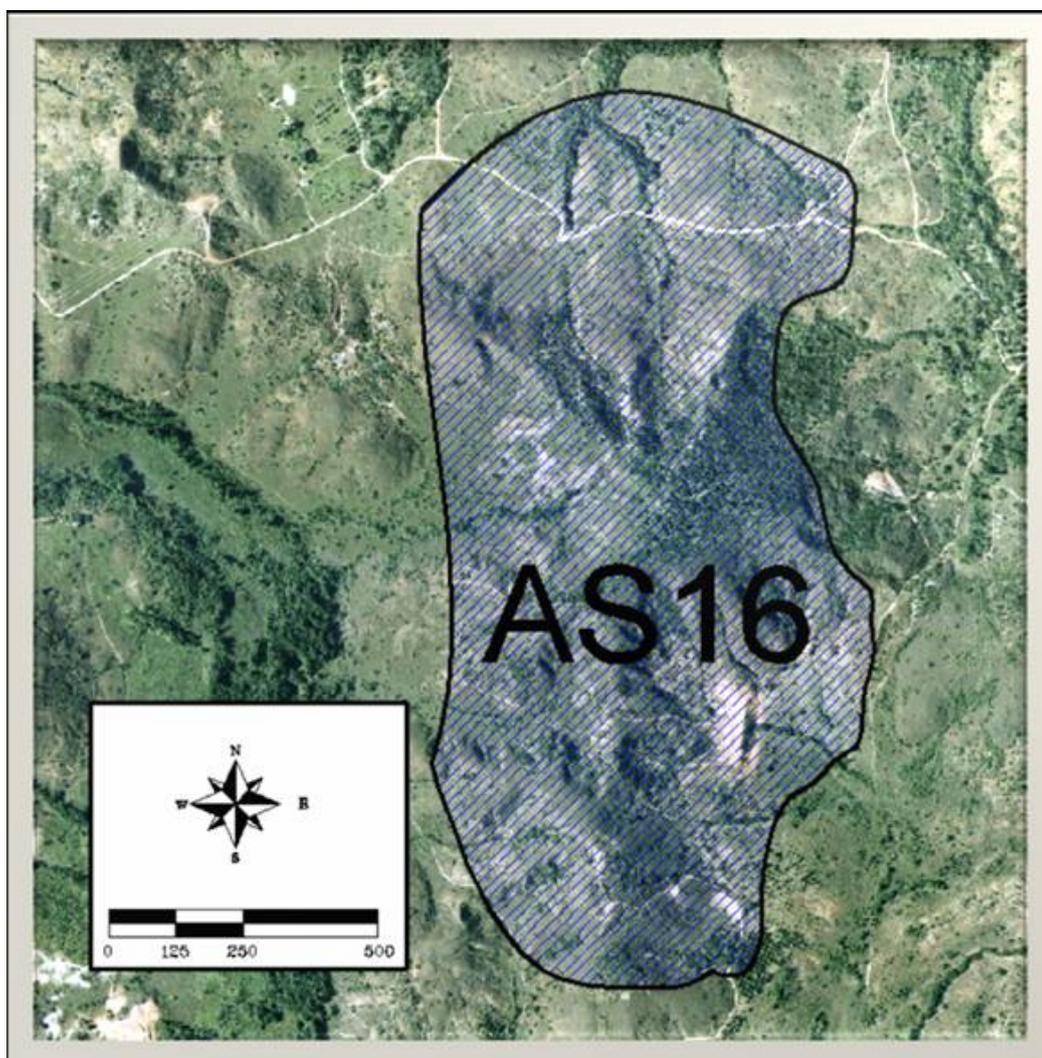
Quanto à zona de saturação do lençol freático, os dados fornecidos pelo DEHIDRO (2007), afirmam que esta fique a 7,40 m de profundidade em períodos de chuva, por se tratar de uma área localizada em altitude elevada, indicativo extremamente positivo em termos área para destino final de resíduo sólido.



**Figura 57.** Mapa da geologia(a) e Mapa da pedologia(b).

A geomorfologia dessa região é de tabuleiros costeiros, limítrofe com planícies costeiras, coberta com solo podzólico vermelho amarelo, na proporção de 55,46%; e 44,54% para o solo hidromórfico, como se pode acompanhar pela Figura 57(b).

De acordo com as observações antrópicas, como se pode verificar pela Figura 58, afirma-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, possui rede de eletrificação disponível; constata-se ainda que a AS16 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 1.500 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido do núcleo urbano mais próximo, que se posiciona a montante do aterro sanitário, portanto não o afetaria.



**Figura 58.** Imagem aerofotogramétrica da AS16.

Sua restrição legal resume-se a estar com 100% de sua área inserida na ASA entre 13 Km e 20 Km, embora fora do cone de decolagem e aterrissagem do aeroporto Santa Maria, em Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende aos de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro; possui acesso pela BR 101 (4.500 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 27 apresenta o resumo das características da AS16.

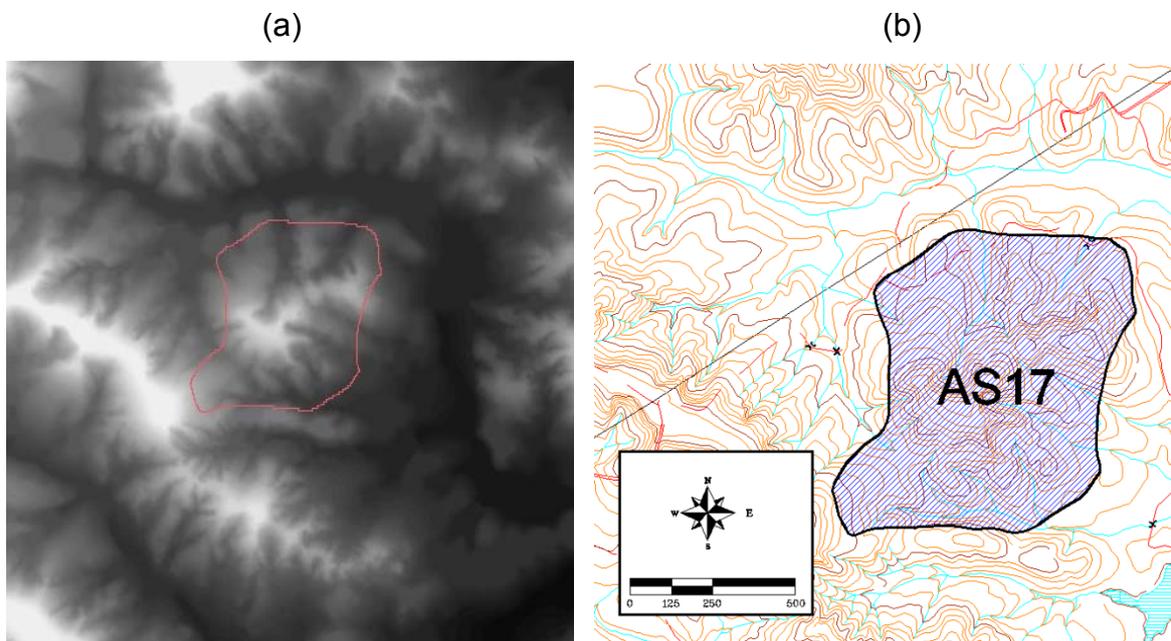
**Tabela 27.** Resumo das características da AS16.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	109,80 ha	38,25 % 56,47 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - - -	- - - -
ALTITUDE	50 m a 80 m > 80 m	70,60 ha 39,20 ha	64,30 % 35,70 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 %	109,80 ha	100 %
USO DO SOLO	Pastagem	109,80 ha	100 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	109,80 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Tabuleiros Costeiros	109,80 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo Hidromórfico	60,90 ha 48,90 ha	55,46 % 44,54 %
AQUÍFERO	Granular	109,80 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	7,40 m	109,80 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 21,80 ha 88,00 ha	- 19,85 % 80,15 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	4.500 m - Local	- - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 2.500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 109,80 ha	- - 100 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	109,80 ha -	100 % -
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	18,7 Km 19,8 Km 8,7 Km	+24,67 % +32,00 % -42,00 %

### 7.3.2.7. ÁREA SELECIONADA AS17

Posicionada entre as coordenadas UTM X=689092; Y=8791563 e X=691122; Y=8790511; nas adjacências do povoado Aningas, acessando pela BR 101, a leste da estrada que leva ao povoado São Cristóvão, no município de São Cristóvão, a AS17 possui 139,2 hectares.

Dando seqüência a análise, a delimitação inicial partiu de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região, onde parte da área foi descartada, por não atender às condicionantes físicas. Para se entender melhor o relevo da área pode-se observar o modelo 3D apresentado na Figura 60(a).

