



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

ANTONIO DO NASCIMENTO SILVA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA ALOCAÇÃO DE ÁREA(S)
DESTINADA(S) A ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA-AP**

**MACAPÁ
2016**

ANTONIO DO NASCIMENTO SILVA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA ALOCAÇÃO DE ÁREA(S)
DESTINADA(S) A ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA-AP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amapá, como requisito científico para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

Orientador: Prof. Dr. Valter Gama de Avelar
Linha de Pesquisa: Meio Ambiente e Planejamento

**MACAPÁ
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

373.246

S586u Silva Junior, Antonio do Nascimento.

Utilização da análise multicritério para alocação de área(s) destinada(s) a aterro sanitário no município de Santana-AP / Antonio do Nascimento Silva Júnior; orientador, Valter Gama de Avelar. – Macapá, 2016.

207 f.

Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional.

1. Resíduos sólidos. 2. Aterro sanitário. 3. Santana-AP. I. Avelar, Valter Gama de, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

ANTONIO DO NASCIMENTO SILVA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA ALOCAÇÃO DE ÁREA(S)
DESTINADA(S) A ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA-AP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amapá, como requisito científico para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

Data da Avaliação:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valter Gama de Avelar
(Orientador – PPGMDR/UNIFAP)

Prof.(a) Dr.(a) Jucilene Amorim Costa
(Examinadora Interna – PPGMDR/UNIFAP)

Prof. Dr. Luís Roberto Takiyama
(Examinador Externo – IEPA)

**MACAPÁ
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que tem realizado em minha vida, por abençoar o meu caminho e me guiar nesta trajetória de fortalecimento e engrandecimento intelectual com serenidade, maturidade e sabedoria.

Aos meus pais, Antonio e Lucidalva, por todos os ensinamentos de vida que contribuíram para a construção dos valores morais que alicerçam minha vida, pelos exemplos de dedicação e superação das dificuldades, pelo apoio e amor incondicional.

Aos meus amados irmãos, Michel e Andréa, pelos exemplos de força e superação, por todo apoio e carinho dedicado à nossa família, pelos meus amados sobrinhos Pablo, Vinícius e Murilo que são as minhas fontes de inspiração.

A minha amada esposa, Angela, por todo carinho e companheirismo concedido ao longo de todos estes anos ao meu lado, durante todas as minhas andanças e mudanças por vários estados por motivos profissionais, pela compreensão dos momentos de ausência e por todo amor dedicado.

Ao Prof. Dr. Valter Gama de Avelar, pelos ensinamentos prestados, pelo apoio e contribuição para a concretização desta pesquisa, pela condução desta jornada através do compartilhamento de sua vivência acadêmica e seu notório saber científico.

Ao Programa de Pós-graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional – PPGMDR, da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, pela oportunidade de inserção no conhecimento científico e realização da pesquisa.

Aos amigos, Dr. Marcos Quadros, Dr. Jaime Scandolara e Msc. Ivan Araújo, pela amizade verdadeira e pelos exemplos de simplicidade, dedicação e sucesso.

Aos meus amigos de mestrado pelo companheirismo e contribuições durante os discursos sobre as estratégias e perspectivas de desenvolvimento regional.

A todos que contribuíram para a realização desta pesquisa.

O desenvolvimento é essencialmente um processo de expansão das liberdades reais de que as pessoas desfrutam.

Amartya Sen

RESUMO

O município de Santana, localizado no Estado do Amapá, enfrenta dificuldades para promover a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos-RSU, face a ausência de alternativas locais para a implantação de um aterro sanitário e a falta de políticas públicas que poderiam viabilizar a solução deste problema relacionado a destinação dos RSU. Por este motivo, a presente pesquisa investigou a existência de áreas potenciais para a alocação de aterro sanitário no município de Santana através da utilização da Análise Multicritério. Para tal, foram analisados 9 critérios técnicos, aqui denominados de Fatores Ambientais Favoráveis (Geologia – FAF1, Geomorfologia – FAF2, Pedologia – FAF3, Vegetação – FAF4) e de Fatores Ambientais Restritivos (Distância dos Cursos D'água – FAR1, Distância dos Centros Urbanos – FAR2, Áreas Restritas – FAR3, Distância de Aeroportos – FAR4 e Densidade Demográfica – FAR5) que foram submetidos aos processos de comparação par a par, suportados pela utilização da Análise Hierárquica de Processos (AHP) e a Combinação Linear Ponderada (WLC). A partir da análise de vários fatores (FAF e FAR) importantes do ponto de vista ambiental foi possível construir novas unidades de análise que resultaram na elaboração de um cenário potencial, representado através de um mapa síntese de potencialidades, que pode ser utilizado como ferramenta de apoio no processo de tomada de decisão durante a seleção de áreas para a instalação de aterro sanitário no município de Santana. Os resultados obtidos indicam que as áreas com maior potencial de aptidão para instalação de aterro sanitário no município de Santana localizam-se na região central do município, em faixa territorial que se estende as regiões nordeste e sudoeste, além de parte de região noroeste do município. As áreas com menor potencial de aptidão localizam-se na porção meridional da região sudoeste, em faixa territorial distribuída as proximidades do Rio Vila Nova até o Distrito do Anauerapucu, além de parte do extremo norte municipal. As áreas que apresentaram condições de restrição total localizam-se na região sudeste do município, em faixa que abrange a Macrozona Urbana Municipal, parte da Ilha de Santana e do Distrito do Anauerapucu. Assim, destaca-se as contribuições da presente pesquisa para o desenvolvimento regional, tendo em vista que a identificação de áreas potenciais para alocação de aterro sanitário facilitará o processo de tomada de decisão de equipes técnicas e gestores municipais, sendo, portanto, um importante instrumento capaz de auxiliar nas ações de Planejamento Urbano Regional e no Zoneamento Ambiental, adequando o município de Santana as premissas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, no que tange o gerenciamento e a destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos.

Palavras-Chave: Área de Disposição Final, Resíduos Sólidos Urbanos, Análise Multicritério, Aterro Sanitário, Santana.

ABSTRACT

The municipality of Santana, in the State of Amapá, struggling to promote proper disposal of Municipal Solid Waste - MSW, given the lack of locational alternatives for the implementation of a landfill and the lack of public policies that could facilitate the solution of this problem related to disposal of MSW. For this reason, the present study investigated the existence of potential areas for the allocation of landfill in the municipality of Santana by using the Multicriteria Analysis. To do it was analyzed 9 technical criteria, here called Favourable Environmental Factors (Geology - FAF1, Geomorphology - FAF2, Pedology - FAF3 Vegetation - FAF4) and Restrictive Environmental Factors (Distance from Water Course - FAR1, Distance from Centers Urban - FAR2, Restricted Areas - FAR3, Distance from Airports - FAR4 and Population Density - FAR5) that were submitted to the pair comparison processes together, supported by the use of Analytic Hierarchy Process (AHP), and Weighted Linear Combination (WLC). From the analysis of various factors (FAF and FAR) was possible to build new units of analysis that resulted in the development of a potential scenario, represented by a synthesis map of capabilities that can be used as a tool support in the decision making process when selecting areas for landfill facility in the municipality of Santana. The results indicate that the areas with the greatest potential suitability for landfill facility in Santana are located in the central area of the municipality in territorial range that extends northeast and southwest regions, and part of the northwest region of the city. The areas with less potential are located in the southern portion of the southwest region, territorial range distributed the nearby Vila Nova River to the District Anauerapucu, and the extreme north municipality. The area locations that had total restriction conditions are located in the southeast of the city, covered by the Macrozone Urban, part of the island of Santana and Anauerapucu District. Thus, the contribution of this research for regional development, can be achieved with a view to identify potential areas for landfill allocation to facilitate the decision-making process of technical teams and municipal managers, therefore, an important tool able to assist the actions of Urban Regional Planning and Environmental Zoning, adjusting the Santana municipality of the premises established by the National Solid Waste Policy - NSWP, regarding the management and proper disposal of municipal solid waste.

Keywords: Final Disposal Area, Municipal Solid Waste, Multicriteria Analysis, Landfill, Santana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Síntese de evolução da classificação dos resíduos sólidos no Brasil, segundo Monteiro (2001), ABNT NBR (2004), IPT (2010) e PNRS (2010).....	46
Figura 2 - Disposição de resíduos sólidos no lixão a céu aberto, destacando a presença de aves de rapina, bem como a sorte de resíduos sólidos.....	48
Figura 3 - Disposição inadequada de resíduos sólidos em lixão a céu aberto no município de Porto Velho – RO com potencial de degradação ambiental e danos à saúde pública.....	49
Figura 4 - Modelo de disposição de resíduos sólidos no lixão a céu aberto, com destaque para a poluição do ar, do solo e lençol freático devido a percolação do chorume.....	50
Figura 5 - Disposição de resíduos sólidos em um aterro controlado no município de Maringá – PR, observa-se a forma de disposição em bancadas das células que após receberem os resíduos sólidos são cobertos por aterro comum.....	51
Figura 6 - Disposição de resíduos sólidos em aterro controlado no município de Cuiabá – MT, destaca-se as bancadas com resíduos sólidos confinados e cobertos por aterro.....	52
Figura 7 - Modelo de disposição de resíduos sólidos em aterro controlado. Constata-se que os impactos ambientais no meio atmosférico e na superfície são reduzidos quando comparados aos lixões. Contudo, em relação ao solo e subsolo as mesmas características potenciais de contaminação e poluição são observados, vide Fig. 4. (p.50).....	53
Figura 8 - Disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário, em Osasco – SP. Os degraus funcionam como curvas de nível, seguindo a disposição do relevo. Destaca-se a ocupação urbana no entorno do aterro sanitário.....	54
Figura 9 - Modelo de aterro sanitário construído no município de Itajaí – SC, em conformidade com as normas técnicas vigentes. Destaque para as estruturas existentes que orientam a sua construção e operação adequada.....	55
Figura 10 - Estruturas de um aterro sanitário, observa-se que tanto ar, quanto o subsolo encontra-se livre de poluição ou contaminação por gases ou chorume. Além do reflorestamento das células em uso, o que melhora a qualidade do meio ambiente.....	56
Figura 11 - Localização geográfica do município de Santana no contexto nacional e regional, com destaque para o centro urbano de Santana, poligonal em vermelho.....	78
Figura 12 - Delimitação do Macrozoneamento Rural e Urbano no município de Santana.....	79
Figura 13 - Zoneamento Urbano do município de Santana.....	80
Figura 14 - Distribuição espacial da população amapaense, incluindo o município de Santana com 110.565 habitantes ou 14,72% da população total.....	81

Figura 15 - Pirâmide de faixa etária da população do município de Santana.....	82
Figura 16 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal registrados no município de Santana durante os anos de 1991, 2000 e 2010.....	83
Figura 17 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal e Áreas de Desenvolvimento do município de Santana.....	84
Figura 18 - Aves de rapina na Lixeira pública do município de Santana.....	88
Figura 19 - Lixeira pública do município de Santana.....	88
Figura 20 - Acesso principal ao aterro semi-controlado de Macapá.....	90
Figura 21 - Disposição de RSU realizada por caminhão coletor.....	90
Figura 22 - RSU disposto de forma inadequada no aterro semi-controlado de Macapá.....	91
Figura 23 - Disposição inadequada de RSU com a presença de aves de rapina.	91
Figura 24 - Disposição inadequada de RSU no aterro semi-controlado.....	91
Figura 25 - Áreas sem sinalização adequada para disposição de RSU no aterro semi-controlado.....	91
Figura 26 - Estratégias Metodológicas, Materiais e Método de Pesquisa, seguindo dispostos em diferentes autores (GIL, 2008; LAKATOS e MARCONI, 2008; KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).....	96
Figura 27 - Estruturas de Suporte adotadas pela AMC para composição de processos de tomada de decisão.....	97
Figura 28 - Modelo de Avaliação Estruturado por Nível Hierárquico de Análise. Modificado de Ramos e Mendes (2001).....	98
Figura 29 - Configuração geológica global da Plataforma Sul-Americana (BIZZI et. al., 2003), destacando o Estado do Amapá, na porção oriental do Escudo das Guianas.....	110
Figura 30 - Mapa simplificado de domínios tectônicos do continente sul-americano, com destaque para a Plataforma Sul-Americana e o Cráton Amazônico (AVELAR, 2002).....	111
Figura 31 - Mapa Geológico Simplificado do Escudo das Guianas (segundo Gibbs & Barron, 1993). 1 – Coberturas Mesozóicas e Cenozóicas, 2 – Formações sedimentares e vulcânicas Mesoproterozóicas, 3 – Granitóides e Ortognaisses Paleoproterozóicos, 4 – Greenstone belts Paleoproterozóicos, 5-Complexo Arqueano Imataca (Venezuela) e 6 – Ortognaisses/ granulitos do Amapá (AVELAR, 2002).....	112
Figura 32 - Domínios Geotectônicos do Estado do Amapá com destaque para a região do município de Santana-AP, em domínios de sequências sedimentares meso-cenozóicas (IEPA, 2008).....	114
Figura 33 - Geologia Simplificada do Estado do Amapá, com destaque para o	116

município de Santana.....	
Figura 34 - Mapa Geológico Estrutural do Município de Santana, seguindo a classificação disponível em Geobank (2015).....	117
Figura 35 - Unidades Morfoestruturais do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana-AP, cujas unidades morfoestruturais compreendem: Planície Costeira, o Planalto Rebaixado do Amazonas e o Planalto Dissecado Araguari-Jari (SILVEIRA, 1998).....	119
Figura 36 - Mapa Geomorfológico do Município de Santana-AP, seguindo a classificação de IBGE (2009).....	121
Figura 37 - Grupos de Solo do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana, que integra os grupos de solos: Latossolos, Hidromórficos e Concrecionários Lateríticos (IEPA, 2008).....	125
Figura 38 - Mapa Pedológico do Município de Santana-AP, seguindo a classificação de IBGE (2012).....	127
Figura 39 - Fitofisionomias Vegetais do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana-AP, onde as principais formas fitofisionômicas incluem: Florestas de Várzea Densa, Cerrado Arbóreo/Arbustivo e Parque, e Campos de Várzea Graminóide (IEPA, 2008).....	129
Figura 40 - Mapa de Fitofisionomias Vegetais do Município de Santana, seguindo a classificação de IBGE (2008).....	131
Figura 41 - Bacias Hidrográficas do Estado do Amapá. Destaque para o município de Santana onde insere-se as Bacias Hidrográficas do Rio Vila Nova (6), Rio Matapi (12), Igarapé da Fortaleza (31) e Ilha de Santana (37). Modificado de SEMA (2012).....	136
Figura 42 - Áreas Protegidas do Estado do Amapá, seguindo a descrição de DRUMMOND, DIAS E BRITO, (2008). Destaque para o município de Santana e a localização da RPPN REVECOM. Modificado de DRUMMOND, DIAS E BRITO, (2008).....	140
Figura 43 - Mapa de Áreas Restritas no Município de Santana. Destaque para a localização das comunidades quilombolas e da UC RPPN REVECOM.....	142
Figura 44 - Resultado do processo de normalização do FAF1 Geologia utilizado na análise multicritério (à direita).....	146
Figura 45 - Resultado do processo de normalização do FAF2 Geomorfologia utilizado na análise multicritério (à direita).....	148
Figura 46 - Resultado do processo de normalização do FAF3 Pedologia utilizado na análise multicritério (à direita).....	150
Figura 47 - Resultado do processo de normalização do FAF4 Vegetação utilizado na análise multicritério (à direita)	152
Figura 48 - Resultado do processo de normalização do FAR1 Distância dos cursos d'água utilizada na análise multicritério (à direita).....	154
Figura 49 - Resultado do processo de normalização do FAR2 Distância dos centros urbanos utilizado na análise multicritério (à direita).....	156

Figura 50 - Resultado do processo de normalização do FAR3 Áreas Restritas utilizada na análise multicritério (à direita).....	157
Figura 51 - Resultado do processo de normalização do FAR4 Distância de aeroportos utilizado na análise multicritério (à direita).....	160
Figura 52 -Resultado do processo de normalização do FAR5 Densidade Demográfica utilizada na análise multicritério (à direita).....	162
Figura 53 - Composição da matriz de comparação pareada utilizada na AHP, constituída através do uso do módulo WEIGHT do software IDRISI. Destaque para a distribuição de pesos de acordo com o grau de importância de cada critério utilizado durante a comparação dos subgrupos de Fatores (FAF) e Restrições (FAR).....	164
Figura 54 - Resultado do processo de ponderação de FAF e FAR realizado para a análise multicritério. Destaque para os valores de peso calculados para cada critério de análise, além do valor da Relação de Consistência (0.05) considerada aceitável para validação da análise.....	165
Figura 55 - Síntese da aplicação utilizada na análise multicritério para a identificação de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Santana-AP.....	168
Figura 56 - Resultado do processo de agregação do conjunto de FAF e FAR realizada através da aplicação da WLC. Destaque-se o produto final Mapa Síntese com a indicação das áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Santana obtido através da análise multicritério (áreas de aptidão máxima em magenta).....	169
Figura 57 - Mapa de Áreas Potenciais para a implantação de Aterro Sanitário no município de Santana. Destaca-se que as áreas em preto representam condições de restrição máxima, enquanto que as áreas em magenta representam as áreas de maior potencial de aptidão e adequabilidade para a implantação de aterro sanitário.....	170
Figura 58 - Registro de ocorrência da unidade geológica Formação Barreiras (ENb) em área potencialmente favorável no município de Santana.....	178
Figura 59 - Destaque para o FAF1 Geologia registrado pela ocorrência do Grupo Barreiras (ENb) em área de aptidão potencialmente favorável.....	178
Figura 60 - Registro de ocorrência do FAF2 Geomorfologia Tabuleiros Costeiros do Amapá em áreas de maior potencial para a instalação de aterro sanitário.....	179
Figura 61 - Registro do FAF2 Geomorfologia Tabuleiros Costeiros do Amapá em áreas de relevo aplainado com os menores valores de declividade.....	179
Figura 62 - Registro de ocorrência do FAF3 Pedologia (Lad) em áreas com maior potencialidade no município da Santana.....	180
Figura 63 - Detalhe do FAF3 Pedologia (Lad) registrado em áreas potenciais para a instalação de aterro sanitário.....	180
Figura 64 - Registro de ocorrência de Vegetação do tipo Savana Parque em áreas de maior potencialidade no município da Santana.....	181

Figura 65 - Registro do FAF4 Vegetação do tipo Savana Parque em áreas de maior potencial para a instalação de aterro sanitário.....	181
Figura 66 - Registro do FAR1 Distância dos cursos d'água realizado na margem direita do Rio Matapí. Destaque para a existência de Área de Preservação Permanente – APP.....	182
Figura 67 - Registro do FAR1 realizado na margem direita do Rio Vila Nova, limite territorial entre os municípios de Santana e Mazagão.....	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de comparação de pesos/valores atribuídos aos critérios de análise durante a aplicação da AHP.....	58
Tabela 2 - Escala de Avaliação Contínua para comparação de critérios de acordo com a sua importância adotada pela AHP.....	58
Tabela 3 - Exemplo de aplicação de matriz de comparação utilizando julgamentos. Neste caso, pretende-se determinar qual é a bebida mais consumida nos EUA.....	61
Tabela 4 - Índice de Consistência Aleatória utilizado na AHP.....	64
Tabela 5 - Fatores Ambientais utilizados para a implantação de aterro sanitário.....	102
Tabela 6 - Valores de importância utilizados para comparação de valores dos critérios de análise.....	106
Tabela 7 - Matriz de comparação hierárquica de critérios técnicos utilizados para a implantação de aterro sanitário.....	107
Tabela 8 - Principais Bacias Hidrográficas e suas áreas de ocupação no Estado do Amapá, com destaque para as bacias (6, 12, 31 e 37) que integram a área do município de Santana.....	134
Tabela 9 - Unidades de Conservação do Estado do Amapá. Destaque para o município de Santana-AP com uma UC do tipo Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN denominada REVECOM (9).....	137
Tabela 10 - Comunidades Quilombolas identificadas no município de Santana-AP.....	141
Tabela 11 - Valores de peso atribuídos ao fator geologia para a aplicação da análise multicritério.....	145
Tabela 12 - Valores de peso atribuídos ao fator geomorfologia para a aplicação da análise multicritério.....	147
Tabela 13 - Valores de peso atribuídos ao fator pedologia para a aplicação da análise multicritério.....	149
Tabela 14 - Valores de peso atribuídos ao fator vegetação para a aplicação da análise multicritério.....	151
Tabela 15 - Valores de peso atribuídos a restrição distância dos cursos d'água para a aplicação da análise multicritério.....	154
Tabela 16 - Valores de peso atribuídos a restrição distância dos centros urbanos para a aplicação da análise multicritério.....	155
Tabela 17 - Valores de peso atribuídos a Áreas restritivas para a aplicação da análise multicritério.....	157
Tabela 18 - Valores de peso atribuídos a restrição distância de aeroportos para a aplicação da análise multicritério.....	159

Tabela 19 - Densidade Demográfica da Macrozona Urbana e Distritos Municipais de Santana.....	161
Tabela 20 - Valores de peso atribuídos a restrição densidade demográfica para a aplicação da análise multicritério.....	162
Tabela 21 - Resultado do processo de ponderação dos critérios utilizados na análise multicritério destacando os valores de peso ponderado e Relação de Consistência da análise.....	166
Tabela 22 - Dimensionamento preliminar da área necessária para a instalação do Aterro Sanitário no município de Santana.....	172

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação dos critérios técnicos utilizados em pesquisas anteriores para identificação de áreas para implantação de aterro sanitário.....	72
Quadro 2 - Critérios técnicos e especificações utilizadas para a alocação de áreas para implantação de aterro sanitário.....	74
Quadro 3 - Aspectos Jurídicos-Institucionais referentes a disposição de resíduos sólidos urbanos.....	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGENDA 21 – Instrumento de planejamento para a construção de cidades sustentáveis

AHP – Análise Hierárquica de Processos

AMC – Análise Multicritério

ANA – Agência Nacional de Águas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASA – Área de Segurança Aeroportuária

CF – Critérios Favoráveis

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CR – Critérios Restritivos

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

ECO-92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

FAF – Fatores Ambientais Favoráveis

FAR – Fatores Ambientais Restritivos

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

GERCO – Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro

GIRSU – Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IEPA – Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

IFDM – Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal

IMAP – Instituto do Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MPA – Método de Pesquisa Aplicada

OWA – Ordered Weighted Average

PDPMS – Plano Diretor Participativo do Município de Santana

PET – Politereftalato de Etileno

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RC – Relação de Consistência

RCC – Resíduos da Construção Civil

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SANEBAVI – Saneamento Básico de Vinhedo – SP

SCN – Sistema Cartográfico Nacional

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUASA – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

UC – Unidade de Conservação

WCL – Weighted Linear Combination

ZEBD – Zona Especial de Baixa Densidade

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

ZEIA – Zona Especial de Interesse Ambiental

ZEIO – Zona Especial de Interesse Ocupacional

ZEISA – Zona Especial de Interesse Social e Ambiental

ZII – Zona de Interesse Industrial

ZIP – Zona de Interesse Portuário

ZMAD – Zona Mista de Alta Densidade

ZMBD – Zona Mista de Baixa Densidade

ZMICI – Zona Mista de Interesse Comercial e Industrial

ZMMD – Zona Mista de Média Densidade

ZRBD – Zona Residencial de Baixa Densidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
1.1	JUSTIFICATIVA.....	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
2.1	LIXO OU RESÍDUOS SÓLIDOS?.....	30
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL.....	33
2.3	DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	47
2.3.1	Lixão.....	48
2.3.2	Aterro controlado.....	51
2.3.4	Aterro sanitário.....	53
2.4	O MÉTODO AHP – ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS.....	56
2.5.	MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO – MAMC.....	64
2.6	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS RESTRITIVOS (CR) E FAVORÁVEIS (CF) PARA ALOCAÇÃO DE ÁREA PARA ATERRO SANITÁRIO.....	69
2.7	ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS.....	73
2.8	DIMENSIONAMENTO DE ÁREA PRELIMINAR NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO.....	75
2.8.1	Cálculo da população municipal.....	75
2.8.2	Cálculo da produção de RSU municipal.....	76
2.8.3	Cálculo do volume de RSU municipal.....	76
2.8.4	Cálculo da área mínima para o aterro sanitário municipal.....	76
3	ÁREA DE ESTUDO.....	78
3.1	DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE SANTANA.....	85
4	MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA.....	94
4.1	QUANTO AO OBJETIVO.....	94
4.2	QUANTO A ABORDAGEM.....	95

4.3	ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS.....	95
4.4	QUANTO AO PROCEDIMENTO.....	97
4.4.1	Levantamento das bases cartográficas existentes.....	100
4.4.2	Ajustes de conversão para compatibilidade cartográfica.....	101
4.4.3	Elaboração dos mapas temáticos e aplicação dos critérios/fatores restritivos e favoráveis para alocação de aterro sanitário, considerando a aplicação da Análise Multicritério – AMC e da Análise Hierárquica de Processos – AHP.....	101
4.4.3.1	Fatores Ambientais Favoráveis (FAF).....	102
4.4.3.2	Fatores Ambientais Restritivos (FAR).....	103
4.4.3.3	Ponderação dos critérios.....	105
4.4.3.4	Agregação dos resultados.....	108
4.4.4	Integração do mapeamento temático e a composição de cenários com a indicação das áreas favoráveis.....	108
4.4.5	Elaboração do mapa síntese com as áreas de aptidão, potencialmente, favoráveis para a implantação de um aterro sanitário.....	109
5	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS REGIONAIS E LOCAIS.....	110
5.1	GEOLOGIA.....	110
5.2	GEOMORFOLOGIA.....	118
5.3	PEDOLOGIA.....	124
5.4	VEGETAÇÃO.....	128
5.5	HIDROGRAFIA.....	134
5.6	ÁREAS DE USO RESTRITO: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, TERRAS INDÍGENAS E COMUNIDADES QUILOMBOLAS.....	137
6	APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A ALOCAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DESTINADAS A ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA.....	143
6.1	SUBGRUPO I – FATORES AMBIENTAIS FAVORÁVEIS (FAF1, FAF2, FAF3, FAF4).....	144
6.1.1	Geologia (FAF1).....	144
6.1.2	Geomorfologia (FAF2).....	146

6.1.3	Pedologia (FAF3).....	149
6.1.4	Vegetação (FAF4).....	151
6.2	SUBGRUPO II – FATORES AMBIENTAIS RESTRITIVOS (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4, FAR5).....	153
6.2.1	Distância dos cursos d’água (FAR1).....	153
6.2.2	Distância dos centros urbanos (FAR2).....	155
6.2.3	Áreas restritas (FAR3).....	157
6.2.4	Distância de aeroportos (FAR4).....	158
6.2.5	Densidade demográfica (FAR5).....	161
6.3	PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	163
6.4	AGREGAÇÃO DOS RESULTADOS.....	167
6.5	DIMENSIONAMENTO DE ÁREA PRELIMINAR NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA.....	171
7	DISCURSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	174
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	184
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	188
	APÊNDICE A – Mapa Geológico do Município de Santana.....	197
	APÊNDICE B – Mapa Geomorfológico do Município de Santana.....	198
	APÊNDICE C – Mapa Pedológico do Município de Santana.....	199
	APÊNDICE D – Mapa de Vegetação do Município de Santana.....	200
	APÊNDICE E – Mapa de Distância dos Cursos d’água do Município de Santana.....	201
	APÊNDICE F – Mapa de Distância dos Centros Urbanos do Município de Santana.....	202
	APÊNDICE G – Mapa de Áreas Restritas.....	203
	APÊNDICE H – Mapa de Distância de Aeroportos.....	204
	APÊNDICE I – Mapa de Densidade Demográfica do Município de Santana.....	205
	APÊNDICE J – Mapa de Áreas Potenciais para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Santana.....	206

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, as populações primitivas consomem e descartam produtos na natureza. Esta dinâmica estava associada a diversidade de costumes culturais intrínsecos, relacionados ao comportamento destes grupos, bem como, as suas formas de consumo que determinavam o seu modo de vida.

De acordo com Maluta (2004), durante séculos, a produção agrícola foi a principal atividade econômica desenvolvida pela sociedade, sendo que esta concentrava-se no campo, e os principais resíduos gerados eram, provenientes, essencialmente, de restos de alimentos, facilmente assimiláveis ao meio ambiente. Não obstante, tudo era despejado principalmente nos rios.

Esta dinâmica inicial foi modificada de forma significativa, a partir do início do século XVIII com o advento da Revolução Industrial em 1729. Segundo Kataoka (2000), a Revolução Industrial promoveu mudanças drásticas nos costumes da sociedade, sobretudo, nas formas de produção e consumo de produtos industrializados, a exemplo das transformações nas relações de trabalho, redução da produção rural, baseada nos modelos tradicionais de produção artesanal e na agricultura de subsistência, além do crescimento do consumo de produtos manufaturados.

Dentre o conjunto de mudanças promovidas nos costumes da sociedade, destaca-se que a principal delas foi a mudança de suas atividades, anteriormente baseadas, na produção agrícola e na vida simplista do campo, passando para uma nova dinâmica, concentrada nos grandes centros urbanos e a dependência cada vez maior de produtos industrializados e descartáveis. Esta modificação trouxe como consequência um aumento no volume e na variedade de resíduos produzidos diariamente.

Desde aquela época, face o aumento da dinâmica no consumo de produtos industrializados, e o crescente processo de urbanização das grandes cidades, com consequente elevação dos níveis de produção de resíduos, tornou-se necessário

buscar alternativas para a destinação do lixo, aqui tratado como Resíduos Sólidos Urbanos - RSU¹.

Atualmente, o processo de expansão urbana nas cidades brasileiras tem contribuído para um acréscimo no volume de RSU gerados pela sociedade. Tal situação apresenta um novo desafio aquelas cidades; não apenas o de remover o lixo de logradouros e edificações através da limpeza pública, mas, além disso, promover a destinação final adequada aos resíduos coletados, através da implementação de processos como a reciclagem, reutilização, incineração e a disposição dos RSU em aterros sanitários ou aterros controlados, cujas definições e características serão apontadas mais a diante.

Neste contexto, as grandes cidades brasileiras, tais como São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Belém, dentre outras, buscam alternativas para tentar equacionar a problemática dos RSU, que envolve uma diversidade de aspectos ambientais, econômicos e sociais. De acordo com os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública - ABRELPE (2014), no ano de 2014 o Brasil produziu cerca de 78,6 milhões de toneladas de RSU. Em comparação com o ano de 2013, a produção de resíduos sólidos aumentou cerca de 2,9%, representando um índice superior a taxa de crescimento populacional do país no período, que corresponde a 0,9%. Estes dados demonstram claramente o crescimento da produção de resíduos sólidos no país e reforçam a necessidade de adoção de medidas adequadas de gerenciamento e destinação final por parte dos gestores de cada município brasileiro.

Desta forma, é importante salientar a necessidade de preservação dos recursos naturais, de modo a minimizar os impactos negativos provocados pela destinação inadequada dos resíduos. Para isso, torna-se fundamental a implantação de processos de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, sobretudo, através

¹ Resíduos Sólidos Urbanos - (Vide Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº12.305/2010) consiste em resíduos sólidos originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana).

da aplicação de técnicas adequadas e a proposição de alternativas tecnológicas viáveis para a proteção do meio ambiente.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (1981), o processo de deteriorização do meio ambiente resultante do processo de gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, aliada à necessidade de proteção de áreas de mananciais de abastecimento, impõem a adoção de formas adequadas de disposição desses resíduos no solo. Para tanto, torna-se necessário a proposição de formas e áreas adequadas de disposição de resíduos.

Assim, a presente dissertação pretende investigar a existência de alternativas locais para a implantação de aterro sanitário, utilizando a análise de multicritérios, tendo como objeto de pesquisa o município de Santana, Estado do Amapá.

Considerando que na literatura atual os termos avaliação e análise multicritério apresentam o mesmo significado semântico, para melhor compreensão dos termos, esta pesquisa adotará o termo análise multicritério para conceituar a metodologia aplicada, conforme denominações adotadas por Eastman (1998), Melo (2001), Calijuri, Melo e Lorentz, (2002) e Nascimento, (2012).

A opção de se analisar as alternativas locais para implantação de aterro sanitário, no município de Santana, decorre dos seguintes fatores:

- O município de Santana não dispõe de alternativa local para disposição final ambientalmente adequada dos RSU. Atualmente, os RSU gerados no município são coletados pelo poder público municipal e destinados ao Aterro "Controlado" de Macapá, município vizinho localizado a 17 km de distância. Isto tornou-se viável através da assinatura de um Termo de Compromisso para uso consorciado do aterro controlado de Macapá firmado entre os dois municípios.
- Apesar da existência do Plano Diretor Participativo do Município de Santana - PDPMS, e este ser o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano do município desde o ano de 2006, não há

previsão no referido plano, de nenhuma indicação de alternativa para implantação de Aterro Sanitário.

- A exigência estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, no que se refere à elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS que estabeleceu o prazo final até agosto de 2014, para a extinção dos lixões a céu aberto, e a implantação de aterro sanitário como forma de disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.
- A importância da definição de áreas adequadas para a implantação de aterro sanitário no município de Santana, como solução para problemas decorrentes da disposição inadequada dos resíduos sólidos, adequando-se a PNRS representa um avanço para a qualidade de vida considerando a eliminação do passivo ambiental existente, bem como, problemas socioambientais, sanitários e de saúde pública.

Adicionalmente, deseja-se oferecer contribuições ao desenvolvimento regional decorrentes da identificação de áreas para implantação de aterro sanitário, como novas proposições de uso do território e o fomento das potencialidades econômicas da região, além da preservação dos recursos naturais.

Para nortear a construção das ideias nesta pesquisa adotou-se as seguintes questões orientadoras: Porque o município de Santana ainda não dispõe de um aterro sanitário para a disposição final adequada dos RSU? Qual a contribuição da implantação de um aterro sanitário no município de Santana para o planejamento estratégico do espaço urbano e o desenvolvimento regional do estado do Amapá?

Considerando que a identificação de alternativas para a instalação de aterro sanitário torna-se uma importante contribuição para a solução de problemas relacionados a destinação final dos RSU no município de Santana-AP, esta pesquisa apresenta o tema: Alocação de Áreas(s) Destinada(s) à Aterro Sanitário utilizando a Análise Multicritério no Município de Santana, Estado do Amapá.

Por sua vez, esta pesquisa foi motivada pela possibilidade de investigar alternativas para reduzir os problemas relacionados a destinação final inadequada dos resíduos sólidos urbanos no município de Santana, tendo como ponto inicial a seguinte questão: A disposição inadequada dos RSU ocorre em função da inexistência de área adequada para a destinação final no município de Santana?

Para orientação desta pesquisa admite-se como hipótese a seguinte proposição: Apesar da existência do Plano Diretor do Município de Santana, não há neste, nenhuma indicação de alternativa para alocação de Aterro Sanitário no município. Uma alternativa para a seleção de áreas adequadas para a disposição dos RSU seria através da aplicação da Análise Multicritério. Desta forma pretende-se responder ao problema proposto através da identificação de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Santana utilizando-se o método de Análise Multicritério.

Quanto aos objetivos propostos, esta pesquisa tem como objetivo geral: Utilizar a Análise Multicritério (AMC) para definição de alternativas locais para implantação de aterro sanitário no município de Santana, Estado do Amapá, para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados pela população daquele município.

No que se refere aos objetivos específicos, esta pesquisa objetiva alcançar os seguintes resultados: I). Apresentar as características atuais da disposição final de resíduos sólidos no município de Santana; II). Definir área(s) adequada(s) para implantação de aterro sanitário no município de Santana utilizando a AMC.

1.1 JUSTIFICATIVA

Considerando, a formalização do compromisso firmado pelo governo brasileiro durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento², denominada ECO-92, através da criação da Agenda 21, onde estabelece, dentre os seus objetivos, que, até o ano de 2025, o depósito de todos os

² Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, onde foram discutidos temas globais relacionados aos perigos que ameaçam a vida no planeta.

resíduos sólidos deve ser realizado em conformidade com as diretrizes nacionais ou internacionais de qualidade ambiental.

Adiciona-se a este, o estabelecimento da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos - GIRSU, com destaque para o desenvolvimento de critérios para seleção de áreas para disposição de resíduos, como uma das estratégias e ações propostas para Gestão dos Recursos Naturais pela Agenda 21³ Brasileira.

Considera-se ainda, a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, que dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, tais como produtos químicos, pilhas e baterias, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Reforçando o que preceitua a aplicação das diretrizes estabelecidas na PNRS, no que se refere à elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS que estabeleceu o prazo final até agosto de 2014, para a extinção dos lixões a céu aberto, e a implantação de aterro sanitário como forma de disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Para normatizar as ações de gerenciamento adequado dos RSU, no ano de 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Esta normativa previa que todos os municípios brasileiros, com mais de 20.000 habitantes, deveriam se adequar quanto a destinação final dos RSU em locais apropriados designados como Aterro Sanitário⁴. O prazo inicial para implementação da PNRS foi até agosto de 2014. Contudo, na prática isto não se aplicou para 59,86% dos municípios, ou seja, dos 5570 municípios brasileiros

³ Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de cidades sustentáveis. Através de sua construção foram estabelecidos um conjunto de ações de combate a degradação dos recursos naturais e metas de desenvolvimento para as próximas décadas.

⁴ Aterro Sanitário – Consiste em método para disposição final dos resíduos sólidos sobre terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, a saúde e à segurança pública (Monteiro, 2001).

apenas 2236 municípios realizam a destinação final dos RSU em aterro sanitário, sendo estabelecida uma nova data para adequação à PNRS, desta vez até outubro de 2019.

Na Região Norte, este percentual é maior, visto que 79,34% dos municípios da região não possuem aterro sanitário, sendo que no universo de 450 municípios apenas 20,66% ou 93 municípios realizam a destinação final dos RSU em aterro sanitário. No Estado do Amapá, 93,75% dos municípios não possuem aterro sanitário, uma vez que dos 16 municípios amapaenses, apenas o município de Macapá, capital do Estado, possui um aterro sanitário para a disposição dos RSU. Estes dados demonstram que apenas 6,25% dos municípios amapaenses dispõem de aterro sanitário para a disposição final adequada dos RSU.

Os municípios que não possuem aterro sanitário realizam a destinação final de seus RSU em aterros controlados ou lixões á céu aberto. De acordo com ABRELPE (2014), 31,87% ou 1775 municípios brasileiros adotam o aterro controlado como forma de destinação final dos RSU e 27,99% ou 1559 municípios ainda utilizam o lixão para destinação final dos RSU. Estes municípios alegam, entre as dificuldades para não implementação das disposições da PNRS, que não possuem equipe técnica qualificada para a realização de estudos técnicos necessários para a construção de aterro sanitário, bem como não conseguem executar ações de remediação dos lixões, em função da falta de recursos financeiros e acesso a linhas de financiamento do governo federal. Em geral, este fato ocorre em função da situação de inadimplência dos municípios na prestação de contas com o governo federal.

O município de Santana-AP enfrenta os mesmos problemas de gerenciamento e destinação final identificados no contexto nacional, tais como: a ausência de alternativas locais para a destinação adequada dos resíduos sólidos, bem como dificuldades em promover a substituição dos lixões á céu aberto pela construção de aterros sanitários, problemas no serviço de coleta domiciliar, transporte e destinação, dentre outros, apesar de apresentar particularidades, a exemplo do Plano Diretor Participativo Municipal – PDPMS, no âmbito político-administrativo, normativo e locacional que serão objeto de discussão.

Vale destacar que, apesar da existência do Plano Diretor Participativo do Município de Santana - PDPMS, e este ser, o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano do município, não há previsão, no referido plano, de nenhuma indicação de alternativa para implantação de Aterro Sanitário.

Ressalta-se que o Plano Municipal de Saneamento Básico de Santana encontra-se em fase de elaboração, com prazo de conclusão previsto para o final do ano de 2016. Este instrumento estabelecerá as diretrizes necessárias para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, incluindo as etapas de geração, acondicionamento, transporte e destinação final.

Seguindo as premissas da PNRS, esta pesquisa, busca alternativas locais para implantação de Aterro Sanitário, o que constituirá um importante instrumento de planejamento estratégico. Trata-se de instrumento utilizado para minimizar os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, sobretudo, pela redução da disponibilidade de áreas existentes nos grandes centros urbanos, devido aos crescentes processos de urbanização.

Destaca-se a contribuição desta pesquisa para o Desenvolvimento Regional, tendo em vista, que a implantação de um aterro sanitário pode potencializar a instalação de outras atividades econômicas relacionadas ao processo de gerenciamento de resíduos sólidos, tais como: reciclagem, compostagem, incineração, serviços de coleta, transporte e triagem de resíduos. Além disso, deve-se considerar a minimização dos impactos socioeconômicos, através da geração de empregos e aumento da renda dos colaboradores, decorrentes da criação das cooperativas de catadores de resíduos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item serão apresentados conceitos considerados fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, tais como: lixo; resíduos sólidos; classificação dos resíduos sólidos; formas de disposição dos resíduos sólidos; lixão; aterro controlado; aterro sanitário; Análise Hierárquica de Processos – AHP; Análise Multicritério – AMC; critérios restritivos e favoráveis; adicionados aos aspectos jurídicos e institucionais utilizados para a construção de um aterro sanitário. Ademais, serão caracterizados os aspectos fisiográficos do ambiente (geologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia, relevo, declividade, clima, cobertura vegetal, áreas de proteção ambiental); aspectos populacionais; econômicos; sociais; expansão urbana; entre outros, (com ênfase na geração e destinação de resíduos sólidos urbanos).

2.1 LIXO OU RESÍDUOS SÓLIDOS?

A definição de resíduos sólidos, por muitas vezes, é confundida com a conceituação dada a “lixo”. Durante muito tempo, o termo lixo foi utilizado de forma generalista para representar tudo que não poderia ser mais utilizado, sem serventia ou utilidade. Segundo Sisino e Oliveira (2000) o termo “lixo” provem da palavra *Lix* originária do Latim, utilizada no período da idade Média, cujo significado representa a denominação de cinza. Este conceito sempre foi associado a todo material residual que não possui valor econômico.

A partir da Revolução Industrial⁵, em 1729, o termo lixo também foi utilizado para designar os resíduos provenientes da produção industrial, e, mais recentemente, durante a revolução tecnológica, a partir da redução do ciclo de vida dos produtos, com o conseqüente aumento da diversidade de resíduos gerados provenientes de diferentes processos produtivos.

⁵ A Revolução Industrial foi o processo histórico que culminou com a substituição das ferramentas pelas máquinas, da energia humana pela energia motriz. Pode ser caracterizada por 3 fases: a primeira revolução iniciada no século XVIII (1729) até meados do século XIX. A segunda revolução inicia-se a partir do final do século XIX até meados do século XX. A terceira revolução industrial, chamada de científica e tecnológica, ocorre no início da década de 1950 até os dias atuais.

SANEBAVI (2012) apresenta uma definição usual para o termo lixo, como sendo todo material sólido descartável, tais como: coisas inúteis, imprestáveis, velhas e sem valor. Neste trabalho SANEBAVI (op.cit) apresenta uma nova proposição, o termo lixo passou a ser substituído pela expressão resíduo sólido, em função de uma nova concepção de uso que fomenta a transformação de materiais, que antes eram descartados sem valor algum, em insumos para a construção de um novo produto ou processo passando este a ter valor agregado.