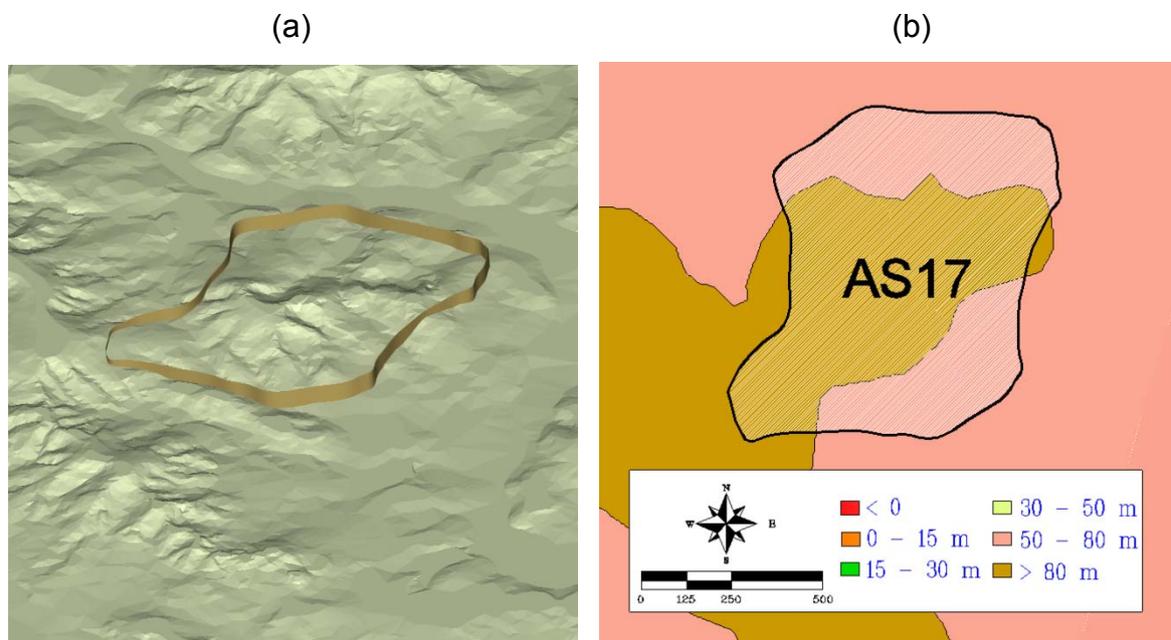


**Figura 59.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

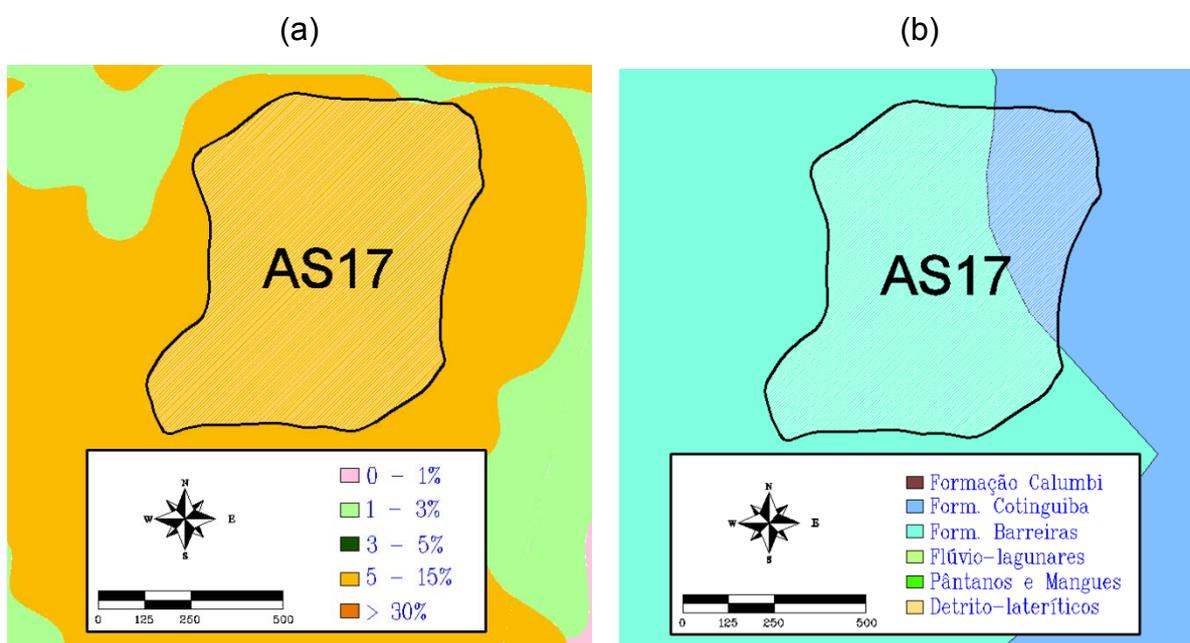
Além da análise do deflúvio superficial, que impôs nova delimitação a AS17, ela foi submetida a outras críticas, como se pode perceber no discorrer desse capítulo, de modo que essa área recebeu novas características de localização e novo dimensionamento, a saber pelas coordenadas UTM X=690624; Y=8791395 e X=691082; Y=8790631; e pela extensão de 62,0 hectares.

Visando aprofundar a caracterização da área, fez-se uma abordagem sob vários parâmetros, onde inicialmente a hipsometria e a declividade, expostas por fatiamento são mostradas nas Figuras 60(b) e 61(a), respectivamente.

Vê-se então que na AS17, 44,45% da área fica situada entre cotas de 50 m e 80 m, enquanto que 55,55%, posiciona-se acima de 80 m. Já com relação a declividade, percebe-se que toda a área está entre 5% e 15%, o que em ambos os casos se mostra favorável.



**Figura 60.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).



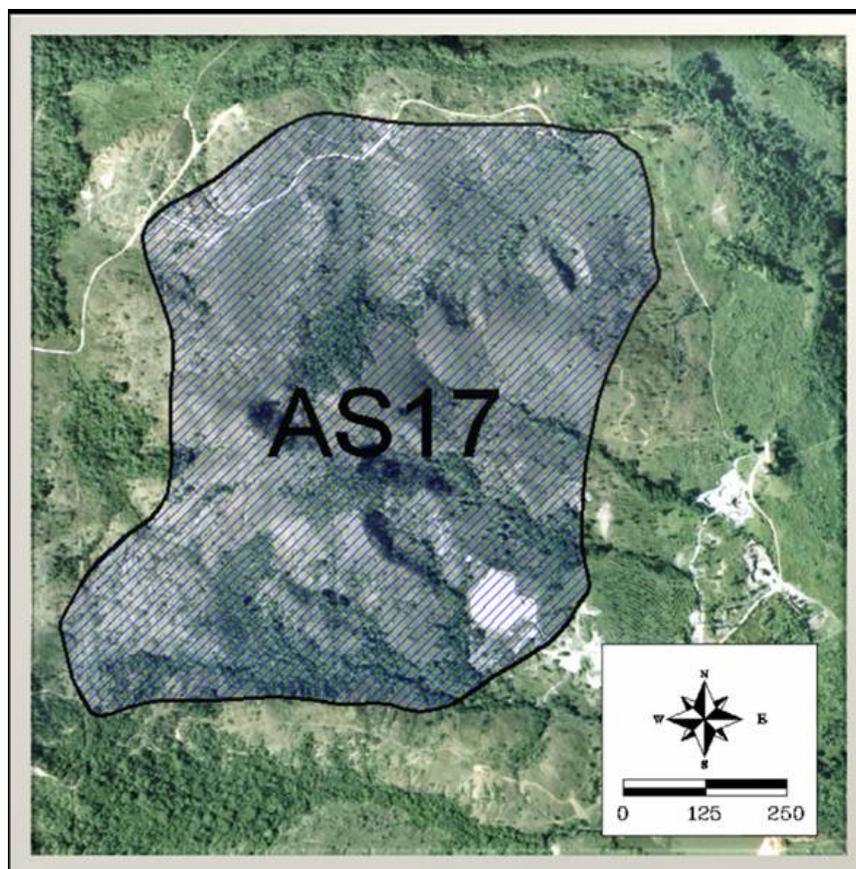
**Figura 61.** Mapa de declividade(a) e Mapa da geologia(b).

Quanto à zona de saturação do lençol freático não se tem dados precisos, embora por se tratar de uma área localizada em altitude elevada, com cotas que superam os 120,00 m, segundo dados comparativos da DEHIDRO, presume-se

que esta fique a 28,0 m de profundidade em períodos de chuva, o que seria bom em termos de escolha dessa área.

De acordo com dados da SEPLAN, acerca do uso do solo e cobertura vegetal, percebe-se que toda a área aqui abordada permanece sobre uma região de pastagem, e que a mesma encontra-se 78,87% sobre a formação barreiras e 21,13% sobre a formação Cotinguiba membro Sapucari com depósitos aluvionares e coluvionares arenosos e argilo-arenosos, sobre o aquífero granular.