De acordo com Rocha (1993), o termo “resíduo” provem da palavra “*residuu*”, originária do Latim, cujo significado representa tudo aquilo que pode ser caracterizado como resto de qualquer substância. Esta terminologia sempre foi utilizada pelos sanitaristas como significado de efluentes domésticos, porém, a partir de meados da década de 1960, a designação resíduos sólidos foi adotada tecnicamente como forma de diferenciar os resíduos sólidos dos efluentes líquidos provenientes das redes de esgoto doméstico, bem como, das emissões gasosas.

No âmbito jurídico-institucional, a partir da criação da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, Lei N° 6.938 de 31 de agosto de 1981, em seu art.10, inciso III, a terminologia resíduos sólidos é utilizada para conceituar os resíduos provenientes de atividades potencialmente poluidoras ao meio ambiente.

A Resolução N° 01, de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe dos critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, em seu art. 2, inciso X, adota a termo resíduos tóxicos e perigosos para conceituação aplicada.

Cabe ressaltar que no Brasil, até o ano de 1986, não existia nenhuma conceituação oficial acerca da terminologia resíduos sólidos, este conceito foi estabelecido tecnicamente a partir de criação, no ano de 1987, da Normativa Técnica N° 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, denominada ABNT NBR 10.004/1987⁶. Esta norma apresenta a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Segundo esta normativa, os resíduos sólidos são conceituados como:

⁶ A Normativa Técnica ABNT NBR 10.004/1987 encontra-se revogada pela ABNT NBR 10.004/2004

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 1987, p.1).

A partir desta consideração adota-se oficialmente a terminologia resíduos sólidos como forma de conceituar resíduos provenientes de atividades urbanas, comerciais, industriais, entre outras. Entretanto, apesar do conceito estabelecido pela normativa oficial, usualmente identifica-se a utilização do termo lixo aplicado de forma semelhante a resíduos. Autores como Monteiro (2001) e SANEB/AVI (2012) consideram que os termos lixo e resíduos sólidos possuem significados equivalentes.

Esta equivalência é válida, porém, adota-se a utilização do termo lixo de forma usual e a terminologia resíduo sólido durante uma abordagem técnica mais apropriada para a pesquisa.

Segundo Monteiro (2001), resíduo sólido ou simplesmente lixo, é todo o material sólido ou semi-sólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, ou qualquer recipiente destinado a esse ato.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), lixo é definido como os “restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional”. A mesma normativa apresenta a definição de resíduos sólidos, sendo:

Resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004, p.1).

Destaca-se que o conceito adotado pela ABNT NBR 10.004/2004, substitui o conceito apresentado pela ABNT NBR 10.004/1987, face a sua revogação. Desta forma, para as demais normativas existentes, especialmente as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a terminologia adotada para resíduos sólidos é a mesma adotada pela ABNT 10.004/2004.

Durante um novo processo de atualização, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, em seu Art. 3, inciso XVI, dá nova designação à denominação lixo, passando a designar resíduos sólidos, todo:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja **[cuja, grifo meu]** destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 1).

Diante dos conceitos apresentados sobre as terminologias lixo e resíduos sólidos infere-se que, apesar dos conceitos estabelecidos pela normativa técnica oficial, as mesmas são utilizadas de forma equivalente, entretanto, cabe salientar que, na prática, os resíduos sólidos são conceituados de acordo com a PNRS e classificados segundo a ABNT NBR 10.004/2004.

Desta forma, destaca-se que no presente trabalho de pesquisa será adotado o termo “resíduo sólido” seguindo o conceito atualizado estabelecido pela PNRS.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Para o melhor entendimento e compreensão das diversas formas de classificação de resíduos sólidos adotadas no Brasil apresenta-se as descrições utilizadas por Monteiro (2001), ABNT NBR 10004/2004, IPT (2010), e, atualmente, pela PNRS.

De acordo com Monteiro (2001), os resíduos sólidos são classificados segundo dois aspectos: quanto aos riscos potenciais de contaminação ao meio ambiente e quanto a sua natureza ou origem. Assim sendo:

I - Quanto aos riscos potenciais de contaminação ao meio ambiente, os resíduos sólidos encontram-se subdivididos em 3 classes: Classe I ou perigosos; Classe II ou não-inertes e Classe III ou inertes.

Os resíduos sólidos Classe I ou perigosos são aqueles que em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da mobilidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Exemplos: combustíveis produzidos a partir de derivados de petróleo (gasolina, diesel, óleos lubrificantes), produtos químicos, pesticidas, pneumáticos, baterias, efluentes industriais, dentre outros.

Os resíduos Classe II ou não-inertes são aqueles que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidades de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I ou III. Exemplos: materiais orgânicos, papel, lodo de sistemas de tratamento de água, dentre outros.

Os resíduos Classe III ou inertes são aqueles que não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo as normas ABNT NBR 10007/1987 e 10006/1087, não apresentem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Exemplos: sucatas metálicas, *pallets*⁷ de madeiras, resíduos de poda de árvores e varrição.

Cabe salientar que, conforme apresentado anteriormente (vide item 2.1, p.33), a Normativa Técnica ABNT NBR 10004/1987 foi revogada e substituída pela ABNT NBR 10004/2004. Esta nova classificação será apresentada no decorrer desta discussão.

⁷ Pallets – estrado de madeira, que também pode ser confeccionado em metal ou plástico e que tem a finalidade de servir na movimentação de cargas como elemento de otimização logística (ABNT 9193/2011).

II – Quanto a sua natureza ou origem.

Outro aspecto apresentado por Monteiro (2001) classifica os resíduos quanto a sua natureza ou origem. Para esta classificação adota-se a similaridade dos termos lixo e resíduos, segundo este critério, os resíduos podem ser agrupados em cinco classes, tais como: Classe 1 – Lixo doméstico ou residencial, Classe 2 – Lixo comercial, Classe 3 – Lixo público, Classe 4 – Lixo domiciliar especial e Classe 5 – Lixo de fontes especiais.

Define-se como Lixo doméstico ou residencial os resíduos gerados nas atividades intrínsecas às casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.

Lixo comercial são todos os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem das atividades desenvolvidas. Por exemplo: caixas de papelão, plásticos e embalagens.

Lixo público são todos os resíduos presentes em logradouros públicos, em geral, resultantes da natureza, tais como folhas, galhadas, poeiras, terras e areias, e também aqueles descartados de forma irregular e indevidamente pela população, como entulho, bens inservíveis, papéis, restos de embalagens e alimentos.

O Lixo domiciliar especial compreende os entulhos, restos de obras civis, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus.

Finalmente, Lixo de fontes especiais são todos os resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Neste caso destacam-se lixos provenientes das atividades industriais, radioativas, portuárias, aeroportuárias, terminais rodoviários, ferroviários, atividades agrícolas e resíduos de serviços de saúde.

A partir do ano de 2004, uma nova forma de classificação foi apresentada através da ABNT NBR 10004/2004. Esta normativa estabelece uma atualização dos conceitos apresentados pela ABNT NBR 10004/1987, aplicada anteriormente, alterando a classificação dos resíduos sólidos.

Ainda segundo esta normativa, os resíduos sólidos são classificados de acordo com a sua periculosidade e as características de assimilação com outras substâncias. Assim, de acordo com a ABNT NBR 10004/2004 os resíduos sólidos passaram a ser classificados: Quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente, subdividindo-se em resíduos Classe I – perigosos e resíduos Classe II – não perigosos.

Os resíduos Classe I – Perigosos são aqueles que apresentam periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, além de características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade que podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos provenientes da indústria química, petrolífera, siderúrgica, pesticidas, resíduos hospitalares, e outros, constituem exemplos de resíduos sólidos pertencentes a esta classe.

Os resíduos Classe II são aqueles que não apresentam as características de periculosidade identificadas nos resíduos Classe I, e, portanto, não apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente. Estes resíduos são classificados segundo uma nova tipologia apresentada, a saber: Classe II A – Não Inerte, e, Classe II B - Inerte.

Os resíduos Classe II A – Não Inerte são aqueles que não são enquadrados nas classificações de resíduos Classe I ou Classe II B e apresentam características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde e ao meio ambiente. Os materiais orgânicos, restos de alimentos, papel, papelão, constituem exemplos deste tipo de resíduos sólidos.

Os resíduos Classe II B – Inerte são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, conforme ABNT NBR 10007/2004, e submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme Portaria do Ministério da Saúde N° 2914, de 12 de dezembro de 2011, excetuando-se os padrões de aspectos cor, turbidez e sabor. São exemplos desta classe a sucata metálica, os resíduos de borracha, madeira, dentre outros.

Outra forma de classificação dos resíduos sólidos é apresentada pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT (2010). Segundo este Instituto os resíduos sólidos podem ser classificados: Quanto à sua natureza; Quanto à composição química; Quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente; Quanto à origem.

I – Quanto à sua natureza física os resíduos sólidos são classificados em: resíduos secos e resíduos úmidos.

Os resíduos secos são aqueles que apresentam baixo teor de umidade, considerando que o teor de umidade é a quantidade de água presente no material, medida em percentual do seu peso. Segundo Monteiro (2001), este teor pode variar em torno de 40% a 60%, conforme o índice pluviométrico e a sazonalidade do período na região. Os resíduos secos são compostos por materiais potencialmente recicláveis. Constituem exemplos deste tipo de resíduos: papel, plástico, metal, vidro, garrafas PET (Politereftalato de etileno).

Os resíduos úmidos são aqueles que apresentam teor de umidade representativo, compostos por resíduos orgânicos e rejeitos. As sobras de alimentos, podas de árvores, resíduos de banheiros, são exemplos disto.

II – Quanto à composição química os resíduos sólidos classificam-se em: resíduos orgânicos e em resíduos inorgânicos.

Os resíduos orgânicos são aqueles que apresentam, em sua composição, predominância de matéria orgânica, quando submetidos a análise da composição química, esta consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono (C), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras. Os restos de alimentos, frutas, verduras, poda de árvores, são exemplos destes tipos de resíduos sólidos.

Os resíduos inorgânicos são aqueles que não apresentam em sua composição predominância de matéria orgânica, quando submetidos a análise da composição química. Para SANEBAVI (2012), inclui-se nesta classificação todo material que não possuem origem biológica. Exemplos: plásticos, metais, sucatas, vidros, resina, etc.

III – Quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente os resíduos sólidos classificam-se em: resíduos Classe I – perigosos e resíduos Classe II – não perigosos.

Os critérios adotados para classificação dos resíduos seguem as mesmas prerrogativas estabelecidas pela Normativa Técnica ABNT NBR 10004/2004. Neste contexto inclui-se os conceitos, terminologias, definições e classificações preconizadas por esta normativa. Esta classificação já foi apresentada em item anterior (vide p.36).

IV – Quanto à origem os resíduos sólidos classificam-se: resíduos domiciliares; resíduos comerciais; resíduos públicos; resíduos de serviços de saúde; resíduos de fontes especiais.

Os resíduos domiciliares são aqueles gerados em decorrência das ações/atividades realizadas diariamente nas residências. Normalmente estão associadas à execução de tarefas comuns ao cotidiano das famílias. Segundo SANEBAVI (2012), apresentam composição orgânica de 50 % a 60%, constituídos, predominantemente, por restos de alimentos e embalagens em geral, além de uma variedade de outros itens. As cascas de frutas, verduras, jornais, papel higiênico, garrafas, latas, vidros, dentre outros, constituem bons exemplos destes resíduos sólidos.

Os resíduos comerciais são aqueles gerados por atividades de estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, restaurantes, lojas, hotéis. As garrafas, copos, sacolas, toalhas, plásticos, representam estes tipos de resíduos sólidos.

Os resíduos públicos são aqueles originados dos serviços de limpeza pública urbana, tais como: limpeza de logradouros, praias, córregos, terrenos, poda de árvores, varrição. SANEBAVI (op. cit), destaca que, para este item, também podem ser considerados os resíduos descartados de forma irregular pela população, tais como: entulhos, papéis, móveis usados e alimentos.

Os resíduos de serviços de saúde são aqueles proveniente das atividades de estabelecimento prestadores de serviços de saúde, tais como: hospitais, clínicas

médicas, veterinárias, unidades de saúde, laboratórios, são constituídos por resíduos sépticos com potencial representativo de contaminação por patogênicos. As luvas descartáveis, seringas, bolsas sanguíneas, medicamentos, representam estes resíduos sólidos.

Os resíduos de fontes especiais são aqueles gerados por processos decorrentes de atividades industriais, portos, aeroportos, ferrovias e terminais rodoviários, além de resíduos da produção agrícola e radioativa. Os resíduos das indústrias químicas, metalúrgica, petroquímica, efluentes químicos industriais, ácidos, borras, escórias, pesticidas, combustíveis, entre outros constituem exemplos destes resíduos sólidos.

Cabe salientar que, os resíduos de serviços de saúde - RSS e os resíduos da construção civil – RCC, face as suas especificidades inerentes identificadas em função de suas características de patogenicidade e periculosidade, são classificados especificamente, e de forma complementar a ABNT NBR 10004/2004, conforme preconiza as Resoluções RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) n° 306, de 07 de Dezembro de 2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, que dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, e Resolução CONAMA n° 358, de 29 de Abril de 2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, além da Resolução CONAMA n° 307, de 05 de Julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimento para a gestão dos resíduos da construção civil.

Assim, de acordo com as Resoluções RDC n° 306/2004 da ANVISA e CONAMA n° 358/2005, os RSS são classificados em 05 grupos específicos, a saber, Grupos A, B, C, D e E.

I - Grupo A – resíduos com a possível presença de agentes biológicos⁸ que, por suas características de virulência ou concentração, podem apresentar riscos de infecção. Face a sua diversidade, os resíduos pertencentes ao Grupo A classificam-se em 05 subgrupos específicos: A1, A2, A3, A4 e A5.

⁸ Agentes Biológicos – Bactérias, fungos, vírus, clamídias, riquetsias, micoplasmas, príons, parasitas, linhagens celulares, outros organismos e toxinas (RDC – n° 306/2004).

- a) A1 - resíduos caracterizados como: culturas e estoques de microrganismos, resíduos de fabricação de produtos biológicos; exceto os hemoderivados; descarte de vacinas com microrganismos vivos ou atenuados; resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com certeza ou suspeita de contaminação biológica por agentes classe de risco 4⁹, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente, cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido; resíduos de laboratório de manipulação genética; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos; bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes, rejeitadas por contaminação ou por má conservação, com prazo de validade vencido.
- b) A2 - carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação.
- c) A3 - peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiares.
- d) A4 – kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados; filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urinas e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de agentes classe de risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação; resíduo de tecido

⁹ Agente de Classe de Risco 4 – (elevado risco individual e elevado risco para a comunidade): patógeno que representa grande ameaça para o ser humano e para os animais, representando grande risco a quem o manipula e tendo grande poder de transmissibilidade de um indivíduo a outro, não existindo medidas preventivas e de tratamento para esses agentes (CONAMA nº 358/2005).

adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduos; recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenham sangue ou líquidos corpóreos na forma livre; bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão; peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos.

- e) A5 – órgãos, tecidos, fluídos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com prions¹⁰.

II - Grupo B – resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias, distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos de medicamentos controlados; resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratórios, inclusive os recipientes contaminados por estes; efluentes de processadores de imagens (reveladores e fixadores); efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas.

III – Grupo C – quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN e para quais a reutilização é imprópria ou não prevista. Exemplo: materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação.

¹⁰ Prions – estrutura protéica alterada relacionada com agente etiológico de diversas formas de encefalite espongiiforme (vide CONAMA n° 358/2005).

IV – Grupo D – resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplo: papel de uso sanitário e fraldas; absorventes higiênicos; peças descartáveis de vestuário; material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1; restos de alimentos; resíduos provenientes das áreas administrativas; resíduos de varrição e poda; resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.

V – Grupo E – composto por materiais perfurocortantes e escarificantes. Exemplo: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas de bisturi, tubos capilares, além de todos os utensílios de vidros quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Quanto aos resíduos de construção civil – RCC, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 os resíduos provenientes desta atividade são classificados da seguinte forma:

I – Classe A – são os resíduos considerados reutilizáveis ou recicláveis como agregados¹¹. Exemplo: resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; resíduos dos processos de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras.

II – Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações. Exemplo: plástico, papel, papelão, metais, vidro, madeiras e gesso.

III – Classe C – são os resíduos para as quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.

¹¹ Agregado reciclado - material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia (CONAMA nº358/2005).

IV – Classe D – são os resíduos perigosos provenientes dos processos de construção. Exemplo: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

No contexto atual, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, estabelece uma nova classificação para os resíduos sólidos. De forma mais abrangente, considera todos os aspectos relacionados aos critérios de classificação utilizados pelas normativas e instrumentos anteriores. Para isso, classifica os resíduos sólidos sobre dois aspectos: I) quanto à origem, e, II) quanto à sua periculosidade.

I – Quanto à origem os resíduos sólidos são classificados em: resíduos domiciliares; resíduos de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos; resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; resíduos industriais; resíduos de serviços de saúde; resíduos da construção civil; resíduos agrossilvopastoris; resíduos de serviços de transporte; resíduos de mineração, de acordo com as diretrizes estabelecidas no art.13 da PNRS em suas alíneas seguintes:

- a) Resíduos domiciliares: os resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) Resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

- g) Resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA¹² e do SNVS¹³;
- h) Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) Resíduos de serviços de transporte: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) Resíduos de mineração: os gerados nas atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II – Quanto à periculosidade os resíduos sólidos classificam-se em: resíduos perigosos; e resíduos não perigosos.

- a) Resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública e à qualidade ambiental;
- b) Resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Destaca-se que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, em comparação com a NBR ABNT 10004/2004, ampliou a abrangência dada à classificação dos resíduos perigosos, acrescentando as características de carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade para a

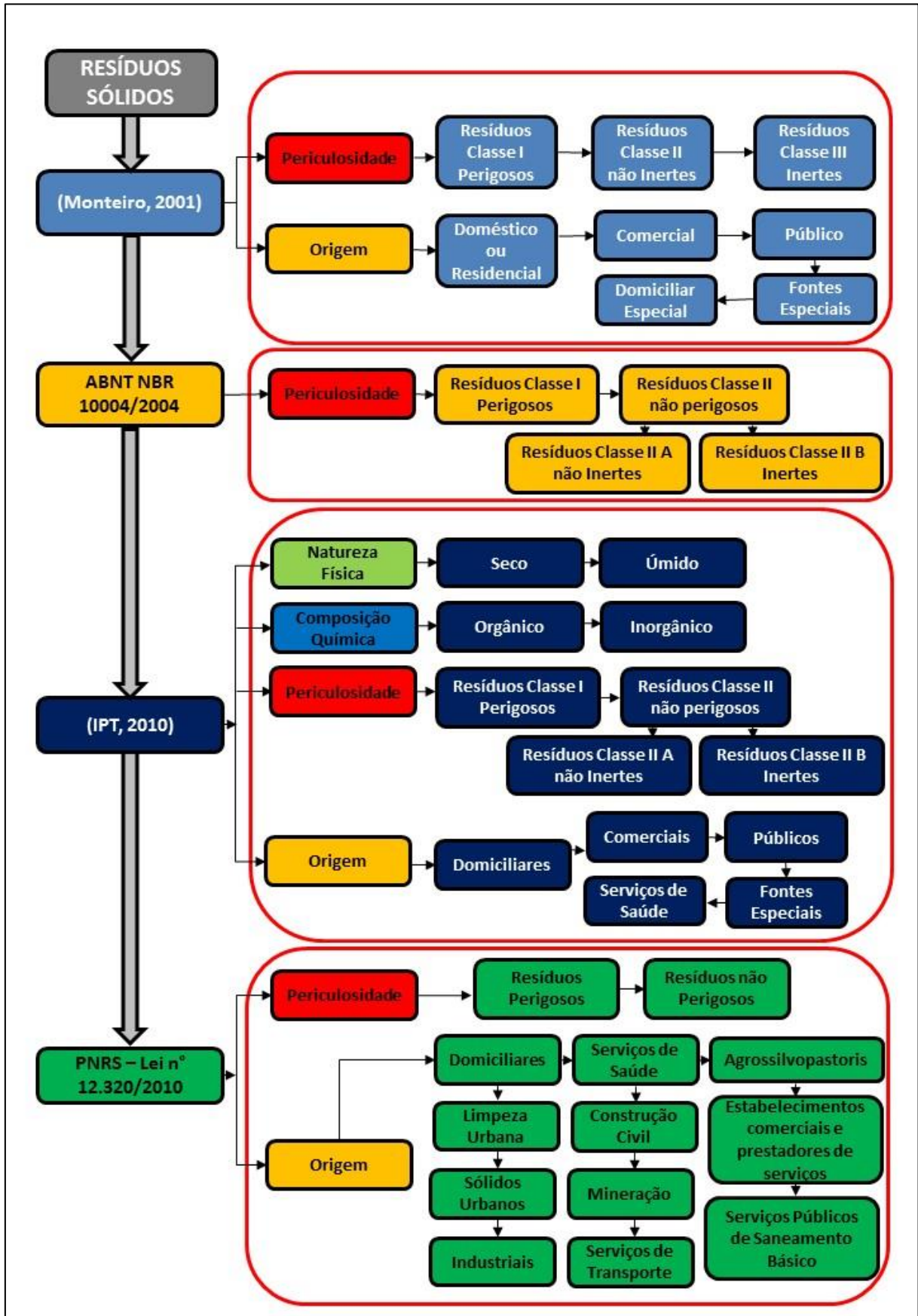
¹² SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente; Instituído pela Lei nº 6938/1981, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios, e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela melhoria da qualidade ambiental.

¹³ SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária; definido pela Lei nº 9782/1999, é um instrumento privilegiado de que o Sistema Único de Saúde – SUS dispõe para realizar seu objetivo de prevenção e promoção da saúde.

definição de enquadramento. Além das características apresentadas na normativa anterior: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Para efeito de comparação, uma síntese da evolução da classificação de resíduos sólidos definida pela ABNT NBR 10004/2004, IPT (2010), Monteiro (2001), e Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Síntese de evolução da classificação dos resíduos sólidos no Brasil, segundo Monteiro (2001), ABNT NBR (2004), IPT (2010) e PNRS (2010).



Sendo assim, considerando o grau de atualização das informações, para subsidiar o embasamento desta pesquisa, serão utilizadas as classificações estabelecidas tanto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 02 Agosto de 2010, quanto pela NBR ABNT 10004/2004. Isto se aplica, posto que juntas integram, em parte, as demais classificações, citam-se: Monteiro (2001) e IPT (2010).

2.3 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O processo de expansão urbana das grandes cidades brasileiras (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Belém, etc..) tem contribuído para um acréscimo no volume de resíduos gerados pela sociedade. Tal situação, apresenta um novo desafio aos municípios; não apenas o de remover os resíduos sólidos de logradouros e edificações através da limpeza pública, mas, além disso, promover a destinação final adequada aos resíduos coletados.

Inicialmente, para melhor compreensão dos termos, faz-se necessário apresentar a distinção existente entre as terminologias: destinação e disposição final de resíduos sólidos, tendo em vista que ambos os termos são amplamente utilizados durante o estabelecimento de processos de manejo e gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo a PNRS, o processo de destinação final de resíduos está associado a todas as formas de destinação que potencializam, ou permitem, novas formas de uso, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança com o objetivo de minimizar os impactos ambientais adversos. Nesta definição inclui-se os processos de reutilização, reciclagem, compostagem, além da recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA¹⁴, entre elas a disposição final.

Por outro lado, ainda segundo a PNRS, o processo de disposição final dos resíduos está associado a distribuição ordenada dos resíduos sólidos em aterros,

¹⁴ SUASA – Sistema Unificado da Atenção à Sanidade Agropecuária; instituído pela Lei nº 9712/1998, trata-se de um instrumento de promoção da saúde, as ações de vigilância e defesa sanitária dos animais e dos vegetais, no âmbito de sua competência, articulado no que for atinente com o Sistema Único de Saúde.

observando normas operacionais específicas, a exemplo das normas ABNT e Resoluções CONAMA, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos.

Para Guerra (2012), a disposição é a fase final do “ciclo de vida” dos resíduos sólidos. Estes devem ser acomodados em local próprio, independentemente, se foram submetidos ou não aos processos de tratamento e recuperação, de forma a minimizar os impactos ao meio ambiente e à saúde humana.

De acordo com IPT (2010), existem três tipos de disposição final dos resíduos sólidos: Lixão, Aterro Controlado e Aterro Sanitário.

2.3.1 Lixão

Consiste na forma de disposição inadequada dos resíduos lançados diretamente sobre o solo, sem nenhuma medida de proteção ao meio ambiente e a saúde pública (IPT, 2010). A disposição dos resíduos sólidos realizada no lixão é apresentada de forma ilustrativa nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Disposição de resíduos sólidos no lixão a céu aberto, destacando a presença de aves de rapina, bem como a sorte de resíduos sólidos.



Fonte: [Lixão a céu aberto].[201?].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 12,6 kb. Formato JPEG. Disponível em: <http://ideiaweb.org/?p=7265>. Acesso em: 09 mar. 2015.

Este tipo de disposição é desprovido de qualquer tratamento ou aplicação de medida de controle ou mitigação de impacto ambiental. Assim, torna-se a forma mais perigosa de destinação de resíduos sólidos com significativo potencial de degradação¹⁵ e impacto ambiental¹⁶ e danos à saúde pública.

Figura 3 - Disposição inadequada de resíduos sólidos em Lixão à céu aberto no município de Porto Velho – RO com potencial de degradação ambiental e danos à saúde pública.



Fonte: [Lixão a céu aberto em Porto Velho/RO],[201?].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 12,6 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://cooperonreciclagem.no.comunidades.net>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

Os problemas de saúde pública estão relacionados à proliferação de vetores de doenças (ratos, moscas e baratas, dentre outros), além da geração de odores desagradáveis poluindo o ar atmosférico. Do ponto de vista ambiental, os principais problemas gerados estão associados à poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas em decorrência da percolação do chorume¹⁷.

¹⁵ Degradação Ambiental – qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental (SANCHEZ, 2013).

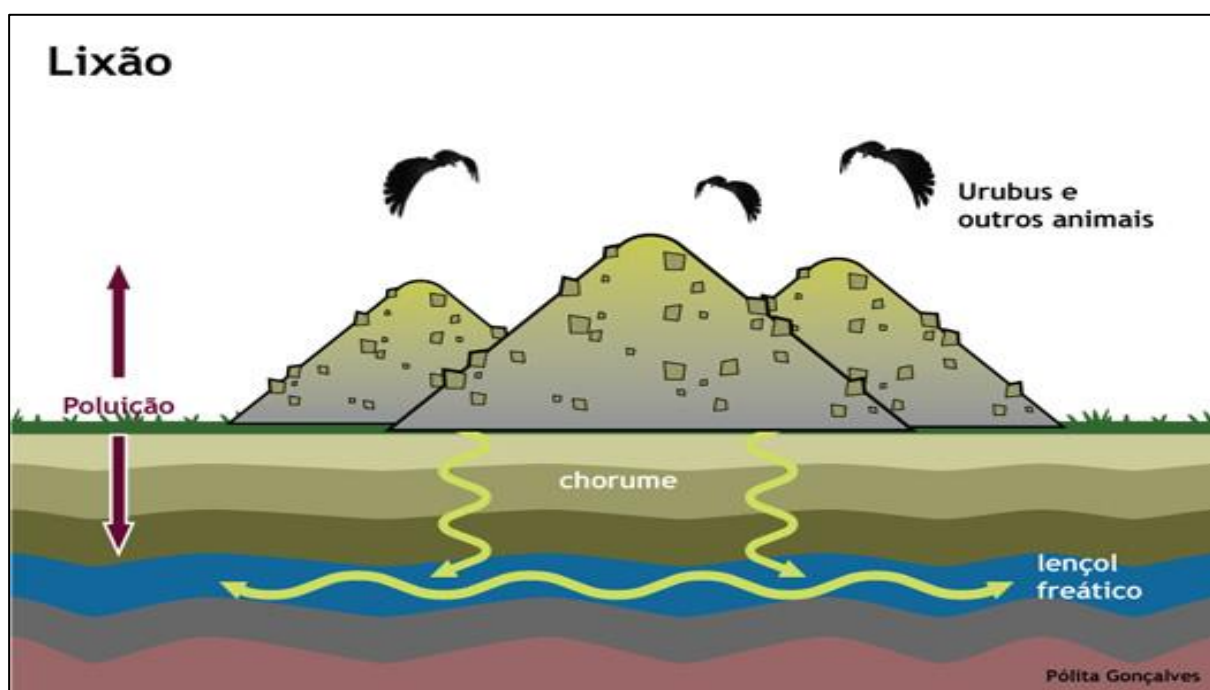
¹⁶ Impacto Ambiental – alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana (SANCHEZ, 2013).

¹⁷ Chorume – líquido que percola através do material disposto no aterro, lixiviando e transportando os produtos de sua decomposição (ABNT 10004/2004).

Destaca-se a contribuição de Guerra (2012), quanto a conceituação de lixão, como sendo, a técnica de disposição final inadequada, por meio dos quais os resíduos são despejados em local desprovido de qualquer tratamento dos resíduos líquidos produzidos (chorume) ou medidas de remediação, cujos resíduos, via de regra, são dispostos a céu aberto, sem qualquer tipo de controle mínimo ou atendimento às normas legais ou técnicas.

As principais características desta técnica de disposição de resíduos sólidos realizada no lixão são apresentadas de forma ilustrativa na Figura 4.

Figura 4 - Modelo de disposição de resíduos sólidos no lixão a céu aberto, com destaque para a poluição do ar, do solo e lençol freático devido a percolação do chorume.



Fonte: [Poluição no lixão a céu aberto].[2013].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 46,5 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.agenda21comperj.com.br/noticias/aterro-sanitario-e-lixao-qual-diferenca>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

2.3.2 Aterro Controlado

Consiste na forma de disposição de resíduos sólidos no solo utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Segundo Monteiro (2001), o aterro controlado também é uma forma de se confinar tecnicamente o lixo coletado sem poluir o ambiente externo, porém, sem promover a coleta e o tratamento do chorume e a coleta e a queima do biogás, o que acarreta a contaminação do ambiente interno (solo e lençol freático).

A disposição dos resíduos sólidos realizada em um aterro controlado é apresentada de forma ilustrativa nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Disposição de resíduos sólidos em um aterro controlado no município de Maringá-PR, observa-se a forma de disposição em bancadas das células que após receberem os resíduos sólidos são cobertos por aterro comum.



Fonte: [Aterro controlado de Maringá/PR].[2009].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 47,5 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.vagnermussio.com.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

Esta forma de disposição final dos resíduos sólidos, quando comparado ao lixão, representa um menor potencial de degradação e impacto ambiental, tendo em vista, a utilização de mecanismos básicos de controle ambiental, tais como: compactação dos resíduos sólidos para redução de volume, recobrimento de células com material inerte, dreno de captação e queima de gás metano (GUERRA, 2012).

Figura 6 - Disposição de resíduos sólidos em aterro controlado no município de Cuiabá-MT, destaca-se as bancadas com resíduos sólidos confinados e cobertos por aterro.



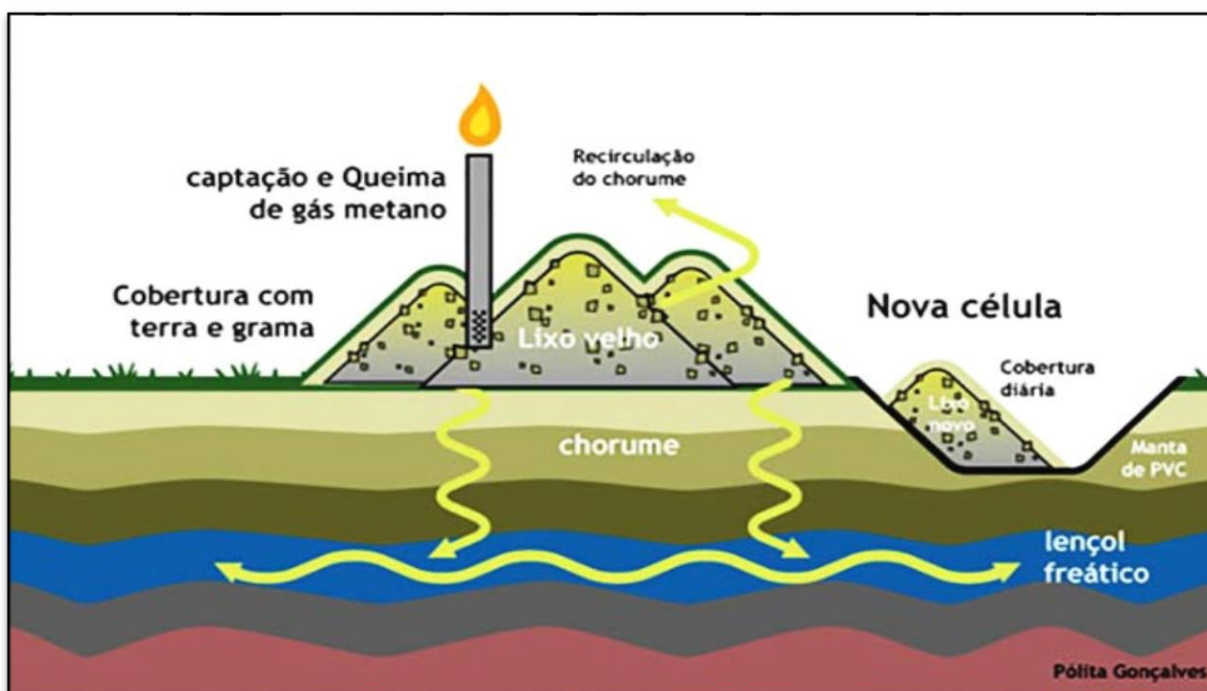
Fonte: [Aterro controlado de Cuiabá/MT].[2014].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 181 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.panoramio.com/photo/105543085>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

A disposição em aterro controlado, proporciona uma poluição localizada, tendo em vista que, embora ocorra uma diminuição da área de disposição dos resíduos, não ocorre à impermeabilização da base do aterro, favorecendo a contaminação do solo e do lençol freático. Também não são aplicados processos de tratamento de chorume ou de dispersão de gases (MONTEIRO, 2001).

Mesmo com as suas limitações técnicas, o método do aterro controlado é preferível ao lixão, em função de apresentar características de menor impacto ambiental, quando comparado ao mesmo. No entanto, o aterro controlado apresenta qualidades bastante inferiores quando comparados ao aterro sanitário.

O modelo de disposição dos resíduos sólidos em aterro controlado é apresentado de forma ilustrativa na Figura 7.

Figura 7 - Modelo de disposição de resíduos sólidos em aterro controlado. Constata-se que os impactos ambientais no meio atmosférico e na superfície são reduzidos quando comparados aos lixões. Contudo, em relação ao solo e subsolo as mesmas características potenciais de contaminação e poluição são observadas, vide Fig. 4. (P. 50)



Fonte: [Poluição em Aterro controlado].[2013].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 46,5 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.agenda21comperj.com.br/noticias/aterro-sanitario-e-lixao-qual-diferenca>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

2.3.3 Aterro Sanitário

Consiste na forma de disposição de resíduos sólidos no solo utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-lo ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho, ou, a intervalos menores, se necessário.

Segundo Lanza e Carvalho (2006), o aterro sanitário é definido como a melhor tecnologia para a destinação final dos resíduos sólidos, consistindo em uma área especialmente preparada, com alto investimento em infraestrutura, equipamentos e estruturas para coleta e tratamento do chorume e gases produzidos pelos resíduos sólidos, seguindo todas as normas técnicas para evitar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

De acordo com Monteiro (2001), o aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos sobre terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, a saúde e à segurança pública. As Figuras 8 e 9 apresentam exemplos de aterro sanitário.

Figura 8 - Disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário, em Osasco/SP. Os degraus funcionam como curvas de nível, seguindo a disposição do relevo. Destaca-se a ocupação urbana no entorno do aterro sanitário.



Fonte: [Aterro controlado de Osasco/SP].[2011].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 181 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.panoramio.com/photo/55245413>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Destaca-se que as Figuras 8 e 9 apresentam modelos de aterro sanitário construídos em conformidade com as normas operacionais específicas (ABNT NBR 10.157/87 que orientam a sua construção e operação.

Figura 9 - Modelo de aterro sanitário construído no município de Itajaí-SC, em conformidade com as normas técnicas vigentes. Destaque para as estruturas existentes que orientam a sua construção e operação adequada.

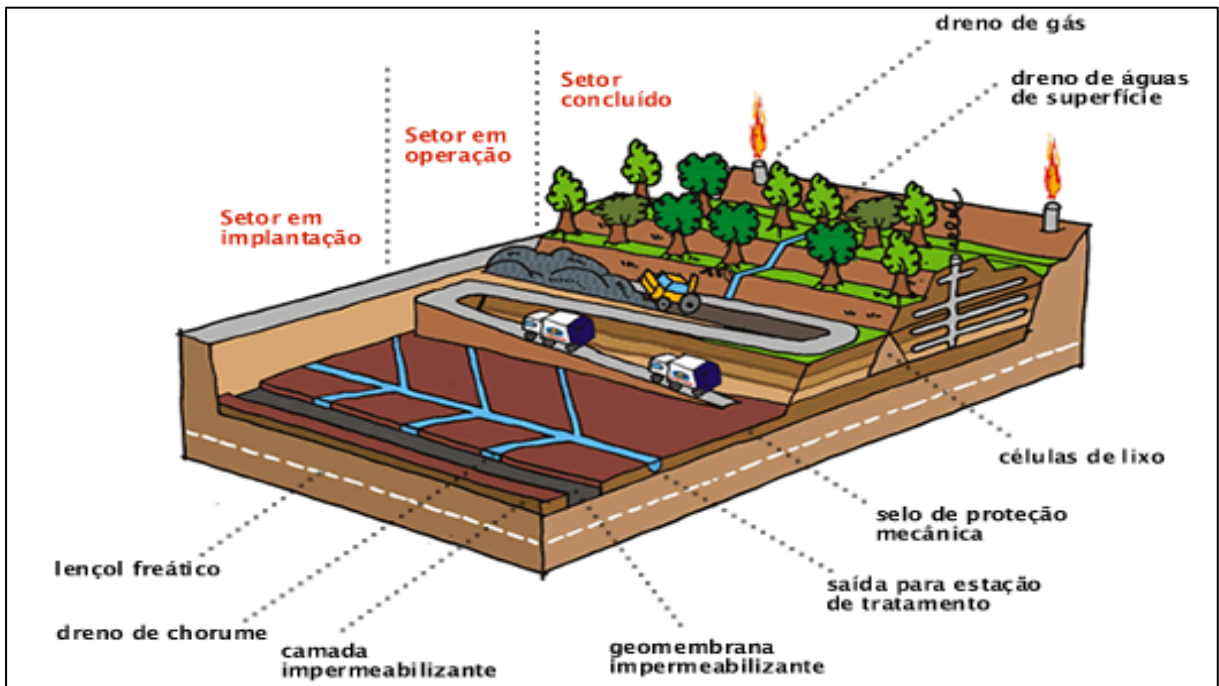


Fonte: [Aterro sanitário - ilustração].[2014].1 fotografia, color. Altura 4,37 x 8,1cm, 181 kb. Formato JPEG. Disponível em:< <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/chorume-de-aterro-sanitario-por-que-o-tratamento-deve-ser-uma-prioridade>. Acesso em: 10 mar. 2015.

Ainda segundo Monteiro (2001), a diferença básica entre um aterro sanitário e um aterro controlado está na característica do aterro sanitário realizar processos de coleta e tratamento de chorume, além de processos de drenagem e queima de biogás.

As estruturas existentes em um aterro sanitário são apresentadas de forma ilustrativa na Figura 10.

Figura 10 - Estruturas de um aterro sanitário, observa-se que tanto ar, quanto o subsolo encontram-se livre de poluição ou contaminação por gases ou chorume. Além do reflorestamento das células em uso, o que melhora a qualidade do meio ambiente.



Fonte: IPT (2010)

Destaca-se que, além da aplicação dos processos de tratamento de chorume e biogás, no aterro sanitário a impermeabilização total das células de armazenamento, desde sua base, até o recobrimento da superfície com material inerte potencializa a redução de volume e confinamento total dos resíduos. Desta forma, o aterro sanitário representa a forma de disposição final mais adequada e segura, tanto do ponto de vista ambiental, em função de reduzir os riscos de contaminação do solo e do lençol freático pelo chorume, quanto pela redução da proliferação de vetores causadores de doenças, de modo a evitar danos à saúde e ao meio ambiente.

2.4 O MÉTODO AHP – ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS

Durante uma tomada de decisão, uma das tarefas mais difíceis é a organização dos fatores que causam interferência na análise dos processos. Estabelecer as suas relações permite compreender as interações relacionadas a dinâmica externa dos elementos da natureza, especialmente, associados a características do meio físico (EASTMAN, 1998).

Neste sentido, a padronização dos fatores é uma importante ferramenta utilizada para estabelecer um critério de valoração, a partir do uso de uma escala numérica, necessária para a compreensão das interações que ocorrem entre os diferentes aspectos.

De acordo com Silva et. al. (2004), pode-se representar geograficamente a paisagem de forma contínua a partir da padronização dos fatores em uma escala numérica comum, juntamente com o uso do geoprocessamento e a construção dos ambientes denominados Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

Ainda de acordo com Silva et. al. (op. cit.), existem diversas formas de se estabelecer a padronização de valores, dentro da análise multicritério. Pode-se utilizar diversos métodos de aplicação de pesos, como por exemplo: Método de Distribuição de Pontos, Método de Ordenamento de Critérios além da Análise Hierárquica de Processos.

A Análise Hierárquica de Processos – AHP ou “Analytic Hierarchy Process”, é uma ferramenta de análise introduzida por Saaty (1980) para auxiliar os processos de tomada de decisão, especialmente as decisões mais complexas, que podem ser reduzidas através de uma série de comparações de pares. Cada fator é comparado a outro na forma de par a par, permitindo a avaliação dos aspectos objetivos e subjetivos de uma decisão apresentando resultados consistentes (SAATY,1980).

Para a compreensão do Método AHP é importante destacar que durante sua aplicação é considerado um conjunto de critérios de avaliação e de opções alternativas para subsidiar os processos de tomada de decisão, de modo que seja possível identificar a melhor alternativa apontada pelo processo de análise (SAATY, op. cit.).

Durante a aplicação do Método AHP cada critério de avaliação recebe um valor de peso, conforme padronização, de acordo com as comparações de pares realizada pelo tomador de decisão dos critérios. Desta forma, quanto maior for o peso atribuído ao critério, maior será sua importância (SAATY, op. cit.). Esta padronização de pesos pode ser aplicada, a partir da aplicação dos valores estabelecidos na escala de comparação de pesos atribuídos a cada critério pela AHP, conforme ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de comparação de pesos/valores atribuídos aos critérios de análise durante a aplicação da AHP.