A geomorfologia dessa região é de tabuleiros costeiros, coberta com solo podzólico vermelho amarelo. Sobre as condicionantes antrópicas, como se pode observar pela Figura 62, afirma-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, destinados ao escoamento da produção local, possui também rede de eletrificação disponível; verifica-se ainda que a AS17 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 2.000 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido paralelo ao núcleo urbano mais próximo, não o atingindo.



**Figura 62.** Imagem aerofotogramétrica da AS17.

É importante observar que não há restrições legais para a AS17, pois esta se encontra totalmente fora da ASA do aeroporto Santa Maria, localizado na cidade de Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende aos de Nossa Senhora do Socorro e Aracaju, possuindo acesso pelas BR 101 (3.600 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 28 apresenta o resumo das características da AS17.

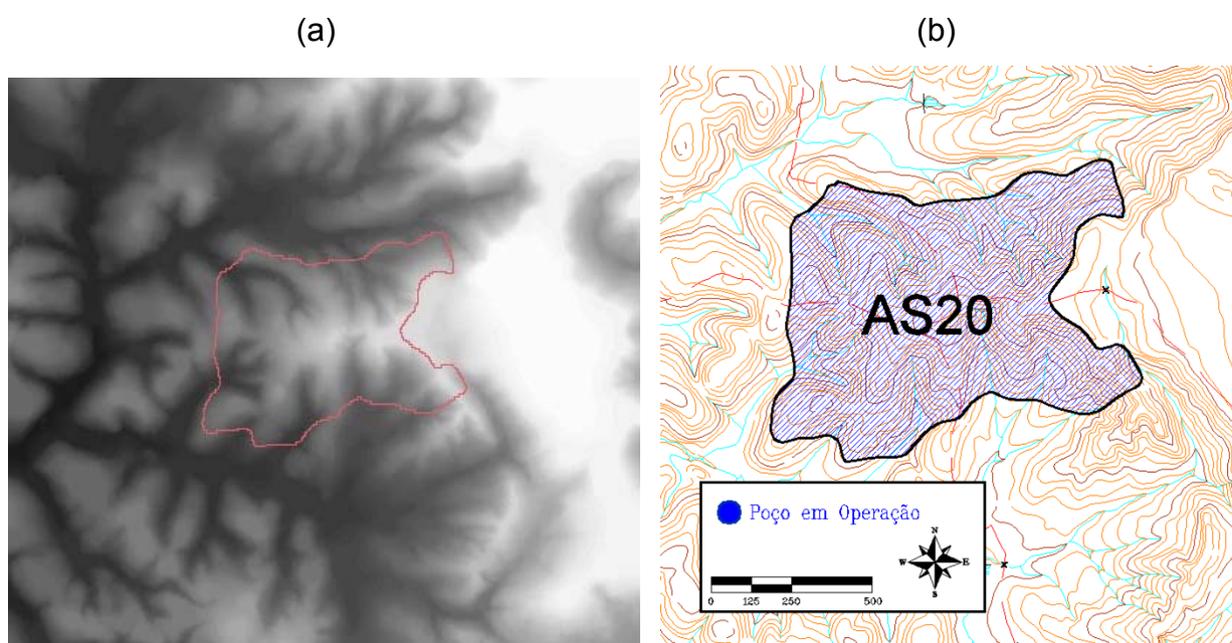
**Tabela 28.** Resumo das características da AS17.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	62,00 ha	67,74 % 100 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - - -	- - - -
ALTITUDE	50 m a 80 m > 80 m	27,56 ha 34,44 ha	44,45 % 55,55 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 %	62,00 ha	100 %
USO DO SOLO	Pastagem	62,00 ha	100 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras Cotinguiba	48,90 ha 13,10 ha	78,87 % 21,13 %
GEOMORFOLOGIA	Tabuleiros Costeiros	62,00 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo	62,00 ha	100 %
AQUÍFERO	Granular	62,00 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	28,0 m	62,00 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	2,85 ha 49,80 ha 9,35 ha	4,60 % 80,30 % 15,10 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	3.600 m - Local	- - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 2.500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 62,00 ha	- - 100 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	- 62,00 ha	- 100 %
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	20,20 Km 21,20 Km 9,45 Km	+34,67 % +41,33 % -37,00 %

### 7.3.2.8. ÁREA SELECIONADA AS20

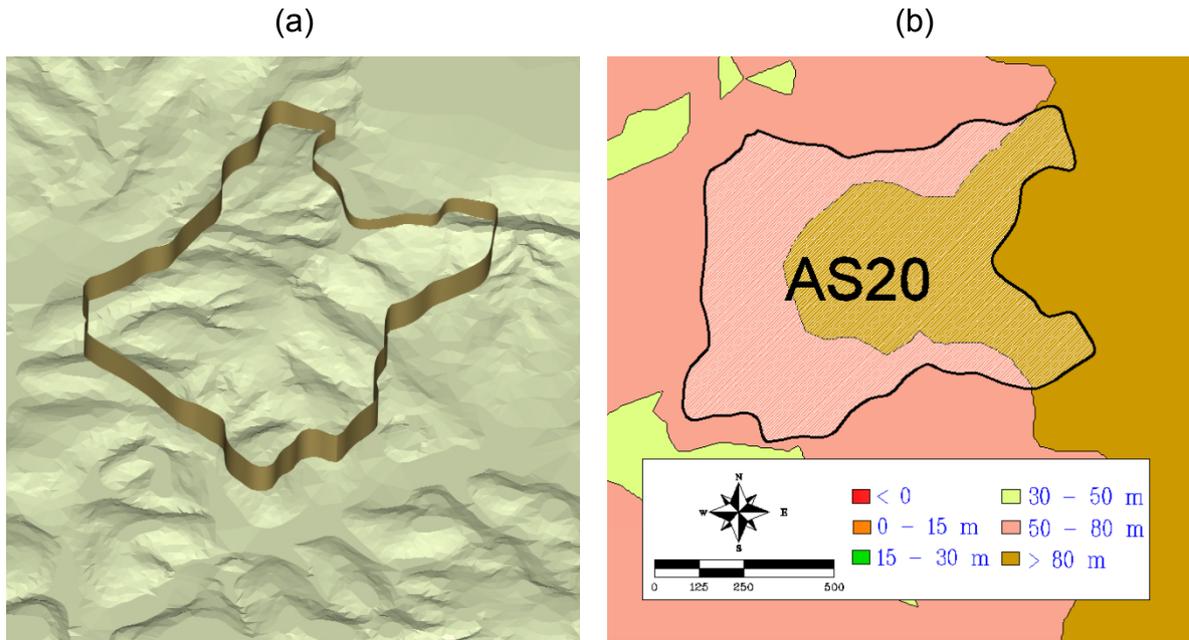
Ilustrada na Figura 31, a AS20 possui 130,4 hectares e localiza-se entre as coordenadas UTM  $X=686604$ ;  $Y=8791471$  e  $X=688278$ ;  $Y=8790620$ ; nas proximidades do povoado Curralinho, a noroeste da fazenda São Cristóvão, e leste da estrada que conduz a escola municipal Felisberto Paes de Andrade, no município de São Cristóvão.

De forma similar a outras áreas, a delimitação iniciou-se a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, relevo e condições hidrográficas da região, analisados pela Malha de Drenagem Natural, apresentada na Figura 63(a), e o Modelo Digital do Terreno apresentado na Figura 64(a).



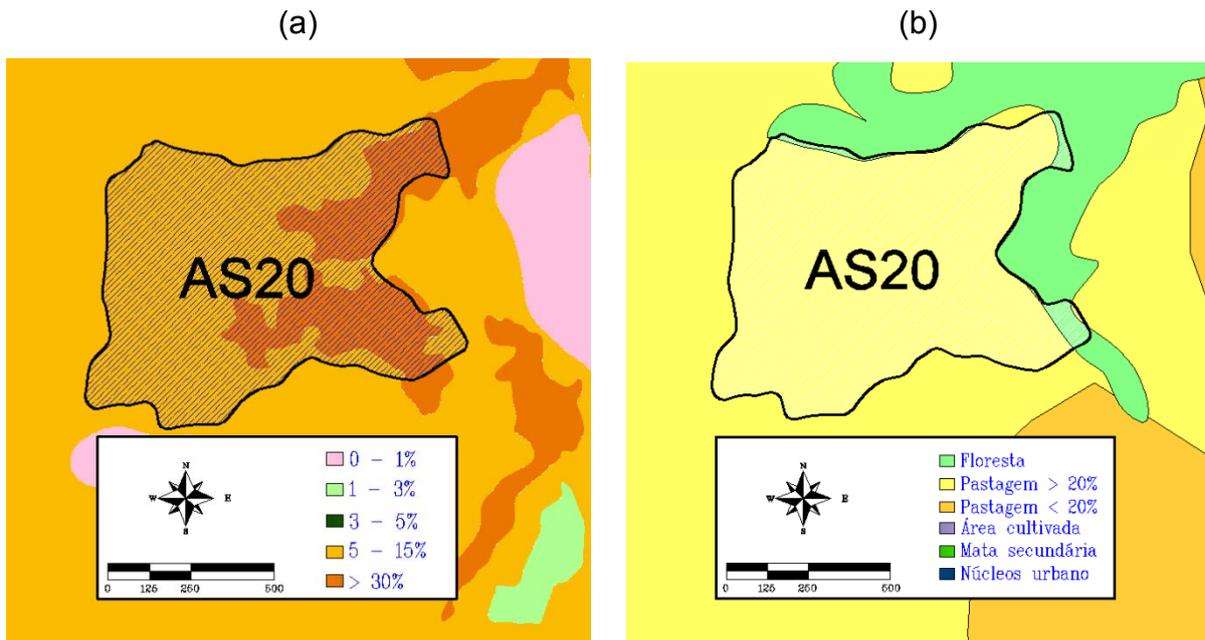
**Figura 63.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff”(b).