Valores	Interpretação (Significado)
1	Os critérios de avaliação são igualmente importantes para o processo de análise, pode-se inferir que apresentam a mesma contribuição para os processos.
3	Um determinado critério de avaliação é um pouco mais importante que o outro, pode-se inferir que sua contribuição é moderadamente superior ao processo em relação ao critério de análise.
5	Um determinado critério de avaliação é mais importante que o outro, pode-se inferir que a sua contribuição é relevante para o processo de análise.
7	Um determinado critério de avaliação é fortemente mais importante que o outro, pode-se inferir que a sua contribuição é significativa para o processo de análise.
9	Um determinado critério é absolutamente mais importante que o outro, pode-se inferir que a sua contribuição é predominantemente determinante para o processo de análise.
Valores recíprocos	Se um critério i possui um dos valores anteriores quando comparado com o critério j, então o critério j possui um valor recíproco quando comparado com o critério i. pode-se inferir nas mesmas considerações atribuídas durante a análise do valor unitário.
2,4,6 e 8	Valores intermediários de julgamento.

Fonte: Adaptado de Corseuil (2006) e Silva et. al.(2004).

Para subsidiar a análise, Saaty (1980) desenvolveu uma escala de comparação de importância entre pares de critérios, dividida em nove pontos de avaliação. A partir da utilização desta escala é possível estabelecer valores de importância para cada critério de análise, bem como realizar a padronização dos mesmos de acordo com a sua significância, como pode-se perceber nos dados ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de Avaliação Contínua para comparação de critérios de acordo como a sua importância adotada pela AHP.

Menor importância				Igual	Maior importância			
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Fortemente	Muito	Pouco		Pouco	Muito	Fortemente	Extremamente

Fonte: Adaptada de Eastman (2003) e Silva et. al. (2004).

É importante destacar a contribuição de Silva et. al. (2004), a partir da adaptação de Corseuil (2006), considerando a inclusão de valores recíprocos e intermediários de julgamento para melhor aferição da escala de comparação de valores ou pesos atribuídos aos critérios utilizados pelo método AHP.

Deste modo, permite-se padronizar pesos atribuídos a cada aspecto analisado. Por exemplo, considerando os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 10004/2004, e as características da região de análise, pode-se inferir que o aspecto geologia é um pouco mais importante que o aspecto vegetação. Assim, infere-se à geologia o valor/peso igual a 9 e para a vegetação o valor/peso 3, estabelecendo a sua relação de comparação e importância.

Desta forma, esta representação indica que o aspecto geologia apresenta um maior peso (9), quando comparado com o aspecto vegetação, peso (3). Logo o aspecto geologia será mais importante que o aspecto vegetação.

Para aferir se a cada aspecto analisado um grau de importância relativa, quando comparados entre si, a exemplo da geologia, representando maior importância que a vegetação, adota-se os valores estabelecidos pela escala de comparação de importância entre os critérios de análise ilustrada na Tabela 2.

O procedimento de Análise Hierárquica de Processos – AHP é realizado a partir da construção de uma matriz de comparação par a par de ordem simétrica, onde cada fator é comparado segundo os valores de peso atribuídos pela tabela de padronização (Tabela 1) a partir da escala de avaliação contínua para cada critério. Desta forma, é possível estabelecer valores de pesos específicos para cada fator.

De acordo com Saaty e Vargas (2013), a comparação par a par gera matrizes quadradas, onde os números na linha i e na coluna j indicam a importância do critério C_i em relação ao critério C_j , resultando na construção da matriz de comparação de critérios apresentada abaixo:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1j} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2j} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & 1 & \cdots \\ 1/a_{1j} & 1/a_{2j} & 1/a_{3j} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Onde considera-se;

a = Valor da intensidade de importância de cada critério (C);

i = indicação de linha;

j = indicação de coluna.

Os elementos a_{ij} indicam o julgamento do par de critérios (C_i , C_j) e a o valor de importância. Destaca-se que, Saaty e Vargas (op. cit) estabelecem regras para a construção da matriz de comparação, tais como:

Se $a_{ij} = a$, então $a_{ji} = 1/a$, $a \neq 0$.

Se C_i é julgado como de igual importância relativa a C_j , então $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$ e $a_{ii} = 1$, para todo i .

Para melhor compreensão do método de construção da matriz de comparação, apresenta-se a seguir, um exemplo proposto por Saaty (1980), durante a aplicação de critérios, segundo a utilização da escala de avaliação contínua, mostrada na Tabela 2, tomando por base a comparação dos níveis de consumo de 7 bebidas, (café, vinho, chá, cerveja, sodas, leite e água) entre a população dos Estados Unidos. Os dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Exemplo de aplicação de matriz de comparação utilizando julgamentos. Neste caso, pretende-se determinar qual é a bebida mais consumida nos EUA.

Bebidas consumidas nos EUA	Café	Vinho	Chá	Cerveja	Sodas	Leite	Água
Café	1	9	5	2	1	1	1/2
Vinho	1/9	1	1/3	1/9	1/9	1/9	1/9
Chá	1/5	3	1	1/3	1/4	1/3	1/9
Cerveja	1/2	9	3	1	1/2	1	1/3
Sodas	1	9	4	2	1	2	1/2
Leite	1	9	3	1	1/2	1	1/3
Água	2	9	9	3	2	3	1

Fonte: Modificada de Saaty (1980).

Para subsidiar a construção da matriz de comparação de pares, adota-se uma relação de peso/importância aos valores atribuídos a cada fator analisado, sendo estes comparados de modo par a par, conforme os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 (vide página 58). Desta forma, por exemplo, ao fator café atribuiu-se o valor de peso 9 e ao fator vinho atribuiu-se o valor de peso 1. Logo, comparando-se os valores atribuídos aos fatores café e vinho, tem-se a relação numérica 1/9, o que representa que o consumo de vinho é pouco importante quando comparado ao consumo de café. No caso comparativo dos fatores café e sodas, tem-se a relação numérica 1, este resultado indica que as bebidas café e sodas apresentam o mesmo nível de consumo nos EUA.

A construção da matriz de comparação permite a aplicação de um melhor ajuste no conjunto de pesos atribuídos aos critérios de análise. Os resultados deste processo são obtidos através do cálculo de pesos de cada coluna, que posteriormente, são somados ao conjunto de pesos totais e divididos pela média ponderada de cada peso atribuído a determinado critério (EASTMAN, 2009).

Desta forma, é possível a construção de um vetor de análise com a padronização de pesos comparados de forma paritária capazes de determinar, de forma objetiva, a graduação de pesos e importâncias necessárias para subsidiar os processos de análise espacial que envolvam tomada de decisão.

Ressalta-se que os resultados obtidos pela matriz de comparação, Tabela 3, são submetidos ao processo de normatização cujo somatório dos valores atribuídos aos pesos específicos deve ser igual a 1. Processo semelhante é aplicado no procedimento de combinação linear ponderada. Este procedimento será apresentado no item 2.5, mais adiante, (EASTMAN, 2009).

Para a validação das análises realizadas, Saaty (1977) propõe que os resultados sejam submetidos ao julgamento de valores atribuídos, como forma de aferição dos dados aplicados. Este processo de validação é realizado a partir da determinação do Índice de Consistência (IC) e da Relação de Consistência (RC) através do qual é possível estabelecer o nível de consistência das análises.

Para determinar os valores de IC e RC é necessário a obtenção de vetores de peso relacionado a cada critério analisado, para tal deve-se calcular os valores referentes aos autovetores (Aw) e autovalores (λ_{max}) da matriz de decisão para estimar os pesos relativos a cada critério. Este procedimento é realizado através da aplicação da Equação (1).

$$Aw = \lambda_{max} \cdot w \quad (1)$$

Onde têm-se:

Aw = Autovetor obtido pela soma ponderada das linhas da matriz de decisão;

λ_{max} = Autovalor principal da matriz;

w = Autovetor obtido pela soma ponderada das colunas da matriz da decisão.

Após a definição dos valores de Aw e λ_{max} , realiza-se o cálculo do Índice de Consistência (IC) através da Equação (2).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \quad (2)$$

Onde têm-se:

IC = Índice de Consistência;

λ_{\max} = Autovalor principal da matriz;

n = Ordem da matriz de decisão.

Por fim, para a obtenção da Relação de Consistência (RC) utiliza-se a aplicação da Equação (3).

$$RC = \frac{IC}{CA}$$

(3)

Onde têm-se:

RC = Relação de Consistência;

IC = Índice de Consistência;

CA = Índice de Consistência Aleatória ou randômica.

O Índice de Consistência Aleatória ou randômica representa um valor de referência, proposto por Saaty (1980), para aferir os valores de consistência obtidos pela RC, quando comparados com valores de referência (CA). Estes são provenientes de uma amostra aleatória de 500 matrizes recíprocas positivas selecionadas aleatoriamente. Ressalta-se que os valores do CA dependem da dimensão da matriz de decisão utilizada para verificação adequada da consistência dos valores. A Tabela 4 apresenta os valores de Índice de Consistência Aleatória (CA) proposto por Saaty (op. cit.).

Tabela 4 - Índice de Consistência Aleatória utilizado na AHP.

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória (CA)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1980).

A Relação de Consistência indica a probabilidade de que os valores utilizados como critério de análise foram gerados pela matriz de comparação de forma aleatória. Os critérios de análise da RC variam entre os valores (0) zero a (1) um, sendo (0) o valor de maior consistência, portanto, desejável, e (1) para valores que apresentam grande inconsistência.

De acordo com Saaty (1980), as matrizes que apresentarem valores de RC superiores a 0,10, ou seja 10% do total devem ser reavaliadas, visto que o valores desejáveis de RC devem ser inferiores a este percentual. Desta forma, quanto menor for o valor de RC mais consistente será os resultados obtidos pela matriz de análise.

Destaca-se que, na presente pesquisa, serão adotados os procedimentos da Análise Hierárquica de Processos - AHP para realização da comparação pareada dos critérios utilizados para identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

2.5 MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO - MAMC

Durante os processos de avaliação ambiental, a tomada de decisão por determinado aspecto ou fator de relevância capaz de provocar interferências no ambiente em que vivemos não é uma tarefa fácil. Para estabelecer a importância de determinado aspecto é preciso analisar os processos em uma perspectiva capaz de promover ao pesquisador uma visão sistêmica, de modo que, seja possível considerar o caráter multidisciplinar da análise. Ao mesmo tempo, permitir a aplicação de abordagens mais flexíveis e instrumentos que considerem diversos critérios para o processo de escolha. Desta forma, a análise multicritério proposta por Voogd (1983), surge como uma importante ferramenta utilizada para auxiliar os processos de tomada de decisão.

Assim, a análise multicritério possibilita a avaliação de fatores que podem ser agregados de forma a alcançar um objetivo comum, capaz de auxiliar nos processos decisórios. Os modelos de análise baseados na decisão multicritério são indicados para solucionar problemas que envolvam vários critérios de avaliação, razão pela qual é recomendada para decisões complexas.

Para entendimento da Análise Multicritério destacam-se as abordagens de Eastman (1998), Calijuri, Melo e Lorentz (2002), Delgado e Cano (2005), Corseuil (2006), entre outros, os quais serão fundamentados a seguir.

Na concepção de Delgado e Cano (op. cit), define-se a análise multicritério como um conjunto de técnicas orientadas que contribuem nos processos de tomada de decisão através da investigação de um grande número de alternativas, considerando a existência de múltiplos critérios e objetivos para soluções de problemas diversos.

Segundo Calijuri, Melo e Lorentz (op. cit), os processos de decisão são suportados pela consideração de critérios que servem como normas para encontrar as melhores alternativas, as quais são possíveis de quantificação e análise para subsidiar decisões. Estes critérios podem envolver variáveis ambientais, operacionais e socioeconômicas.

Para Eastman (1998), os processos de avaliação e planejamento ambiental podem ser otimizados a partir do uso do geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográficas – SIG como ferramenta de apoio aos processos de decisão.

Neste contexto, Eastman (op.cit) considera que a análise multicritério pode ser realizada dentro de um ambiente SIG, através do qual é possível a utilização de dados geográficos associados à avaliação de critérios relativos ou restritivos.

Ainda segundo o autor, o processo de tomada de decisão deve abranger algumas definições importantes, tais como: a decisão em si, as restrições, os fatores ponderáveis e as regras de decisão.

Desta forma, a tomada de decisão é um processo de escolha realizada entre várias alternativas, fundamentadas em determinados critérios, relativos ou restritivos,

que representam condição necessária para quantificação e avaliação dos resultados.

Assim, como citado anteriormente, os critérios podem ser do tipo relativo ou restritivo, também denominados de fatores e restrições. Possuem grande importância para delimitar as ponderações realizadas durante o processo de análise. Deste modo, os critérios relativos ou fatores são aqueles que representam determinado grau de aptidão para uma alternativa específica para a atividade que está sendo considerada. Já os critérios restritivos ou restrições são aqueles que limitam as alternativas que estão sendo consideradas, estabelecendo áreas de exclusão que limitam espacialmente as possibilidades de escolha.

Os critérios restritivos são aplicados a partir da concepção da Análise Booleana¹⁸, onde são analisados segundo um modelo binário (0 e 1), sendo 0 para restritivo e 1 para não restritivo. Calijuri, Melo e Lorentz (2002), considera que as restrições fundamentadas em critérios booleanos são capazes de limitar a análise a regiões geográficas específicas, diferenciando áreas aptas de não aptas.

Finalmente, uma regra de decisão pode ser definida como procedimento através da qual os critérios são selecionados e combinados para se chegar a uma determinada decisão.

Para se estabelecer a importância de cada critério utilizado no processo de análise, é necessário atribuir valores e pesos específicos aplicados individualmente, considerando as particularidades de cada aspecto analisado, tendo como referência, as diretrizes estabelecidas nas normas técnicas existentes.

Destaca-se que para a atribuição de valores e pesos específicos, a presente pesquisa adotará os valores apresentados nas Tabelas 1 e 2 utilizadas durante a AHP, conforme descrição já apresentada anteriormente (vide página 58).

¹⁸ Análise Booleana – método de análise matemática que consiste na análise de fatores de pertinência a partir de um sistema binário. Para tal atribui-se o valor 0 para valores verdadeiros e 1 para valores falsos (EASTMAN, 1998).

Eastman (2009), considera a existência de diversos métodos de análise multicritério. Porém, assevera que os métodos mais aplicados são aqueles baseados na Análise Booleana associados aos métodos de agregação de critérios seguindo os procedimentos adotados pelo método de Combinação Linear Ponderada (Weighted Linear Combination – WLC) e pela Média Ponderada Ordenada (Ordered Weighted Average – OWA).

De acordo com a proposta de Eastman (op. cit) as análises seriam inicialmente realizadas através da utilização da Análise Booleana, a partir das análises clássicas segundo a aplicação da função de interseção OR ou função de pertinência ON estabelecendo a existência ou não de determinado valor.

No entanto, apesar de reconhecida importância, a aplicação do método da Análise Booleana não é capaz de identificar, de forma consolidada, a alternativa necessária para a tomada de decisão, assim, faz-se necessário a utilização da WLC e da OWA, tendo em vista que permitem a aplicação da análise ponderada de fatores. Desta forma, tende-se a reduzir os riscos associados a análise subjetiva dos dados aumentando a consistência dos resultados.

Na Análise WLC os fatores são avaliados a partir da aplicação de pesos ponderados. Assim, é possível estabelecer uma relação de compensação total entre os fatores, de forma que os pesos possam ser combinados para cada caso, através de comparação par a par. Diante disto, é possível mensurar os resultados permitindo a composição do mapa final de adequabilidade (CALIJURI, MELO; LORENTZ, 2002).

É importante destacar que uma das principais características da WLC é permitir que os fatores possam ser compensados entre si. Desta forma, pode-se inferir que os fatores que apresentam uma baixa adequabilidade podem ser compensados pelo conjunto de adequabilidades apresentadas em outros fatores.

Segundo Corseuil (2006), o processo inicial da análise WLC consiste na padronização dos fatores em uma escala numérica comum. Dessa forma, atribui-se pesos específicos a cada item, sendo que o somatório deve representar a unidade numérica. Em seguida, os fatores podem ser combinados a partir da aplicação de

uma média ponderada, tendo como resultado, um valor final de fator ponderado calculado a partir da aplicação da Equação 4.

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i \quad (4)$$

Onde considera-se;

S = Valor Final (nota atribuída ao fator ponderado)

W_i = peso do fator i (ponderado do fator);

X_i = fator padronizado;

n = número de fatores.

De acordo com Eastman (2003), os resultados da WLC podem ser representados a partir de uma superfície contínua que representa um determinado grau de aptidão de uma área.

Além disto, a WLC permite considerar as relações de compensação existentes entre os fatores e as restrições. Para o caso em que as restrições sejam consideradas, Eastman (op. cit) propõe a aplicação do método multiplicativo entre os fatores e as restrições através da seguinte Equação 5.

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i \cdot \prod_{j=1}^k C_j \quad (5)$$

Onde considera-se;

S = Valor Final (nota atribuída ao fator ponderado)

W_i = peso do fator i (ponderado do fator);

X_i = fator padronizado;

n = número de fatores;

C_j = valor de restrição (com $j=1, \dots, k$);

k = número de restrições.

Quanto aos riscos associados a análise multicritério, Eastman (2003) considera que podem ser avaliados como de grau médio, tendo em vista que os mesmos representam a metade dos riscos apresentados pela Análise Booleana, ficando exatamente dispostos entre os fatores mínimo e máximo, operadores AND e OR, respectivamente.

Destaca-se que na presente pesquisa, a aplicação do método de Análise Multicritério será baseada na realização de três etapas distintas: normalização dos critérios ponderáveis, atribuição de pesos aos critérios (AHP) e agregação (combinação) dos critérios (WLC), tendo como resultado um produto cartográfico síntese com a indicação das áreas potenciais para alocação de aterro sanitário.

2.6 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS RESTRITIVOS (CR) E FAVORÁVEIS (CF) PARA A ALOCAÇÃO DE ÁREA PARA ATERRO SANITARIO

Os processos de escolha, que tem por objetivo a identificação de áreas propícias para alocação de aterro sanitário (vide p. 72), necessitam de fundamentação técnica-científica para subsidiar qualquer tomada de decisão. Esta, por sua vez, independente do caráter restritivo ou favorável predominante, deve apresentar uma avaliação conclusiva e confiável, capaz de justificar a escolha pela melhor alternativa; bem como, apresentar a projeção de um cenário mais próximo da realidade, onde deve-se considerar os critérios restritivos e favoráveis para a sua implantação.

Os critérios restritivos e favoráveis para a identificação de área para implantação de aterro sanitário são definidos segundo as premissas estabelecidas pelas legislações federais, estaduais e municipais, que tratam de questões relacionadas a proteção ambiental e ao ordenamento urbano e territorial. Além de normas técnicas específicas, especialmente, as estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 10157/1987 e NBR 13896/1997).

Os critérios submetidos a avaliação nesta pesquisa serão classificados segundo a identificação de suas particularidades, considerando aspectos importantes do meio físico, biótico e socioeconômico, além de aspectos jurídico institucionais que abarcam questões ambientais e de planejamento urbano.

Com base nos trabalhos anteriormente apresentados (LIMA, 1999; MELO, 2001; CALIJURI, MELO, LORENTZ, 2002; NASCIMENTO, 2012), os aspectos do meio físico utilizados para identificação de alternativas locais para a implantação de aterro sanitário, consideram os fatores: geologia, geomorfologia, pedologia, uso do solo, hidrogeologia, declividade do terreno, distância dos cursos d'água, pluviometria e direção dos ventos. Para a análise dos aspectos do meio biótico serão considerados os fatores: vegetação, unidades de conservação, comunidades quilombolas, além da inclusão de um aspecto peculiar identificado no Estado do Amapá, denominado Área de Ressaca¹⁹.

Para os aspectos socioeconômicos serão utilizados os fatores: densidade demográfica, distância em relação aos centros urbanos, acessos e aeroportos. Ressalta-se que os aspectos jurídicos-institucionais, por tratarem de questões normativas, e portanto, não mensuráveis do ponto de vista físico, serão utilizados como subsídios para delimitar a análise.

Além disto, é importante destacar as contribuições realizadas para a fundamentação e ampliação do conhecimento científico apresentadas pelas pesquisas realizadas por autores como Lima (1999); Melo (2001); Calijuri, Melo e Lorentz (2002); Rocha, Brito Filho, Xavier da Silva (2007) e Nascimento (2012), quanto a discussão desta temática para a identificação de áreas para implantação de aterro sanitário.

Lima (1999), considera, em sua análise, um conjunto de aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos, utilizados para a identificação de áreas para implantação de aterro sanitário, tais como: distância em relação a áreas

¹⁹ Área de Ressaca – Constituem sistemas físicos fluviais colmatados, drenados por água doce e ligadas a um curso principal d'água, influenciados fortemente pela pluviosidade e possuindo vegetação herbácea (TAKIYAMA et. al., 2012)

urbanas, distância dos centros geradores de lixo, dados topográficos, geológico-geotécnicos, pedológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, climatologia, disponibilidade de material para cobertura diária, acesso, capacidade volumétrica, valor da área, fauna e flora, custo reduzido de instalação, avaliação de dispositivos legais de zoneamento, além de outros aspectos construtivos do projeto.

Como resultado da análise de Lima (1999), foram identificadas alternativas locacionais que consideravam uma análise de valor econômico proposta para a identificação de alternativa que representasse o menor custo de implantação.

Para Melo (2001) e Calijuri, Melo e Lorentz (2002), os aspectos importantes a serem observados durante a análise de alternativas para identificação de áreas para aterro sanitário devem ser divididos segundo três grupos distintos: critérios ambientais, operacionais e socioeconômicos.

Os critérios ambientais adotados foram: hidrologia, declividade do terreno, pedologia, geologia, geomorfologia, clima, relevo e núcleos urbanos. Estes critérios foram analisados segundo a aplicação de pesos ponderados que resultaram na elaboração de mapas de adequabilidade.

Rocha, Brito Filho e Xavier da Silva (2007) considera necessário a análise dos seguintes critérios: geologia, geotecnia, pedologia, geomorfologia, hidrologia, clima e legislação.

Por fim, destaca-se a pesquisa de Nascimento (2012) que considera importantes os aspectos: geologia, pedologia, geomorfologia, clima, hidrografia, uso e cobertura da terra, distância dos centros urbanos, vias de acesso, custos em infraestrutura e aquisição do terreno, proximidade com estações de tratamento de esgoto, disponibilidade de material para cobertura de resíduos, distância de aeroportos, distância de áreas residenciais, entre outros.

Após a apresentação destas ideias percebe-se algumas diferenças de abordagens. No entanto, destaca-se que todos os aspectos analisados foram baseados, uns mais outros menos, nas premissas estabelecidas nas legislações ambientais em vigor, na época, e nas normas técnicas existentes. O Quadro 1 apresenta uma comparação dos critérios utilizados por Lima (1999); Melo (2001);

Calijuri, Melo e Lorentz (2002); Rocha, Brito Filho e Xavier da Silva (2007) e Nascimento (2012) para a identificação de áreas para implantação de aterro sanitário.

Quadro 1 – Comparação dos critérios técnicos utilizados em pesquisas anteriores para identificação de áreas para implantação de aterro sanitário.

Autores	Crítérios Técnicos
LIMA (1999)	Distância em relação as áreas urbanas, Distância dos centros geradores de lixo, Topografia, Geologia, Geotecnia, Pedologia, Hidrogeologia, Hidrologia, Climatologia, Disponibilidade de material de cobertura diária, Acessos, Capacidade volumétrica, Valor de área, Fauna e Flora, Custo reduzido de instalação, Zoneamento Ambiental.
MELO (2001)	Hidrologia, Declividade, Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Clima, Relevo e Núcleos urbanos.
CALIJURI, MELO & LORENTZ (2002)	Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Clima, Relevo, Hidrografia, Declividade e Núcleos urbanos.
ROCHA, BRITO FILHO E XAVIER DA SILVA (2007)	Geologia, Geotecnia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrologia, Clima e Legislação.
NASCIMENTO (2012)	Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Clima, Hidrografia, Uso e Cobertura da terra, Distância dos centros urbanos, Vias de acesso, Custos em infraestrutura e aquisição de terreno, Proximidade com estações de tratamento de esgoto, Disponibilidade de material para cobertura de resíduos, Distância de aeroportos e Distância de residências.

Vale destacar que na literatura internacional, durante a seleção de áreas para alocação de aterro sanitário, em geral, são utilizados critérios técnicos semelhantes, especialmente, os critérios: geologia, geomorfologia, distância dos cursos d'água, vegetação e áreas restritas, conforme as contribuições de Ikeguchi (1994); Calvo et. al. (2007); Khanlari et. al. (2012); Marín et. al. (2012); Oakley e Jimenez (2012).

Portanto, após a leitura e entendimento das diversas referências que abordam a temática para alocação de aterro sanitário, na presente pesquisa serão adotados os critérios técnicos estabelecidos para a análise dos aspectos, estando assim, em conformidade com as legislações ambientais e normativas técnicas existentes, além de considerações adicionais estabelecidas por Monteiro (2001) e IPT (2010), apresentadas no Quadro 2.

Para melhor compreensão dos aspectos e dos critérios utilizados para subsidiar as análises realizadas nesta pesquisa, apresenta-se uma síntese das informações técnicas necessárias para definição/alocação de áreas destinadas a aterro sanitário e suas especificações e referências correspondentes através do Quadro 2.

Quadro 2 - Critérios técnicos e especificações utilizadas para a alocação de áreas para implantação de aterro sanitário.

Critérios Técnicos	Especificações
Geologia	Preferível ocorrência de formações com baixa permeabilidade, distância de 200 metros de falhas geológicas (Calijuri, Melo e Lorentz, 2001).
Geomorfologia	Declividade mínima de 1% e máxima 30%. (ABNT/NBR 13986/1997)
Vegetação	Preferíveis áreas de baixa composição florestal, desflorestamento, ou sob influência de processos antropogênicos (IPT, 2010).
Pedologia	Desejável que o solo apresente uma impermeabilidade natural razoável, com disponibilidade de um depósito natural extenso e homogêneo (ABNT/NBR 10157/1987), (ABNT/NBR 13896/1997), (Monteiro, 2001)
Distância dos Cursos d'água	Deve-se estabelecer distâncias superiores a 200 metros de corpos d'água. (ABNT/NBR 10157/1987), (Monteiro, 2001), (IPT, 2010)
Distância aos Centros Urbanos, Núcleos Populacionais	Distância mínima de 500 metros. (ABNT/NBR 10157/1987)
Áreas Protegidas	Restrição total de usos a áreas de preservação ambiental, unidades de conservação, áreas de ressaca, áreas indígenas e terras quilombolas. (CONAMA N° 302/2002), (Lei n° 9985/2000).
Proximidade de Aeroportos	Distância mínima de 20 km para aeroportos e 13 km para aeródromos. (CONAMA 04/1995)
Densidade Demográfica	Áreas com menor densidade demográfica. (Monteiro, 2001), (IPT, 2010)

Fonte: Baseado em Monteiro (2001), Nascimento (2012).

2.7 ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS

A definição de alternativas para a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos perpassa pelo atendimento do conjunto de vários aspectos estabelecidos pelas normativas legais. No âmbito jurídico-institucional, responsável pela construção de um arcabouço jurídico necessário para a composição de premissas fundamentais e diretrizes que possam permitir e assegurar o atendimento de direitos constitucionais, sobretudo, a garantia ao direito de uso do bem comum, a preservação dos recursos naturais e seu uso sustentável.

Neste contexto, destacam-se as ações institucionais realizadas pelas Administrações Públicas Municipais, Estaduais e Federais através da elaboração de políticas, planos e programas que estabelecem as diretrizes necessárias para a utilização dos recursos naturais e a proteção ao meio ambiente, bem como, na construção de instrumentos que normatizem as atividades potencialmente

poluidoras, cuja execução represente impacto ambiental significativo. Desta forma, torna-se fundamental para construção deste arcabouço a compreensão da Legislação Ambiental, especialmente, através da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Resoluções Normativas do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, Código Ambiental do Estado do Amapá, Plano Diretor Municipal, Estatuto das Cidades, além das Normativas Técnicas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, elaboradas para subsidiar a construção e operação de aterros sanitários.

Assim, os aspectos jurídicos institucionais que nortearão esta pesquisa para a definição de áreas para alocação de aterro sanitário, no município de Santana-AP são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Aspectos Jurídicos- Institucionais referentes a disposição de resíduos sólidos urbanos.

Normativa Jurídico-Institucional	Descrição
Política Nacional de Meio Ambiente – Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.
ABNT/NBR 10157/1987	Estabelece critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos perigosos.
Código Ambiental do Estado do Amapá - Lei Complementar Nº 005, de 18 de agosto de 1994.	Institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado do Amapá.
Resolução CONAMA Nº 04, de 09 de outubro de 1995.	Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuárias – ASAs.
ABNT/NBR 13986/1997	Estabelece critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos não perigosos.
Estatuto das Cidades - Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001.	Estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.
Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002.	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Área de Preservação Permanente.
Plano Diretor Participativo de Santana – Lei Complementar Nº 002, de 11 de outubro de 2006.	Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Santana, nos termos da Constituição Federal, Estatuto das Cidades e Lei Orgânica do Município de Santana.
Resolução CONAMA Nº 404, de 11 de novembro de 2008.	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305 de 02 de agosto do 2010.	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos.
Lei Orgânica do Município de Santana	Estabelece as normas que regem o ordenamento municipal, respeitando os princípios da Constituição Federal e da Constituição Estadual.

2.8 DIMENSIONAMENTO DE ÁREA PRELIMINAR NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO.

Para a realização dos cálculos de dimensionamento preliminar da área necessária para a instalação de um aterro sanitário municipal será utilizada a metodologia proposta por Hamada (2003); Rocha, Brito Filho e Xavier da Silva (2007), apoiada por Mesquita (1999) e Haddad (1994,1999), onde serão utilizados dados de IBGE (2010) referentes a taxa de crescimento populacional.

De acordo com Hamada (2003) e Rocha, Brito Filho e Xavier da Silva (2007) o dimensionamento da área para o aterro sanitário deve considerar algumas informações prioritárias, tais como: dados da população atual, taxa de crescimento populacional (IBGE, 2010) e vida útil do aterro sanitário (20 anos). Para tal serão calculadas: projeção da população atendida até o final da vida útil do aterro, quantidade e volume de RSU produzidos, considerando os valores de produção per capita de resíduos (MESQUITA, 1999), ou seja, a capacidade de produção de RSU por habitante, além do peso específico do RSU compactado (HADDAD, 1994, 1999) e por fim a área mínima necessária para o aterro sanitário.

Sendo assim, o dimensionamento do aterro sanitário para um município será realizado em 4 etapas distintas: a) cálculo da população; b) cálculo da produção de RSU; c) cálculo do volume de RSU produzidos e; d) cálculo da área mínima para o aterro sanitário, através da aplicação das Equações 6, 7, 8 e 9 (ROCHA; BRITO FILHO; XAVIER DA SILVA, op. cit.). Ressalta-se que o aterro sanitário de Santana será dimensionado para uma vida útil de 20 anos (2016-2036).

2.8.1 Cálculo da população municipal

Para calcular a projeção da população de um município qualquer até o ano de 2036 utiliza-se a Equação 6.

$$P_F = P_0 \cdot (1 + \alpha)^t \quad (6)$$

Onde têm-se:

P_F = População ao final da vida útil do aterro sanitário (ano 2036);

P_0 = População atual (ano 2016);

α = Taxa de crescimento anual;

t = Tempo de vida útil do aterro (20 anos).

2.8.2 Cálculo da produção de RSU municipal

Para o cálculo da produção de RSU utiliza-se a Equação 7.

$$Q = P_F \cdot P_p \quad (7)$$

Onde têm-se:

Q = Quantidade de RSU produzidos

P_F = População ao final da vida útil do aterro sanitário (ano 2036);

P_p = Produção per capita de RSU.

2.8.3 Cálculo do volume de RSU municipal

Para calcular o volume de RSU utiliza-se a Equação 8.

$$V = \frac{Q}{P_e} \quad (8)$$

Onde têm-se:

V = Volume de RSU;

Q = Quantidade de RSU produzidos;

P_e = Peso específico do RSU compactado.

2.8.4 Cálculo da área mínima para o aterro sanitário municipal

Para calcular a área mínima necessária para a instalação do aterro sanitário utiliza-se a Equação 9.

$$A = \frac{V}{H \text{ max}}$$

(9)

Onde têm-se:

A = Área mínima para a instalação do aterro sanitário;

V = Volume de RSU produzidos;

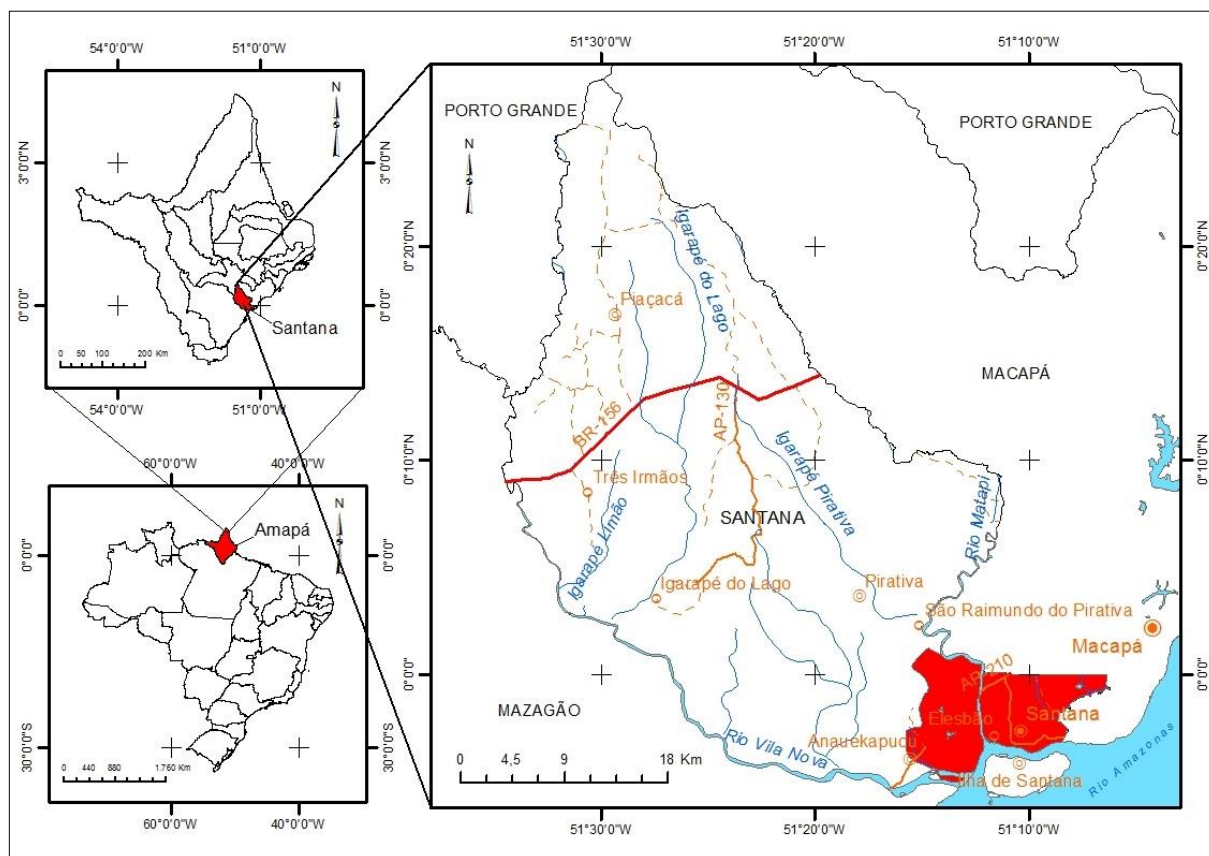
H máx. = Altura máxima da célula de recebimento de RSU.

3 ÁREA DE ESTUDO

O município de Santana está localizado na região sudeste do Estado do Amapá, entre as coordenadas geográficas 00°28'23,15" latitude N, e 51°30'04,37" longitude W e 00°05'50,08" latitude S e 51°07'05,91" de longitude W Gr. As divisas municipais confrontam-se com os municípios de Macapá, a nordeste, Porto Grande, a noroeste, Mazagão, ao sul, sudoeste. Destaca-se que parte da região sudeste do município é banhada pela foz do rio Amazonas.

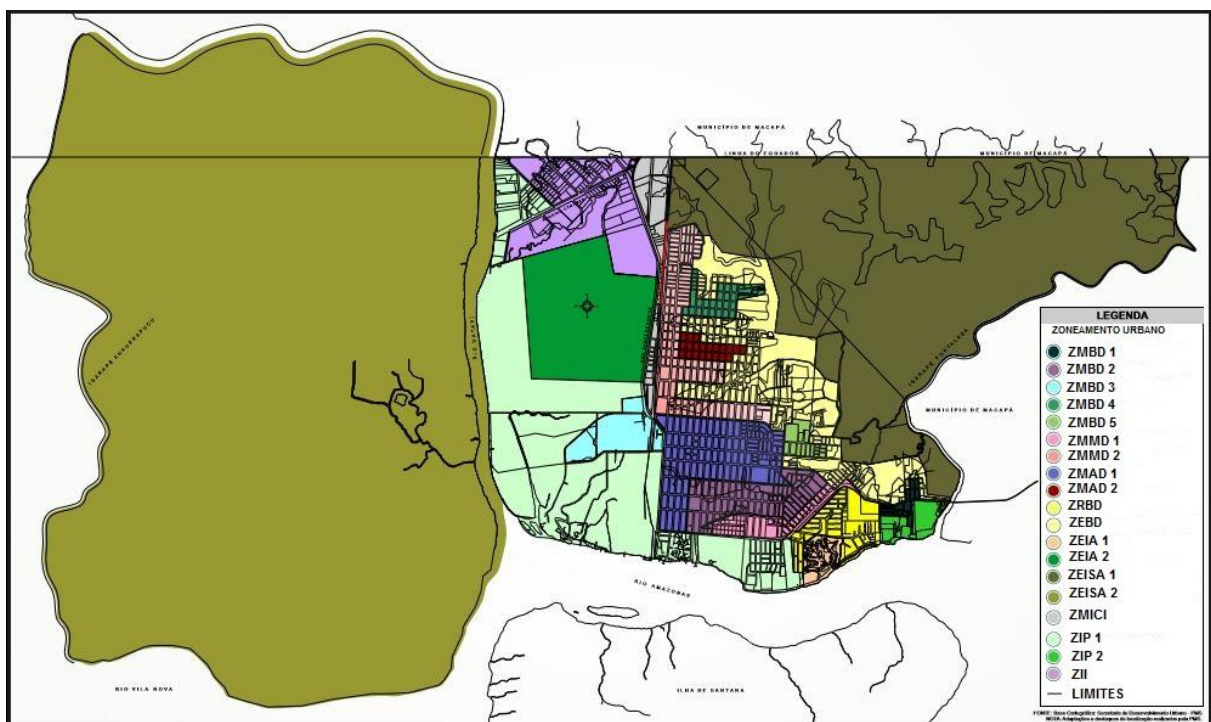
O acesso ao município de Santana pode ser realizado pelas vias rodoviária e fluvial. O acesso rodoviário é realizado através das rodovias Juscelino Kubitschek, BR-156 e AP-020. O acesso via fluvial pode ser realizado através dos rios Amazonas, Matapi e Vila Nova. A Figura 11 ilustra a localização geográfica do município de Santana, em relação ao Estado do Amapá e suas interações com os municípios vizinhos de Macapá, Mazagão e Porto Grande.

Figura 11 - Localização geográfica do município de Santana no contexto nacional e regional, com destaque para o centro urbano de Santana, poligonal em vermelho.



A Macrozona Urbana compreende a área urbana do município, que, de acordo com a definição de Zonas de Interesse, subdivide-se em 10 Zonas distintas: Zona Mista de Baixa Densidade (ZMBD); Zona Mista de Média Densidade (ZMMD); Zona Mista de Alta Densidade (ZMAD); Zona Residencial de Baixa Densidade (ZRBD); Zona Especial de Baixa Densidade (ZEBD); Zona Especial de Interesse Social e Ambiental (ZEISA); Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA); Zona de Interesse Portuário (ZIP); Zona Mista de Interesse Comercial e Industrial (ZMICI) e Zona de Interesse Industrial (ZII). A Figura 13 ilustra o mapa do PDPMS com a delimitação do zoneamento urbano municipal.

Figura 13 - Zoneamento Urbano do município de Santana.



Fonte: PDPMS (2006).

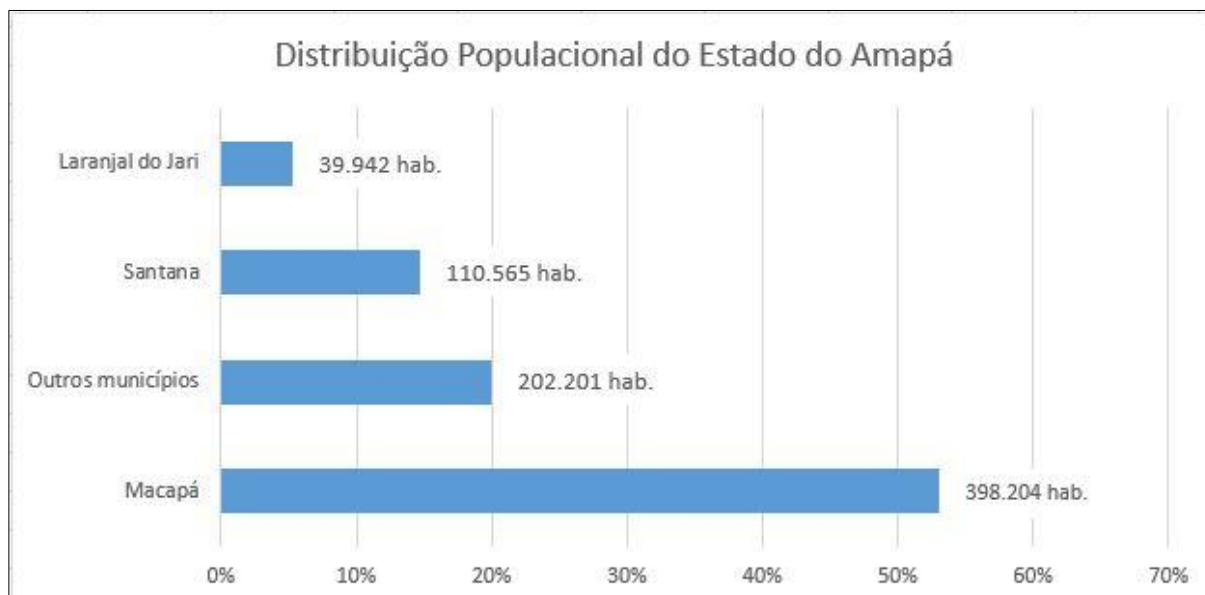
A Macrozona Rural compreende as demais áreas do território municipal, exceto a delimitação da Macrozona Urbana (vide Fig. 11). Esta Macrozona é composta pelos 5 distritos municipais de Santana, denominados: Distrito do Anauerapucu, Igarapé do Lago, Ilha de Santana, Piaçacá e Pirativa. No PDPMS, os distritos municipais de Santana são denominados de Zonas Especiais de Interesse Ocupacional - ZEIO, para qual recebem a seguinte classificação: Zona Especial de Interesse Ocupacional do Distrito do Anauerapucu (ZEIO 01); Zona Especial de Interesse Ocupacional do Distrito de Igarapé do Lago (ZEIO 02); Zona Especial de

Interesse Ocupacional do Distrito de Ilha de Santana (ZEIO 03); Zona Especial de Interesse Ocupacional do Distrito de Piaçacá (ZEIO 04) e Zona Especial de Interesse Ocupacional do Distrito de Pirativa (ZEIO 05).