Depois de modificada, a AS20 recebeu nova localização, ficando entre as coordenadas UTM  $X=686658$ ;  $Y=8791513$  e  $X=687528$ ;  $Y=8790858$ ; contudo seus confrontantes permaneceram os mesmos, passou a possuir 70,6 hectares, dos quais 52,14% entre as cotas 50 m e 80 m; e 47,86% acima de 80 m, enquanto que 71,05% de sua área possui declividade entre 5% e 15%, e 28,95% acima de 30% , como se mostram nas Figuras 64(b) e 65(a), respectivamente.



**Figura 64.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).

No tocante a geologia, segundo informações do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, constata-se a total imersão dessa área na formação barreiras, que comporta o aquífero granular, desfavorável do ponto de vista da vulnerabilidade. Quanto a zona de saturação do lençol freático não se tem dados precisos, embora pelas informações comparativas a um poço perfurado na região, presume-se que esta fique a 15,0 m de profundidade em períodos de chuva, o que seria bom em termos de escolha dessa área.

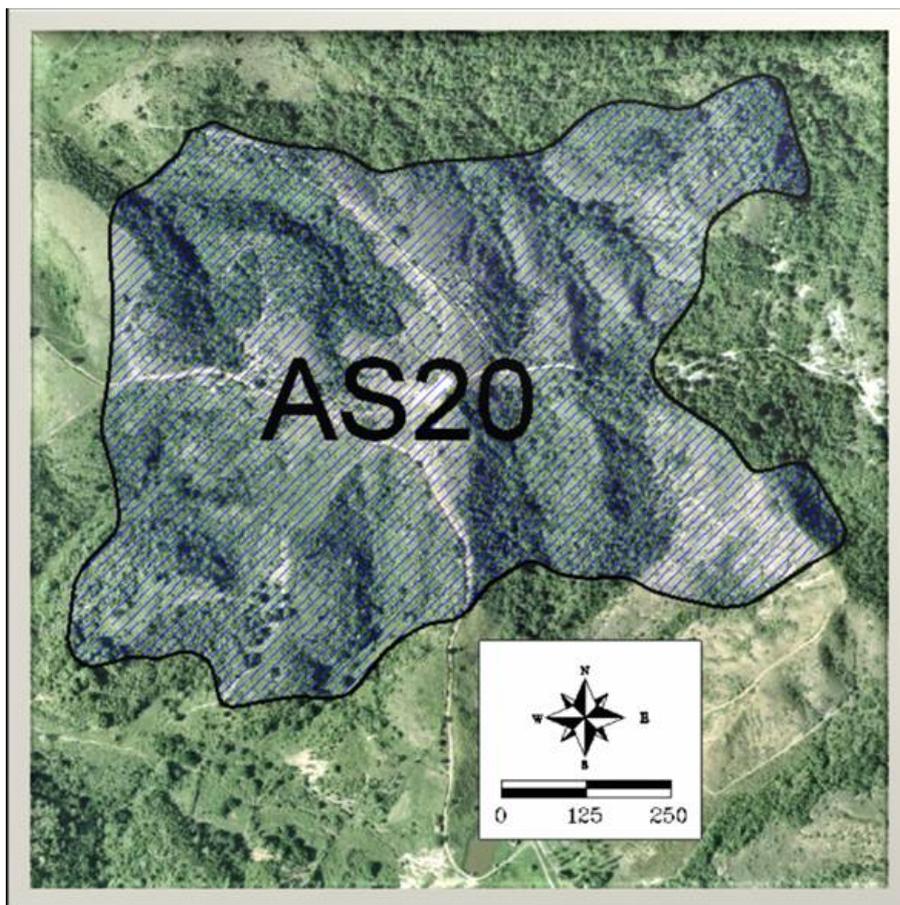


**Figura 65.** Mapa de declividade(a) e Mapa do uso do solo(b).

Abordando o uso do solo e cobertura vegetal, a AS20 é quase que completamente coberta por pastagem, tendo apenas 3,54% tomada por mata secundária, como se vê na Figura 65(b), aspecto que do ponto de vista ambiental é de fácil assimilação.

A geomorfologia dessa região é de tabuleiros costeiros, totalmente coberta com solo podzólico vermelho amarelo.

Observando os aspectos antrópicos, como se pode verificar pela Figura 66, afirma-se que essa área inclui, estrutura de proximidade com vias secundárias formada por estradas não pavimentadas e caminhos, possui rede de eletrificação disponível; constata-se ainda que a AS20 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de no mínimo 700 m, e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando paralelamente ao núcleo urbano mais próximo, não o afetando.



**Figura 66.** Imagem aerofotogramétrica da AS20.

É importante observar que não há restrições legais para a AS20, pois esta se encontra totalmente fora da ASA do aeroporto Santa Maria, localizado na cidade de Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende aos de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro. Possui acesso pela BR 101 (6.500 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância, superando a recomendação da ABNT. A Tabela 29 apresenta o resumo das características da AS20.

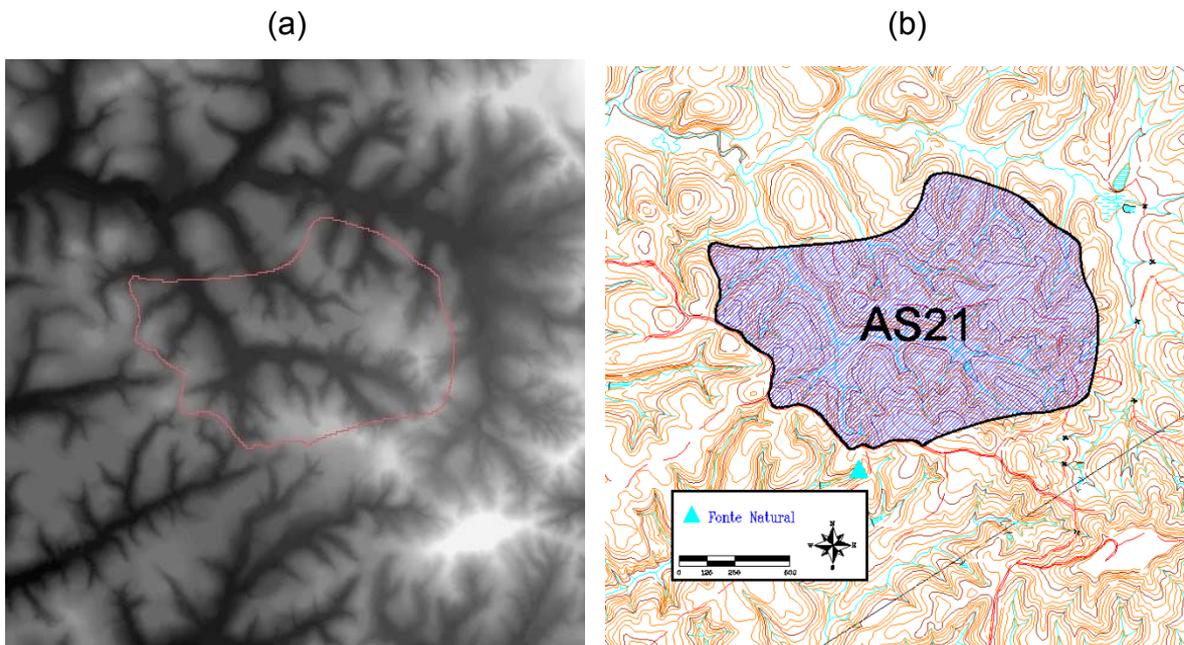
**Tabela 29.** Resumo das características da AS20.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	70,60 ha	59,49 % 87,82 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - - -	- - - -
ALTITUDE	50 m a 80 m > 80 m	37,40 ha 33,20 ha	52,14 % 47,86 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 % > 30 %	50,20 ha 20,40 ha	71,05 % 28,95 %
USO DO SOLO	Mata Secundária Pastagem	2,50 ha 68,10 ha	3,54 % 96,46 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	70,60 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Tabuleiros Costeiros	70,60 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo	70,60 ha	100 %
AQUÍFERO	Granular	70,60 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	15,0 m	70,60 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 35,10 ha 35,50 ha	- 49,72 % 50,28 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	6.500 m - Local	- - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 70,60 ha	- - 100 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	- 70,60 ha	- 100 %
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	24,00 Km 24,50 Km 11,80 Km	+60,00 % +63,33 % -21,33 %

### 7.3.2.9. ÁREA SELECIONADA: AS21

A AS21 fica localizada na fazenda Quidonga, mais exatamente entre as coordenadas UTM X=684367; Y=8790203 e X=686860; Y=8789447; a nordeste da fazenda Curriol, possuindo 234,5 hectares.