De acordo com os dados de IBGE (2010), o município apresenta área territorial de 1.579,608 km², densidade demográfica de 64,11 hab/km², cuja população estimada no ano de 2014 corresponde a um total de 110.565 habitantes.

Considerando a distribuição espacial da população amapaense, que totaliza 750.912 habitantes, o município de Santana possui o segundo maior percentual de ocupação demográfica, correspondente a 14,72 % da população do estado ou 110.565 habitantes. Destaca-se que os municípios com maior percentual da ocupação demográfica são Macapá (53,02%), Santana (14,72%) e Laranjal do Jari (5,32%) (IBGE, 2010). A Figura 14 ilustra a distribuição espacial da população amapaense, incluindo a população do município de Santana.

Figura 14 - Distribuição espacial da população amapaense, incluindo o município de Santana com 110.565 habitantes ou 14,72% da população total.



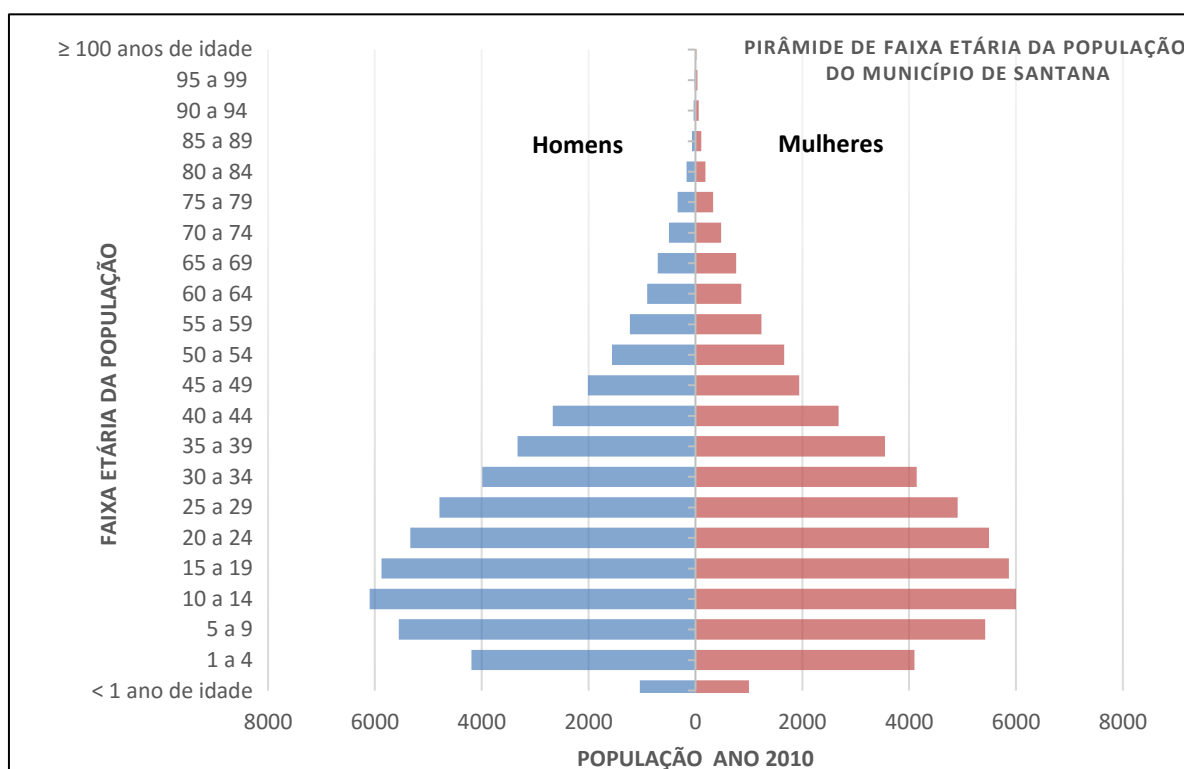
Fonte: IBGE (2010).

A população do município de Santana é predominantemente urbana, tendo em vista que, 99% da população reside em área urbana, e apenas 1% reside em área rural (IBGE, 2010). Esta configuração é justificada pelo elevado índice de densidade demográfica (907 hab/Km²) identificada na Macrozona Urbana (vide Fig.

55, pagina 166) que concentra a maior parcela da população municipal nos centros urbanos. Esta relação é obtida através da comparação de valores de densidade demográfica obtidos para a Macrozona Urbana e a Macrozona Rural do Município de Santana, composta por 5 Distritos Municipais: Anauerapucu, Igarapé do Lago, Piaçacá, Pirativa e Ilha de Santana.

A distribuição espacial dos indicadores sociais, tais como: sexo e idade revelam que 50,3% da população do município de Santana pertence ao sexo feminino e 49,7% pertencem ao sexo masculino. Considerando a sua distribuição por faixa etária, a população de Santana é composta, em sua maioria, por indivíduos jovens, de faixa etária inferior a 20 anos de idade. A Figura 15 apresenta as informações de distribuição espacial, representadas por faixa etária e sexo, da população do município de Santana, com base nos dados apresentados pelo IBGE (2010).

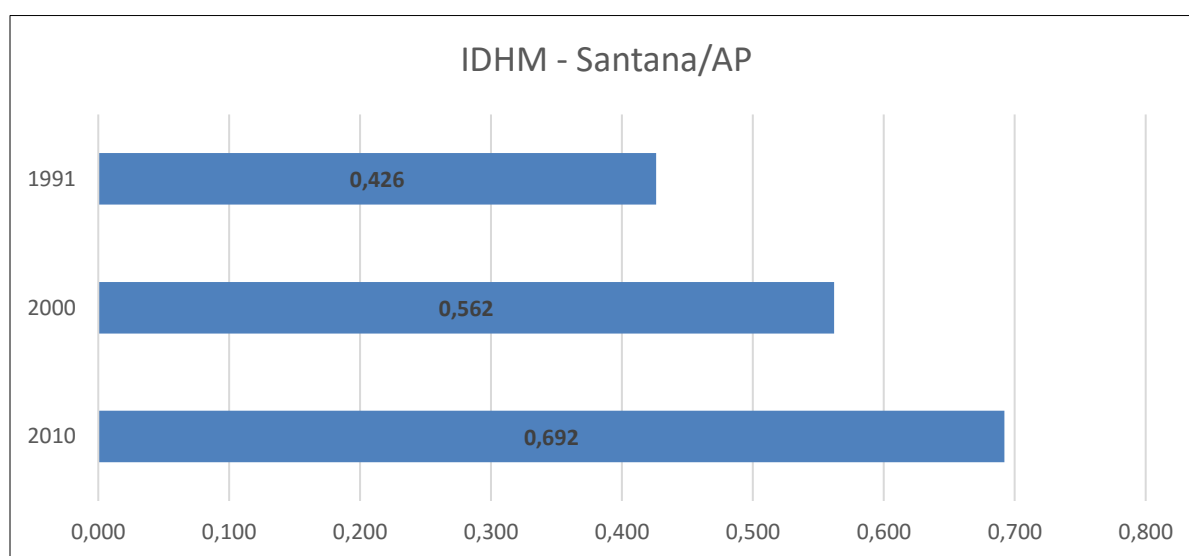
Figura 15 - Pirâmide de faixa etária da população do município de Santana.



Fonte: (IBGE, 2010)

De acordo com os dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM identificados para o município de Santana, durante os anos de 1991, 2000 e 2010, correspondem, respectivamente, aos valores de 0,426; 0,562 e 0,692 pontos (PNUD, 2013). Estes resultados demonstram que, durante o período de 29 anos, os IDHM de Santana tiveram um crescimento de 0,266 pontos, o que representa um salto no IDHM de um nível muito baixo para um nível médio. A Figura 16 apresenta estes resultados da avaliação do IDHM para o município de Santana durante os anos de 1991 a 2010.

Figura 16 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal registrados no município de Santana durante os anos de 1991, 2000 e 2010.



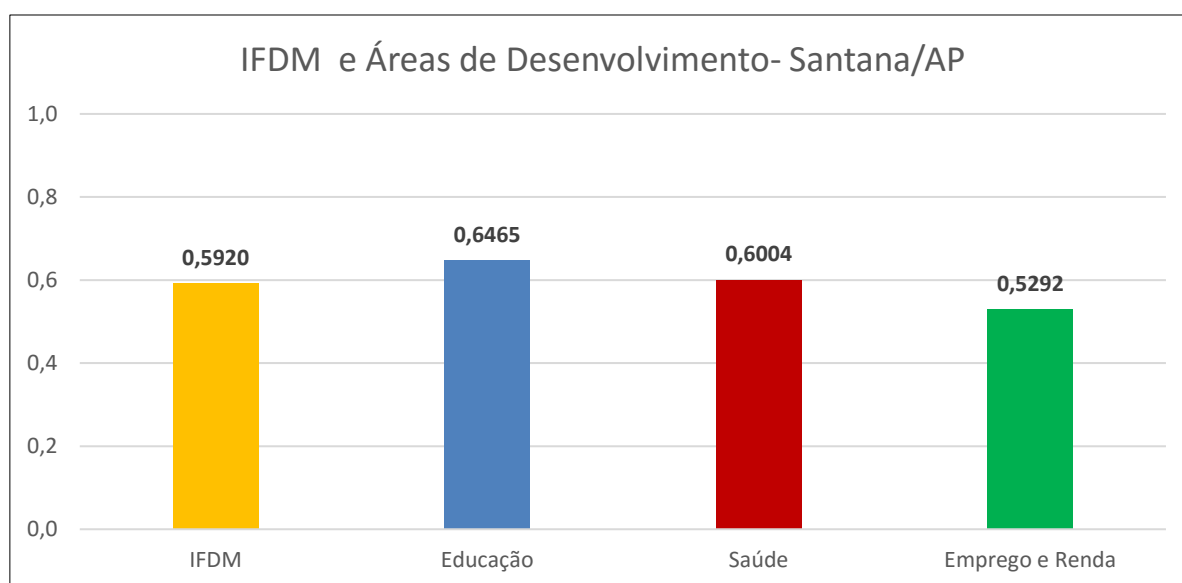
Fonte: PNUD (2013).

Considera-se para o cálculo do valor de IDHM a metodologia composta pela avaliação de três componentes principais: longevidade (saúde), acesso ao conhecimento (educação) e padrão de vida (renda). Os resultados refletem a indicação de cenários baseados na perspectiva de desenvolvimento social e não refletem, necessariamente, condições de crescimento econômico.

Em análise similar, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro - FIRJAN apresenta a avaliação do desenvolvimento municipal dos municípios brasileiros através do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM. Nesta avaliação o município de Santana apresenta o valor de 0,5920 pontos, em uma escala que varia de 0 a 1 ponto (FIRJAN, 2014). Este valor representa uma indicação de desenvolvimento regular, a partir da análise de diferentes áreas de desenvolvimento

referentes a educação, saúde, emprego e renda da população do município de Santana. A Figura 17 apresenta o índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal e as áreas de desenvolvimento consideradas para a análise do município de Santana.

Figura 17 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal e Áreas de Desenvolvimento do município de Santana-AP.



Fonte: (FIRJAN, 2014).

No contexto estadual, o município de Santana ocupa a terceira posição no “ranking” de desenvolvimento municipal, ano base de 2011, sendo superado pelos municípios de Ferreira Gomes e Macapá que possuem, respectivamente, os valores de IFDM correspondentes a 0,6084 e 0,6374 pontos (FIRJAN, 2014). Estes municípios apresentam um nível de desenvolvimento moderado enquanto que o município de Santana apresenta nível de desenvolvimento regular.

De acordo com os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, as condições de saneamento básico no município de Santana são precárias, visto que, do total de 24.786 domicílios permanentes apenas 46,65% ou 11.564 domicílios dispõem de acesso ao sistema de abastecimento e tratamento de água fornecido pelo poder público estadual, e somente 2,76 % ou 684 domicílios dispõem de rede de esgotamento sanitário (IBGE, 2008). O município de Santana dispõe de serviço de coleta de resíduo sólido domiciliar, entretanto, não foi possível identificar dados consistentes quanto a disponibilidade dos serviços de coleta domiciliar para a população de Santana, e as taxas de eficiência da coleta dos RSU.

O município de Santana é responsável pela produção média de 80 toneladas de RSU por dia, este valor representa quase que 3 vezes a quantidade de RSU produzidos no ano de 2001, quando foram gerados em média 30 toneladas por dia, por uma população de 75.629 habitantes (SEMA/GTZ, 2001). Os procedimentos de coleta são realizados por empresas terceirizadas especializadas, contratada pelo poder público municipal para execução deste serviço, e a destinação final dos RSU é o aterro “semi-controlado” de Macapá (RUMOS, 2014).

3.1 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE SANTANA

O município de Santana é responsável pela produção média de 80 toneladas de RSU por dia (RUMOS, 2014). O gerenciamento dos RSU é realizado pelo poder público municipal através da contratação de empresas terceirizadas, responsáveis pela realização das etapas de coleta, transporte, acondicionamento e destinação final adequada. Entretanto, o município de Santana ainda realiza a disposição final dos RSU, de forma inadequada, na área denominada de Lixeira Pública. Esta área corresponde a um lixão a céu aberto e não dispõe de nenhum mecanismo de controle ambiental.

De acordo com a PNRS, os municípios brasileiros devem realizar a disposição final adequada dos RSU, para tal, devem realizar a substituição dos lixões a céu pelo aterro sanitário. Contudo, o município de Santana encontra dificuldades para adequação a PNRS, visto que ainda não dispõe de um aterro sanitário para a disposição adequada dos RSU.

A destinação adequada dos RSU não é apenas um problema do município de Santana. Este problema também é recorrente na maioria dos municípios amapaenses, pois dos 16 municípios do Estado do Amapá, apenas o município de Macapá dispõe de uma área cujas características aproximam-se de um aterro controlado para disposição final dos RSU, sendo que os demais municípios continuam realizando a disposição inadequada dos RSU em lixões a céu aberto (CEI, 2009) e (GRAÇA, 2013).

Considerando que a área utilizada para disposição final do RSU localizada no município de Macapá não dispõe de todos os mecanismos e exigências técnicas necessárias para ser considerado um aterro controlado, conforme já apresentado no item 2.3. (Vide p. 51), tendo em vista a ausência de processos de tratamento de chorume e biogás, bem como a disposição de valas de infiltração e reutilização de efluentes. Desta forma, para melhor compreensão, nesta pesquisa adota-se a substituição do termo aterro controlado por aterro semi-controlado de Macapá.

No caso de Santana é importante resgatar que a Lixeira Pública localizada no Distrito Industrial do município foi criada no ano de 1980, a partir das recomendações do Relatório Institucional do Convênio nº 0056674-37/97 – MPO/CF, elaborado pela Prefeitura Municipal de Santana e apresentado como justificativa técnica ao Ministério Público do Estado do Amapá – MPE em março de 2009 (GRAÇA, op. cit). Esta alternativa foi considerada, na época, a melhor solução, visto que, no ano de 1980, a população de Santana, que ainda era considerada distrito do município de Macapá, era de aproximadamente 30.000 habitantes e a área proposta para a localização da Lixeira Pública ficava a cerca de 5 km de distância da Zona Urbana.

Entretanto, face ao processo de expansão urbana e crescimento populacional iniciado durante as décadas de 80, especialmente na década de 90, a partir da criação do município de Santana em 1987, as áreas próximas a Lixeira Pública começaram a ser ocupadas de forma desordenada. Este fato, juntamente com o descaso da administração pública favoreceu o surgimento de problemas socioambientais relacionados a ausência de saneamento básico, propagação de doenças e ocupação irregular das áreas de ressaca, com conseqüente degradação ao meio ambiente.

Para sanar o problema da disposição inadequada dos RSU pelos municípios de Macapá e Santana, no ano de 2005, foi firmado um Termo de Ajustamento de Conduta – TAC entre o Ministério Público do Estado do Amapá e os municípios de Macapá e Santana, com o objetivo de iniciar a regularização do manejo e destinação adequada dos RSU (CEI, 2009), que foi complementada posteriormente através do TAC nº 003/2009 para abranger os Resíduos de Serviços de Saúde – RSS,

conforme destaca Maders (2013). Entre as ações previstas no TAC estão a remediação da lixeira pública de Macapá para transformação em aterro sanitário, além da utilização de forma consorciada do aterro para a disposição final dos RSU de Macapá e Santana. Esta ação foi formalizada através do Termo de Cooperação firmado entre os municípios de Macapá e Santana para utilização do aterro semi-controlado de Macapá, conforme será discutido adiante.

O gerenciamento do “aterro semi-controlado de Macapá” (ver p. 86) é realizado pela empresa Rumos Engenharia Ambiental Ltda., através da assinatura do Contrato de Prestação de Serviços nº 015/2008 entre a Prefeitura Municipal de Macapá e a concessionária, pelo período de 25 anos. De acordo com a concessionária, o “aterro semi-controlado de Macapá” possui a sua capacidade de operação estimada até o ano de 2027 (LEAL, 2012).

Em atendimento as diversas reclamações sobre a destinação inadequada dos RSU no município de Santana, em agosto de 2008, o MPE realizou uma vistoria na Lixeira Pública de Santana para avaliar as condições ambientais na área utilizada para disposição dos RSU, bem como identificar os impactos ambientais decorrentes da atividade (GRAÇA, 2013). Nesta vistoria foram identificadas várias inconformidades que evidenciam a falta de planejamento técnico e gerencial da administração municipal de Santana em promover as ações de gerenciamento adequado dos RSU.

Como resultado das ações realizadas pelo MPE foi estabelecido a Prefeitura Municipal de Santana realizar o fechamento e a remedição ambiental da Lixeira Pública de Santana, assim como, autorizou o município de Santana a apresentar proposta para o uso consorciado da área do aterro controlado de Macapá para promover a disposição adequada dos RSU em adequação a PNRS.

Destaca-se que, desde o ano 2001, já existia a intenção de criação de uma proposta de gestão consorciada dos RSU pelos municípios de Macapá e Santana. Esta proposta foi consolidada a partir da criação da Lei Municipal nº 745/2006 (GRAÇA, op. cit.) e do Termo de Cooperação firmado entre os municípios de Macapá e Santana para a utilização do aterro controlado de Macapá, conforme será apresentado adiante.

Para o atendimento do processo de fechamento e remediação da Lixeira Pública de Santana foi firmado o convênio nº 0056674-37/97 – MPO/CF entre a Prefeitura Municipal de Santana e o Governo Federal para o qual foram liberados o montante de R\$ 846.726, 46 (oitocentos e quarenta e seis mil, setecentos e vinte e seis reais e quarenta e seis centavos) (GRAÇA, op. cit), sendo que até o ano de 2016 nada foi executado. Para representar o Governo Federal no Estado do Amapá, a empresa ELETRONORTE foi designada para realizar as ações de gestão e execução das obras de remediação da Lixeira Pública de Santana.

Cabe destacar que até o ano de 2013, todos os RSU gerados no município de Santana eram destinados de forma inadequada, à céu aberto, na Lixeira Pública localizada no Distrito Industrial do município (vide Figuras 18 e 19). Esta condição inadequada de disposição foi responsável pela ocorrência de diversos problemas ambientais, a exemplo da contaminação do solo e dos mananciais em decorrência da percolação do “chorume”, propagação de vetores causadores de doenças, poluição do ar, entre outros, causados pela utilização inadequada dos recursos naturais, sem a adoção de medidas de controle e proteção ambiental. As Figuras 18 e 19 ilustram a condições estruturais da antiga Lixeira Pública de Santana, desativada em 2014.

Figura 18 – Aves de rapina na Lixeira pública do município de Santana.



Fonte: [Lixeira Santana].[2014].1 fotografia, color. Altura 6,02 x 8,1cm, 12,6 kb. Formato JPEG. Disponível em:<
<http://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2013/11/lixeira-publica-de-santana-vai-ser-desativada-em-2014-diz-prefeitura.html>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

Figura 19 - Lixeira pública do município de Santana.



Fonte: [Lixeira Santana].[2014].1 fotografia, color. Altura 6,02 x 8,1cm, 12,6 kb. Formato JPEG. Disponível em:<
<http://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2013/11/lixeira-publica-de-santana-vai-ser-desativada-em-2014-diz-prefeitura.html>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

Destaca-se também, os problemas sociais decorrentes do surgimento de catadores de resíduos, que quase sempre, estão submetidos as condições insalubres de trabalho, tornando-se vulneráveis a qualquer tipo de enfermidade, por exemplo: doenças respiratórias, infecções gastro-intestinais provocadas pela ingestão de água e alimentos contaminados, tétano, leptospirose, febre tifoide, dengue, malária, parasitoses diversas, entre outras.

Após 20 anos de uso, em janeiro de 2014 a Lixeira Pública de Santana foi desativada. A medida foi para atender a PNRS que impôs aos municípios que apresentam lixões a céu aberto a transformação destes em aterro sanitário (SANTIAGO, 2013). Para este processo de desmobilização, a Prefeitura Municipal de Santana estabeleceu um termo de cooperação com a empresa ELETRONORTE, através do qual foi definido a elaboração de um projeto de remediação ambiental, a ser implantado na área desativada da antiga Lixeira Pública. A execução deste projeto é de responsabilidade da ELETRONORTE, cabe a Prefeitura Municipal de Santana, após a execução das ações de remediação ambiental, realizar o fechamento da área ou a proposição de utilização para outros usos, exceto para nova disposição de resíduos sólidos. Infelizmente, durante o ano de 2015, em função de problemas operacionais e financeiros, o projeto de remediação ambiental da antiga Lixeira Pública foi paralisado sem a previsão de retorno das atividades.