De forma análoga as análises anteriores, a delimitação se iniciou a partir de um exame das condições do deflúvio superficial, segundo o relevo e condições hidrográficas da região.



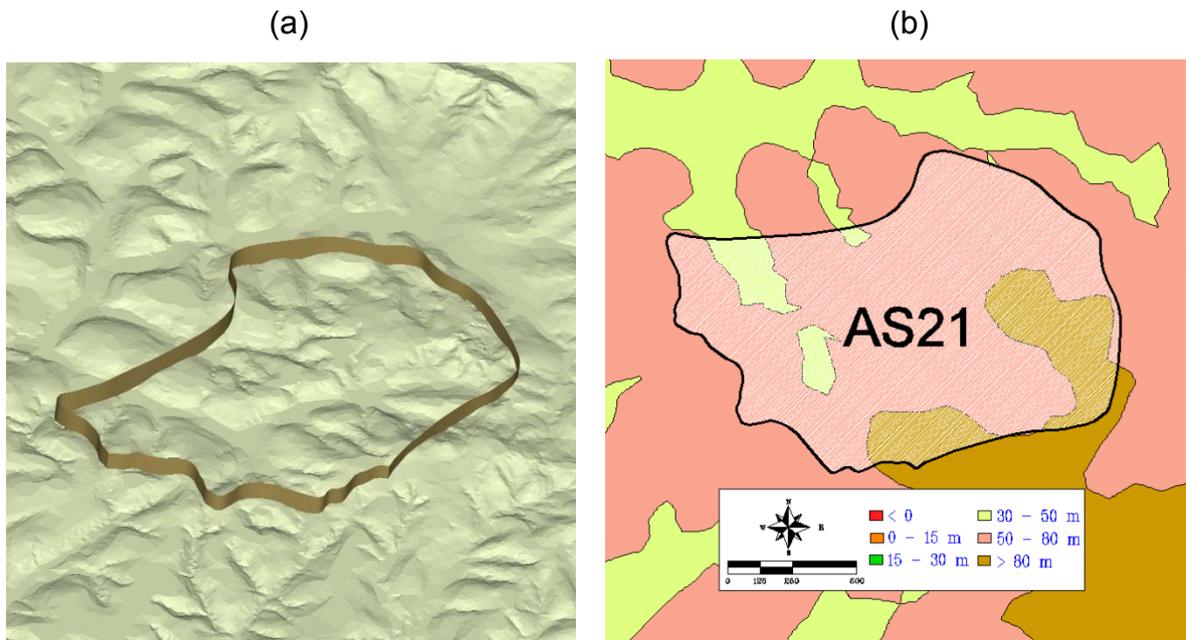
**Figura 67.** Malha de Drenagem Natural-MDN(a) e Área modificada pelo “runoff” (b).

Tanto a Malha de Drenagem Natural - MDN, como o Modelo Digital do Terreno - MDT, como se vê nas Figuras 67(a) e 68(b), foram construídos com o auxílio do software Spring/INPE e editados pelo AutoCAD Map, de modo que a área descartada foi resultado de inadequações do ponto de vista do “runoff”.

Sua localização passa a ser entre as coordenadas UTM X=685276; Y=8790215 e X=686897; Y=8789465; perfazendo 147,1 hectares.

Observa-se ainda que a AS21 possui uma fonte natural, conforme ilustração da Figura 67(b), contudo segundo o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, trata-se de uma fonte não cadastrada, apenas de uma ocorrência não explorada em escala comercial.

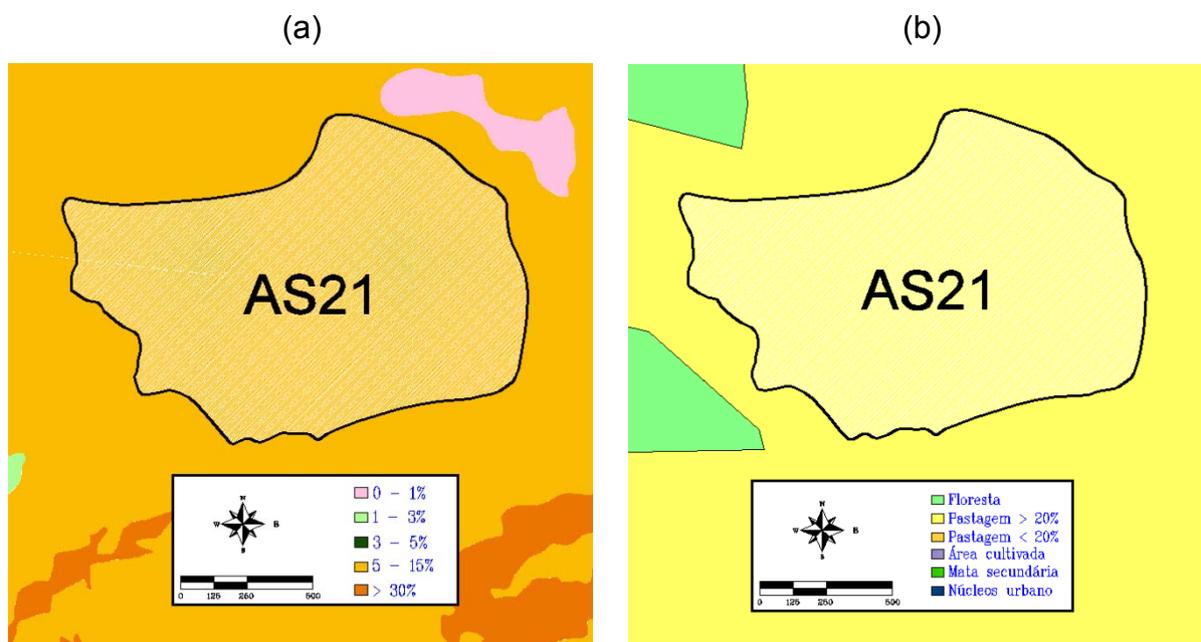
Analisando o mapa temático (Figura 68(b)), nota-se que a AS21 posiciona-se em cotas elevadas. A AS21 possui 5,50% de sua área entre as cotas 30 m e 50 m; 77,70% entre 50 m e 80 m; e 16,80% acima de 80 m, o que pode ser visualizado na Figura 68(b).



**Figura 68.** Modelo Digital do Terreno-MDT(a) e Mapa hipsométrico(b).

Examinando a declividade mostrada na Figura 69(a), vê-se que a AS21 possui toda sua área entre 5% e 15%, portanto predomina a alta declividade, porém não ultrapassando 30%, o que não afeta a possibilidade de ser selecionada.

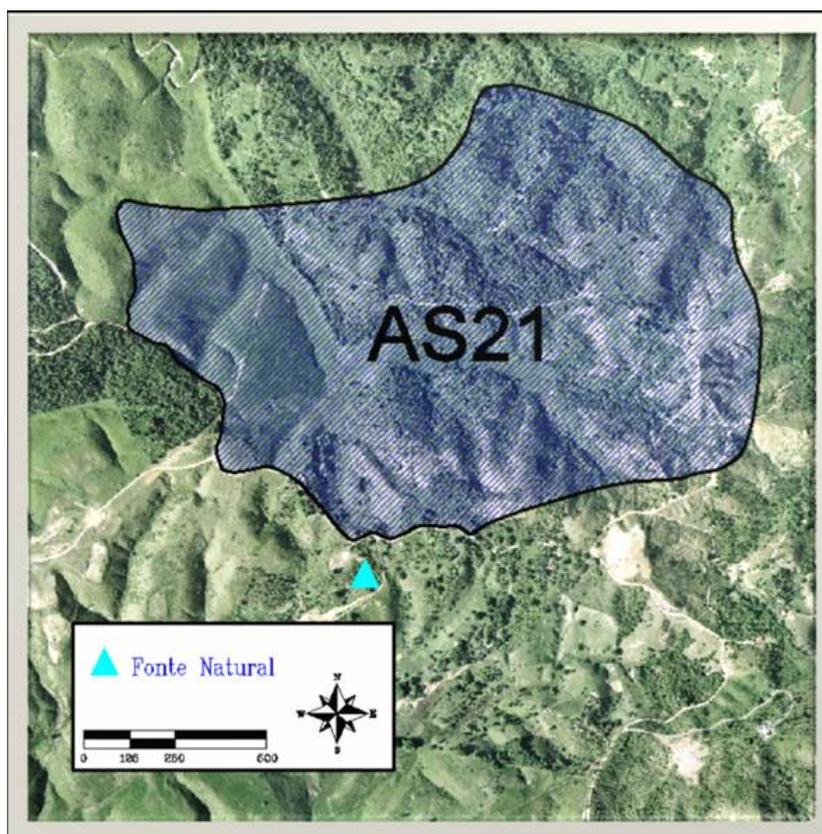
Quando de trata do uso do solo e cobertura vegetal, a AS21 é predominantemente composta por pastagem, como se vê na Figura 69(b), tendo em suas proximidades a presença de floresta, favorecendo sua condição.



**Figura 69.** Mapa de declividade(a) e Mapa do uso do solo(b).

Com relação a geologia, segundo dados do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, constata-se a total predominância da formação barreiras, conjugado com o aquífero granular, com zona de saturação do lençol freático em torno de 3,8 m de profundidade em períodos de chuva. De acordo com a geomorfologia, a região é de tabuleiros costeiros, coberta com solo podzólico vermelho amarelo limítrofe com solo aluvial.

Em termos de condições antrópicas, essa área inclui, como se pode observar pela Figura 70, estrutura de proximidade com vias secundárias, formada por estradas não pavimentadas e caminhos; possui também rede de eletrificação disponível; verifica-se ainda que a AS21 encontra-se distante de aglomerados urbanos a um raio de 1.600 m e que a direção dos ventos na maioria do ano é de nordeste para sudoeste, soprando no sentido do núcleo urbano mais próximo, porém este encontra-se a montante, não sendo afetado.



**Figura 70.** Imagem aerofotogramétrica da AS21.

É importante observar que não há restrições legais para a AS21, pois esta se encontra totalmente fora da ASA do aeroporto Santa Maria, localizado na cidade de Aracaju. Com relação aos CMCRS, não atende ao de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, possuindo acesso pela BR 101 (4.500 m). O corpo hídrico mais próximo fica a 500 m de distância. A Tabela 30 apresenta o resumo das características da AS21.

**Tabela 30.** Resumo das características da AS21.

PARÂMETROS	DEFINIÇÃO	VALORES	
		Grandeza	Proporção
EXTENSÃO DA ÁREA	> 42 ha (15 anos) > 62 ha (20 anos)	147,10 ha	28,55 % 42,15 %
DRENAGEM NATURAL	Fácil Escoamento Difícil Escoamento	- -	- -
ATIVIDADE DE POÇOS ARTESIANOS	Operando Desativado	- -	- -
MINERAÇÃO	Extração Ativa Extração Inativa	- -	- -
RECURSOS MINERAIS	Dentro da Área Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 1 un - -	- - - -
ALTITUDE	30 m a 50 m 50 m a 80 m > 80 m	8,10 ha 114,30 ha 24,70 ha	5,50 % 77,70 % 16,80 %
DECLIVIDADE	5 % a 15 %	147,10 ha	100 %
USO DO SOLO	Pastagem	147,10 ha	100 %
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Barreiras	147,10 ha	100 %
GEOMORFOLOGIA	Tabuleiros Costeiros	147,10 ha	100 %
PEDOLOGIA	Podzólico Vermelho Amarelo	147,10 ha	100 %
AQUÍFERO	Granular	147,10 ha	100 %
NÍVEL FREÁTICO (Estático)	3,80 m	147,10 ha	100 %
COLEÇÕES HÍDRICAS	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- 58,00 ha 89,10 ha	- 39,43 % 60,57 %
VIAS DE ACESSO	Rodovia Federal (BR 101) Estrada Pavimentada Estrada Não Pavimentada	4.500 m - Local	- - -
INFRA-ESTRUTURA	Eletricidade (Alta Tensão) Eletricidade ( Baixa Tensão) Saneamento (Abastecimento) Saneamento (Esgoto Coletado)	- 1.500 m - -	- - - -
NÚCLEO POPULACIONAL	Até 500 m Até 1000 m > 1000 m	- - 147,10 ha	- - 100 %
DIREÇÃO DOS VENTOS	Afeta ao Núcleo Urbano	Não	-
AERÓDROMOS	ASA entre 13 Km e 20 Km Área Livre da ASA (> 20 Km)	- 147,10 ha	- 100 %
CENTRO DE MASSA (Raio = 15 Km)	CMCRS de Aracaju CMCRS de N. Sra. do Socorro CMCRS de São Cristóvão	24,5 Km 25,6 Km 11,3 Km	+63,33 % +70,66 % -24,66 %

### 7.3.3. HIERARQUIZAÇÃO DAS ÁREAS ESPECÍFICAS

As Metodologias de hierarquização nativas, que utilizam a pontuação de diferentes atributos (indicadores) são muitas vezes objetos de críticas – e com razão – pelo motivo das pontuações serem estabelecidas de forma bastante subjetiva. Entretanto, quando a escolha dos atributos é feita de forma concreta e os critérios de pontuação são bem definidos e aceitos, estas críticas não procedem.

Percebe-se no decorrer desse trabalho que todos os critérios foram avaliados de maneira ajustada às técnicas e aos aspectos legais. Contudo, este tem um diferencial, a aplicação da lógica nebulosa, perfeitamente adequada ao julgamento que se faz necessário.

Cada uma das áreas selecionadas (AS) recebeu uma nota correspondente a cada condicionante, que são: ambiental, operacional e antrópica. Estas notas foram ponderadas por critérios julgados de maior ou menor importância, de acordo com avaliação especializada, os quais valerem-se da nota final de cada uma das variáveis para se obter uma nota geral da área.

A Tabela 31 apresenta os resultados da hierarquização das áreas selecionadas e mostra que as áreas AS21, AS6, AS17 e AS9 obtiveram, necessariamente nessa ordem, maiores notas dentre as vinte e nove áreas avaliadas e as nove finalmente estudadas. Contudo, percebe-se também que nem sempre as quatro áreas melhor classificadas obtiveram os maiores escores em todos os quesitos, isso porque na aplicação da lógica difusa algumas desvantagens em determinados pontos da avaliação são compensadas por eventuais potencialidades evidentes nessas mesmas áreas, a saber:

A AS21, classificada em primeiro lugar, obteve os melhores escores de avaliação nos critérios: formação geológica, geomorfologia, pedologia, nível freático, uso do solo, drenagem natural, mineração, extensão da área, aeródromo, atividade de poços, núcleo populacional e direção dos ventos.

A AS6, classificada em segundo lugar, obteve os melhores escores de avaliação, de forma não concomitante, nos critérios: coleções hídricas, vias de acesso, infra-estrutura, titulação/aquisição, e centro de massa.

A AS17, classificada em terceiro lugar, obteve o melhor escore de avaliação, de forma não concomitante, apenas no critério recursos minerais.

A AS9, classificada em quarto lugar, obteve os melhores escores de avaliação, de forma não concomitante, nos critérios: altitude e declividade.

Para reforçar o argumento exposto no discorrer desse sub-item, nota-se que a AS13 obteve a melhor soma de pontos, quando se tratou das avaliações ambiental (8,13) e operacional (8,70), todavia foi classificada apenas em sétimo lugar, justamente por não obter bom desempenho nas condicionantes antrópicas (6,19).

Como de fundamental importância, foram atribuídos ainda, pesos para cada critério que influenciaram a nota de cada condicionante. Mostrados na Tabela 31, estes são oriundos de avaliação especializada de profissionais e autores, citados ao longo desse trabalho.

Deste modo, as áreas puderam ser comparadas em cada condicionante e de forma geral, o que possibilitou a hierarquização, conforme parâmetros da Tabela 12 apresentada na metodologia, cuja classificação está apresentada na Figura 71.

**Tabela 31.** Resultados e hierarquização das áreas selecionadas.

ÁREAS SELECIONADAS		AS 2	AS 6	AS 8	AS 9	AS 13	AS 16	AS 17	AS 20	AS 21
EXTENSÃO DAS ÁREAS (ha)		189,3	100,9	66,27	125,4	69,1	109,8	62,0	70,6	147,1
<b>CONDICIONANTES</b>	<b>PESO</b>									
<b>AMBIENTAIS</b>		<b>7,24</b>	<b>6,74</b>	<b>6,36</b>	<b>6,44</b>	<b>8,13</b>	<b>8,10</b>	<b>7,83</b>	<b>8,07</b>	<b>8,09</b>
Coleções Hidricas	20%	9,17	9,74	10,00	9,65	10,00	9,67	7,79	9,01	9,26
Formação Geológica	5%	7,38	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,50	10,00	10,00
Geomorfologia	15%	1,00	1,00	1,00	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Pedologia	10%	7,00	6,77	6,66	6,90	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00
Aquífero	15%	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Altitude	5%	7,34	7,22	6,79	9,38	8,50	8,41	9,00	8,78	7,67
Nível Freático	15%	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Uso do Solo	15%	8,46	9,70	7,00	7,00	9,06	10,00	10,00	9,89	10,00
	<b>100%</b>									
<b>OPERACIONAIS</b>		<b>8,64</b>	<b>8,20</b>	<b>7,42</b>	<b>7,82</b>	<b>8,70</b>	<b>6,85</b>	<b>6,25</b>	<b>5,65</b>	<b>6,70</b>
Vias de Acesso	15%	10,00	10,00	1,00	1,00	10,00	7,00	7,00	1,00	7,00
Infra-Estrutura	5%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Drenagem Natural	5%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Recursos Minerais	5%	1,00	1,00	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00
Mineração	5%	10,00	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Titulação/Aquisição	10%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Declividade	15%	8,91	7,00	9,83	8,45	8,34	7,00	7,00	9,01	7,00
Extensão da Área	20%	10,00	10,00	7,00	10,00	7,00	10,00	7,00	7,00	10,00
Centro de Massa	20%	8,50	10,00	10,00	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>100%</b>									
<b>ANTRÓPICAS</b>		<b>6,59</b>	<b>9,37</b>	<b>8,73</b>	<b>9,74</b>	<b>6,19</b>	<b>8,95</b>	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>
Aeródromo	35%	7,00	9,11	7,00	9,25	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00
Atividade de Poços	5%	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Núcleo Populacional	40%	9,72	9,20	9,45	10,00	7,61	10,00	10,00	10,00	10,00
Direção dos Ventos	20%	1,00	10,00	10,00	10,00	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	<b>100%</b>									
<b>NOTA GERAL</b>		<b>7,49</b>	<b>8,10</b>	<b>7,50</b>	<b>8,00</b>	<b>7,68</b>	<b>7,97</b>	<b>8,03</b>	<b>7,91</b>	<b>8,26</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>		<b>9º</b>	<b>2º</b>	<b>8º</b>	<b>4º</b>	<b>7º</b>	<b>5º</b>	<b>3º</b>	<b>6º</b>	<b>1º</b>

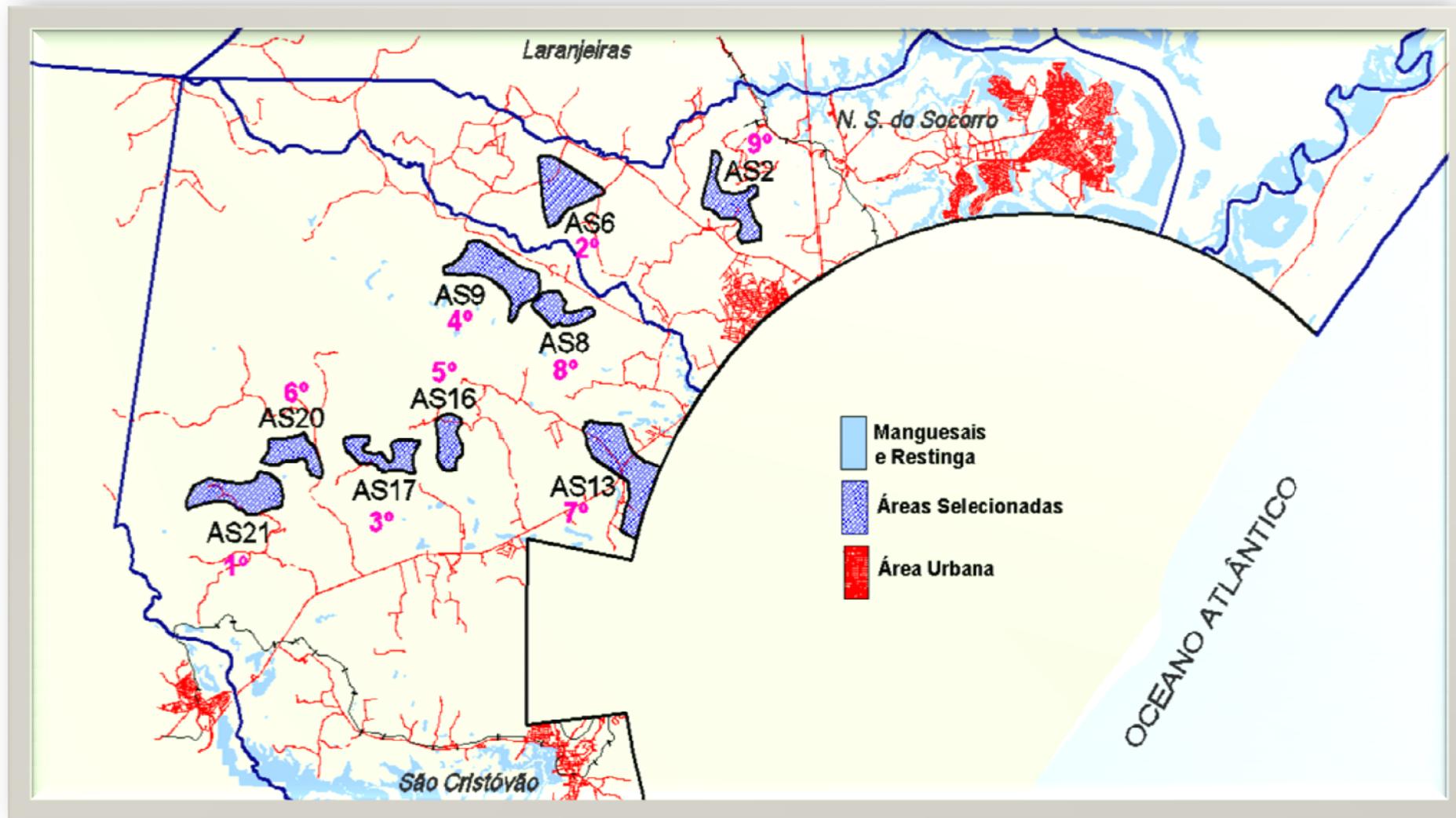


Figura 71. Mapa de áreas selecionadas hierarquizadas.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao chegar no final do processo de seleção e hierarquização de áreas para disposição final dos resíduos sólidos da região metropolitana de Aracaju, percebe-se o quanto é complexo o tema.

Existem vários modos de se obter indicações de localidades para condicionar o resíduo gerado por uma comunidade, contudo estes podem variar de acordo com as características de cada região. Pode-se considerar como principal fator o aspecto antrópico, pois antes de se decidir construir um aterro sanitário há que se encontrar uma comunidade que o aceite, isso gera um fato político, o que não fora abordado nesse estudo.

Somente após a aceitação política do empreendimento, entram os aspectos ambientais e operacionais, estes associados à capacidade da engenharia de resolver problemas, com maior ou menor custo.

Naturalmente, essa dissertação não fez alusão aos aspectos políticos, não obstante. Outrossim, traz uma proposta meramente técnica de análise, objetivando fornecer suporte à decisão.

Verificando os resultados finais expostos na Tabela 31, nota-se que a AS21 reúne melhor nota geral, portanto é a mais bem colocada, seguida pelas AS6, AS17 e AS9, respectivamente. Todavia isso não significa que estas sejam melhores ambientalmente, por exemplo. Para o caso específico, a melhor nota ambiental foi da AS13, que já não fora bem no aspecto antrópico, portanto classificando-se em sétimo lugar.

Para o critério "*proximidade a coleções hídricas*", os melhores escores foram das AS13 e AS8, que estão classificadas em sétimo e oitavo lugares, respectivamente; já no critério "*formação geológica*", ocorreu o contrário, apenas a AS17, dentre as de melhor classificação, não obteve pontuação máxima. Outro ponto notável, ocorreu com as AS6 e AS9, que apesar de se classificarem em segundo e quarto lugares, obtiveram as piores avaliações no quesito "*geomorfologia*"; nota-se também que, todas as áreas tiveram desempenho mediano quando foram avaliadas quanto a "*pedologia*".

Quando se tratou de águas subterrâneas, apenas a AS2 obteve avaliação razoável no quesito “*aquífero*”; ao contrário das AS17, AS20 e AS21 que foram as de melhor avaliação na condicionante antrópica.

Vale salientar que o principal objetivo dessa dissertação não é apenas classificar as ASs, mas sim, elucidar suas potencialidades e limitações, pois sabe-se que para escolher uma área que acolha o aterro metropolitano de Aracaju , a exemplo de outros estados, é essencial avaliar a titularidade da terra, a aceitação pela comunidade e que se tenha vontade política.

Outro ponto importante nessa dissertação é reconhecer que o tema poderá ser investigado de modo aprofundado, como por exemplo, poderiam ser realizadas sondagens geotécnicas, medições pluviométricas, estudo de caracterização eólica, levantamentos dos indivíduos da flora e fauna, topografia de boa resolução e outros. Isto faria com que aumentassem o número de variáveis, conseqüentemente melhorando a expressão dos resultados.

Considerando que grupos gestores de resíduos sólidos terão acesso a esse estudo, bem como às tecnologias que o subsidiaram, propões-se aqui a criação de um produto com base nesse trabalho, cuja função será absorver os dados necessários à caracterização de áreas, através de distintas variáveis, processá-las e hierarquizá-las, emitindo como resultado, relatórios para análise das potencialidades e limitações de cada uma, a fim de se otimizar os investimentos, bem como minimizar a degradação ambiental.

Entretanto, para tornar possível essa realização, faz-se necessário aperfeiçoar a metodologia empregada, buscando construir uma ferramenta computacional para se escolher uma área para implantação de um aterro sanitário.

É fato que todo o processamento das variáveis foi executado através de uma planilha de cálculo, o que poderá facilitar o início do processo de desenvolvimento do software.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D. F. P. N. **Fotogrametria Básica IME**, 1988.

ANTUNES, A. F. B. **Fotogrametria Analógica** (Notas de Aula). Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, Brasil: 2000.

ANTUNES, M.A.H. **Second simulation of satellite signal in the solar spectrum - 6S**, 4.1. 2001. 1 CD-ROM

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.157**: aterros de resíduos perigosos. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.809**: manuseio de resíduos de serviço de saúde. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 6.023**: informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.896**: aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação - Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

BARRETT, S.S.M.; CURTIS, L. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. 3<sup>rd</sup> E. Chapman and Hall, London, 1992. 336p.

BELCHIOR, A. D.; XEXÉO, G. B.; ROCHA, A. R. C. **Aplicação da Teoria Fuzzy em Requisitos de Qualidade de Software**. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (Artigo). COPPE/UFRJ; Rio de Janeiro, [sd].

**BRASIL**. CONAMA. Resolução nº 004, de 09 de outubro de 1995. Cria Áreas de Segurança Aeroportuárias - ASA. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 09 outubro 1995, Seção 1.

BROLLO, 2001. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP)**. São Paulo, 2001 [Tese de Doutorado] – Departamento de saúde Ambiental – Faculdade de Saúde Pública da USP].

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford: Clarendon Press; 1987. 193p.

CALLADO, N. H. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Disciplina do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2005. (Notas de aula) – Centro de Tecnologia do Departamento de Engenharia Civil - UFAL, Universidade Federal de Alagoas.

CONSONI, A.J.;PERES, C. **Origem e composição do lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, 1995. IPT/CEMPRE, Cap. II.

CPU/IBAM, Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do IBAM. **Cartilha de Limpeza Urbana**.1998. Disponível em < <http://www.ibam.org.br/publique/media/Limpeza.PDF>> Acesso em: 12 abril 2006.

DNPM/CPRM/CODISE. Programa Levantamentos Geológico Básicos do Brasil-PLGB. **Mapa Geológico do Estado de Sergipe**, 1997, escala 1:250.000. Convênio CPRM/Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe-CODISE, 2001.

DEHIDRO – Departamento Estadual de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe. **Relatório do Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas (2007)**. [convênio com a CPRM]. Aracaju, 2007. 25p.

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe. **Projeto Hidráulico do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Barra dos Coqueiros/SE (2006)**. [elaborado pela ENPRO – Engenharia de Projetos e Obras]. Volume I – Texto. Aracaju, 2007. 171p.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998.

EMSURB. **Relatório Sobre os Resíduos Sólidos da Cidade de Aracaju**. [Informações da Gerência de Serviços Urbanos]. Aracaju, 2006.

FATORGIS. Definições técnicas. **Fator GIS** [periódico on-line] 1998. [2p.]. Disponível em <[http://fatorgis.com.br/geoproc/define\\_tecn.htm](http://fatorgis.com.br/geoproc/define_tecn.htm)> Acesso em: 15 março 2006.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG) . **Orientações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.feam.br/>> Acesso em: 21 fevereiro 2006.

FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana**. João Pessoa, 1999. 130 p.

FRITSCH, I. E. **Resíduos Sólidos e seus aspectos legais, doutrinários e jurisprudenciais**. Porto Alegre, EU/Secretaria Municipal da Cultura, 2000. 143p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Metodologia adotada nas estimativas populacionais municipais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 22 abril 2006.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 06 março 2006.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <[http://www.ibge.com.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/introducao.htm](http://www.ibge.com.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/introducao.htm)> Acesso em: 26 novembro 2005.

GOMES, L. P.; COELHO, O.; ERBA, D.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C. (Org.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. São Carlos: [s.n.], 2001. p. 145-164.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. **Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

HASAN, S. E. **Geology and hazardous waste management**. Prentice Hall, Inc. 1995. p.387.

IPT/CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado – 1 ed.:** Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo: Publicação IPT 2163, 1995.

\_\_\_\_\_. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado – 2 ed.:** Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo: IPT , 2000.

LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1987.

LANGER, M. Engineering Geology and Waste Disposal: Scientific report and recommendations of the IAEG Commission N° 14. Paris. **IAEG, Bulletin N°51**, 1995. p. 5-30.

LIMA, J. D. De. Sistema Integrado de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos. Campina Grande, 2005. Associação Brasileira de Engenharia sanitária e Ambiental – ABES [Secção Paraíba].

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterro sanitário**. 2002. Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MADEIRA, J. L.; SIMÕES, C. C. S. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração sobre o ambiente humano**. Estocolmo, Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, 1972.

\_\_\_\_\_. **Programa internacional de educação ambiental**. Belgrado, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), 1975.

\_\_\_\_\_. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992.

\_\_\_\_\_. Department of Social Affair. **MODERN CARTOGRAPHY - BASE MAPS FOR WORLDS NEEDS**. Lake Success.

PFEIFFER, S. C. **Subsídios para a ponderação de fatores ambientais na localização de aterros de resíduos sólidos, utilizando o Sistema de Informações Geográficas**. São Carlos: EESC-USP, 2001. 98 p. Tese de doutorado. - Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Sistema de resíduos sólidos: coleta e transporte no meio urbano**. São Paulo (SP); 1979. [Dissertação de Mestrado – Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP].

PHILIPPI JÚNIOR, A. Agenda 21 e resíduos sólidos. São Paulo, SP. In: **Anais do RESID'99 - Seminário sobre Resíduos Sólidos**; ABGE, 1999. p. 15-25.

REICHERT, G. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos, uma proposta inovadora**. Ciência e Ambiente. nº 18. Editora UFSM, 1999.

SANTOS, M. A.; NASCIMENTO, J. A. S. do. 1992. **A inserção da variável ambiental no planejamento do território**. Revista de Administração Pública. 26 (1): 6-12.

SCHALCH, V. **Análise comparativa do comportamento de dois aterros sanitários semelhantes e correlações dos parâmetros do processo de digestão anaeróbia**. São Carlos. 220p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos, 1992.

SCHALCH, V. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Disciplina do Curso de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento. São Carlos, 2001. (Notas de aula) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SEPLAN/PRODETUR (2004). **Base Cartográfica do Tabuleiro Costeiro do Estado de Sergipe**. Levantamento Aerofotogramétrico - Restituição (.DWG) na escala de 1:10.000. Aracaju/SE. CD-ROM.

SEPLAN, Secretaria Estadual de Planejamento (SE) . **Programa de Acompanhamento Econômico e Orçamento**. Disponível em: <<http://www.seplan.se.gov.br/speo/modules/tinyd0/index.php?id=17>> Acesso em: 06 julho 2007.

**SERGIPE**. Decreto nº 13.713 de 14 de junho de 1993. Institui a criação da área de Proteção Ambiental Morro do Urubu. Aracaju, 14 jun 1993.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 15.405 de 13 de julho de 1995. Altera os artigos 2º e 4º do Decreto 13.713 de 14 de junho de 1993, que institui Área de Proteção Ambiental, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. **Atlas de recursos hídricos do estado de Sergipe**. Aracaju, 2004. Superintendência de Recursos Hídricos – SEPLANTEC. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Mapa Geoambiental de Aracaju**. Aracaju, 2005. Secretaria Municipal de Planejamento – SEPLAN. CD-ROM.

SOARES, J. H. P. **Resíduos Sólidos**. Módulo IV: Parâmetros para a Gestão Ambiental. Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, Programa Interdisciplinar de Gestão Ambiental e Biodiversidade (PIGAB), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 1999, 123 p.

TESTA, S. M. **Geological aspects of hazardous waste management**. CRF Press Inc, Boca Ranton, Flórida, 1994. p.537.

TORRE EMPREENDIMENTOS. **Relatório Sobre os Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Aracaju**. [Informações oriundas de entrevista], 2006.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional. In: **Anais do VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, 1998. Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente: ABGE, 1998. CD-ROM.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. A Utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a Definição de Unidades Geotécnicas. Uma Abordagem a partir de Sensoriamento Remoto. In: **Anais do III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica**; 07 a 09.out.1998, Florianópolis (SC). Florianópolis: ABGE; 1998. CD-ROM.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. Rio Claro (SP); 2000. [Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP]. 154p.

WEBER, E.; HASENACK, H. **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário**. Porto Alegre, 2002. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Universidade Luterana do Brasil.

XAVIER, J. S. **Geoprocessamento para Análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001. 228p.

<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Aracaju>> Acesso em: 17 julho 2007.