Segundo informação prestada ao Portal de Notícias G1 (SANTIAGO, 2013), o então secretário de Obras de Santana Alfredo Botelho relata que na sede do município de Santana não há nenhuma área apropriada para suportar um aterro sanitário. Tendo em vista o fechamento da Lixeira Pública em janeiro de 2014, desde então o município de Santana ficou desprovido de uma área para disposição final ambientalmente adequada dos RSU produzidos diariamente por sua população.

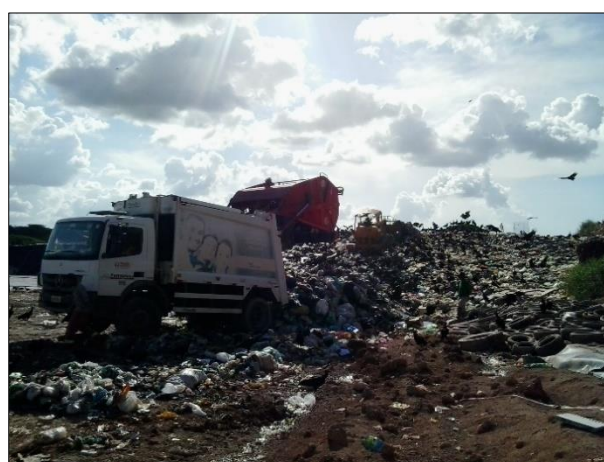
Atualmente, os RSU gerados no município são coletados pelo poder público municipal através de caminhões coletores de empresa terceirizada e destinados ao “aterro semi-controlado de Macapá”, município vizinho localizado a 17 km de distância (vide Figuras 20 e 21). Trata-se de uma alternativa emergencial tornando-se viável através da assinatura de um Termo de Compromisso para uso consorciado do aterro semi-controlado de Macapá firmado em abril de 2014 entre os dois municípios (GUIMARÃES, 2014).

Figura 20 – Acesso principal ao aterro semi-controlado de Macapá.



Fonte: Valter Avelar (2015).

Figura 21 – Disposição de RSU realizada por caminhão coletor.



Fonte: Lorena Matos (2015)

Ressalta-se que o Termo de Compromisso firmado, em março de 2014, entre os municípios de Macapá e Santana possui período de vigência de 02 anos, e portanto, apresenta-se como uma medida paliativa adotada pelo poder público municipal para evidenciar o cumprimento temporário da exigência estabelecida pela PNRS, Lei N° 12.305/2010, que determina a substituição dos lixões à céu aberto pelos aterros sanitários. Tal fato não pode ser considerado como solução para o problema da destinação final adequada dos RSU produzidos pelo município de Santana. As Figuras 22, 23, 24 e 25 ilustram as atuais condições estruturais do aterro semi-controlado de Macapá.

Figura 24 – Disposição inadequada de RSU no aterro semi-controlado.



Fonte: Valter Avelar (2015).

Figura 23 – Disposição inadequada de RSU com a presença de aves de rapina.



Fonte: Valter Avelar (2015).

Figura 22 – RSU dispostos de forma inadequada no aterro semi-controlado de Macapá.



Fonte: Lorena Matos (2015).

Figura 25 – Áreas sem sinalização adequada para disposição de RSU no aterro semi-controlado.



Fonte: Lorena Matos (2015).

Inicialmente a PNRS estabeleceu o prazo de até agosto de 2014 para que os municípios realizassem a substituição dos lixões a céu aberto pelo aterro sanitário. Entretanto, após o término deste prazo, o município de Santana ainda não se adequou à PNRS e ainda sequer conta com área locacional em seu município para a disposição final dos RSU. Desta forma, o município de Santana, ainda em 2016, não conta com aterro sanitário, nem tão pouco área para disposição final de seus RSU, resultando em problemas socioambientais em desacordo com princípios constitucionais e políticas públicas conforme apresentados por Graça (2013).

Face ao conjunto de dificuldades econômicas, operacionais e gerenciais encontradas pela maioria dos municípios brasileiros para a substituição dos lixões a céu aberto pelo aterro sanitário, o Senado Brasileiro aprovou, através do Parecer N° 385/2015, em 01/07/2015, Projeto de Lei N° 425/2014 que prorrogou o prazo dado aos municípios brasileiros para adequação à disposição final ambientalmente adequada dos RSU e a elaboração dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos – PERS e os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS.

Com a dilatação do prazo, as capitais estaduais, incluindo o Distrito Federal, e municípios integrantes das regiões metropolitanas terão até o dia 31 de julho de 2018, para estar em conformidade com as ações proposta pela PNRS.

Para os municípios com população superior a 100.000 habitantes, exceto as capitais estaduais e municípios da região metropolitana, com base nos dados do Censo 2010, ou com sede municipal localizada a menos de 20 km de fronteira internacional, este prazo é até o ano de 2019. Os municípios com população entre 50.000 e 100.000 habitantes, base Censo 2010, terão prazo até o ano de 2020, e os municípios com população inferior a 50.000 habitantes, base Censo 2010, terão até o dia 31 de julho de 2021 para implementar as ações propostas pela PNRS.

Considerando a nova proposição de prazo, e em face de sua população ser superior a 100.000 habitantes, o município de Santana terá até o dia 31 de julho de 2019 para implementar o aterro sanitário em sua área municipal.

No contexto regional ressalta-se que, apesar da existência do Plano Diretor Participativo do Município de Santana - PDPMS, elaborado no ano de 2006, e este ser, o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano do município, não há previsão, no referido PDPMS, de nenhuma indicação de alternativa para implantação de Aterro Sanitário. O PDPMS apenas considera a possibilidade de elaborar e implementar um Sistema Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos dentre as diretrizes da Política de Saneamento Ambiental, que até o momento não foi realizado, no entanto, não prevê nenhuma forma de disposição final dos RSU.

Assim, torna-se necessário investigar as potencialidades para alocação de área para implantação de aterro sanitário no município de Santana, visto que, o município apresenta áreas potenciais para diversos usos (industrial, residencial, portuário, ambiental, etc.), onde devem ser considerados os aspectos econômicos, sociais e ambientais que permitam a sua viabilidade, como forma de solucionar a problemática relacionada à disposição inadequada dos RSU e potencializar mecanismos de desenvolvimento regional a partir do gerenciamento adequado dos RSU.

4 MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

O Método de Pesquisa Aplicada (MPA) utilizando multicritérios será a estratégia utilizada para nortear o desenvolvimento deste projeto de pesquisa. Este método objetiva a geração de conhecimentos para aplicação prática e que possam ser utilizados como alternativas para a solução de problemas específicos, tais como: definição de alternativas locais para disposição de resíduos sólidos, análise de riscos ambientais, definição de rotas de transporte público, eficiência energética, dentre outros. Para Lakatos e Marconi (2008), o MPA caracteriza-se pelo interesse prático, onde os resultados possam ser aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade.

De acordo com Rodrigues (2007), a Pesquisa Aplicada tem como objetivo investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos. A utilização deste método pretende investigar a existência de alternativas locais para disposição de resíduos sólidos e a sua aplicabilidade no contexto real. A análise será realizada através de um processo sistematizado de comparação de critérios, possibilitando a organização dos dados para a realização de avaliações preliminares, que ao longo da pesquisa serão ajustadas para a discussão e validação dos resultados. Para subsidiar a pesquisa serão utilizadas técnicas específicas: Pesquisas bibliográficas, levantamentos de campo, utilização de técnicas de geoprocessamento e SIG para elaboração de mapas temáticos, entre outras relacionadas.

4.1 QUANTO AO OBJETIVO:

A pesquisa será do tipo Explicativa/Descritiva/Exploratória seguindo Gil (2008), caracterizada por: 1) Identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade de modo a explicar a razão, o porquê das coisas; 2) Descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis; 3) Caracterizar um tema pouco conhecido e explorado. De modo que seja possível maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito para construção de hipóteses que possibilitem a solução de problemas.

4.2 QUANTO A ABORDAGEM:

A pesquisa será do tipo Quantitativa/Qualitativa na proposição de Kauark, Manhães e Medeiros (2010), caracterizada por: 1) Considerar o que pode ser quantificável, traduzindo em números, opiniões e informações para classificá-las; 2) Existência de uma relação dinâmica entre o sujeito e o mundo real, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não podem ser traduzido em números. Para Rodrigues (2007), a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa.

O projeto de pesquisa será desenvolvido a partir da coleta de dados quantitativos, tais como: população atual e estimada do município de Santana até o final da vida útil do aterro sanitário, volume de RSU produzidos, área mínima para instalação do aterro sanitário, que posteriormente, serão analisados qualitativamente. Logo, optou-se pela perspectiva da pesquisa qualitativa com dados quantitativos.

4.3 ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

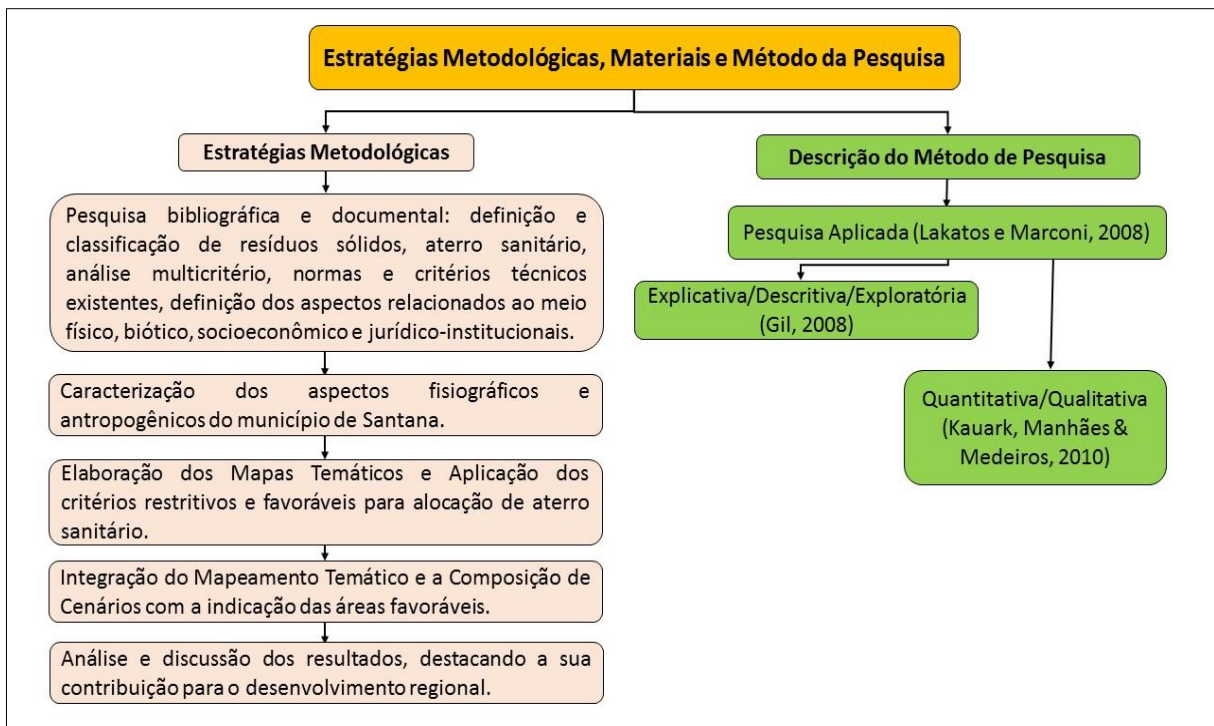
Após a definição e caracterização dos conceitos e das técnicas específicas apresentadas pelo Método da Pesquisa Aplicada, faz-se necessário descrever as estratégias conceituais e metodológicas que servirão de base para subsidiar a investigação proposta. Desta forma, as estratégias metodológicas a serem adotadas nesta pesquisa são estruturadas na seguinte ordem:

- 1) Pesquisa bibliográfica e documental: definição e classificação de resíduos sólidos, aterro sanitário, análise multicritério, normas e critérios técnicos existentes, definição dos aspectos relacionados ao meio físico, biótico, socioeconômico e jurídico-institucionais.
- 2) Caracterização dos aspectos fisiográficos e antropogênicos do município de Santana.
- 3) Elaboração dos mapas temáticos e aplicação dos critérios restritivos e favoráveis para alocação de aterro sanitário.

- 4) Integração do mapeamento temático e a composição de cenários com a indicação das áreas favoráveis.
- 5) Análise e discussão dos resultados, destacando a sua contribuição para o desenvolvimento regional.

Assim, as estratégias utilizadas como forma de abordagem do conteúdo proposto pela pesquisa são apresentadas na Figura 26.

Figura 26 - Estratégias Metodológicas, Materiais e Método de Pesquisa, seguindo dispostos em diferentes autores (GIL, 2008; LAKATOS e MARCONI, 2008; KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

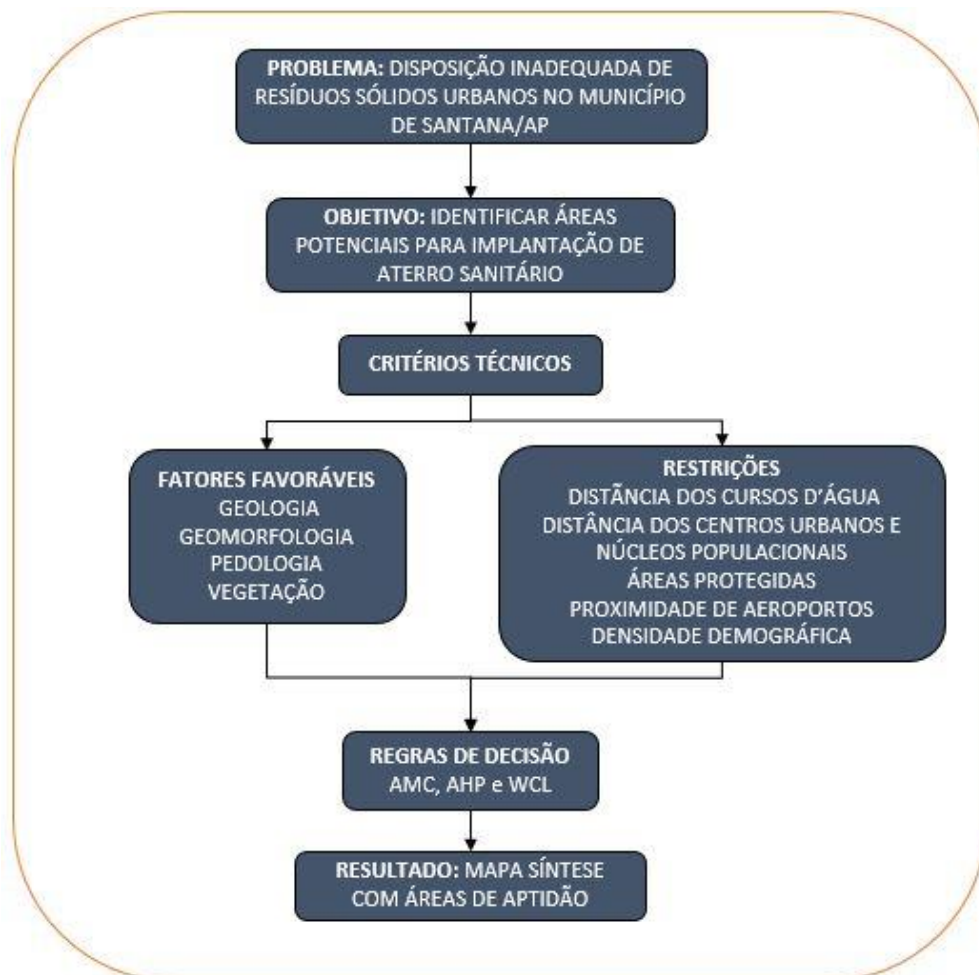


4.4 QUANTO AO PROCEDIMENTO:

O procedimento utilizado para identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana será balizado pelo conjunto de ações estabelecidas pela Análise Multicritério - AMC (VOOGD, 1983; NIJKAMP e VOOGD, 1983; EASTMAN, 1998; RAMOS e MENDES, 2001), complementada pela Análise Hierárquica de Processos – AHP (SAATY, 1980).

Inicialmente, deve-se considerar a composição das estruturas de suporte apresentadas pela AMC para auxiliar os processos de tomada de decisão. Para isso, torna-se necessário definir os seguintes aspectos: definição do problema, objetivo da análise, critérios técnicos adotados (Fatores e Restrições), regras de decisão e resultados. Estas estruturas de suporte são ilustradas na Figura 27. Vale lembrar que, conforme discutido no item 2.6 (p. 69), o termo Fator é utilizado como algo favorável, no sentido de indicar aptidão positiva para análise (EASTMAN, 1998).

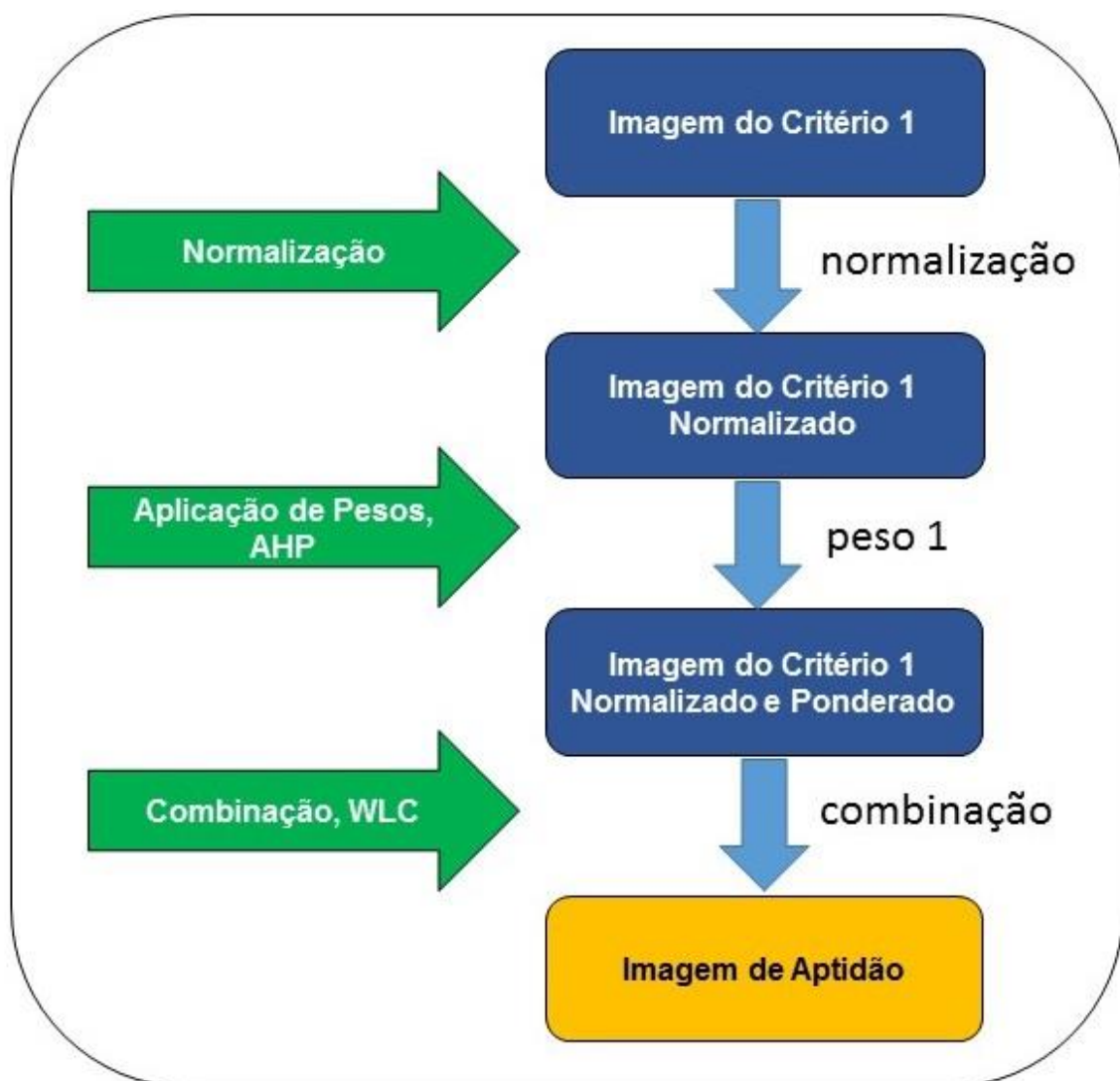
Figura 27 - Estruturas de Suporte adotadas pela AMC para composição de processos de tomada de decisão.



Estes procedimentos são realizados em três etapas distintas: normalização dos critérios ponderáveis, atribuição de pesos aos critérios e agregação (combinação) dos critérios, tendo como resultado um produto cartográfico síntese com a indicação das áreas potenciais para alocação de aterro sanitário.

Para suporte do método e sua aplicação em ambiente de Sistema de Informações Geográficas - SIG, Ramos e Mendes (2001) propõem um modelo de avaliação estruturado por níveis hierárquicos de análise, definidos dentro de cada grupo de critérios. Este conjunto de critérios são processados em ambiente SIG de acordo com os procedimentos de normalização, aplicação de pesos ponderados e combinação. O modelo de avaliação estruturado por níveis hierárquicos é apresentado na Figura 28.

Figura 28 - Modelo de Avaliação Estruturado por Nível Hierárquico de Análise. Modificado de Ramos e Mendes (2001).



Destaca-se que na presente pesquisa será utilizado apenas um cenário de avaliação, onde serão considerados os critérios técnicos utilizados para alocação de áreas para aterro sanitário. Deste modo, adota-se apenas parte do modelo de avaliação apresentado por Ramos e Mendes (2001).

Neste contexto, destaca-se as contribuições de Eastman (1998), no que se refere as possibilidades de otimização dos processos de avaliação e planejamento ambiental a partir do uso do geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográficas – SIG como ferramenta de apoio aos processos de decisão.

Para facilitar a aplicação do método proposto utiliza-se o geoprocessamento como ferramenta operacional, tendo em vista, a sua reconhecida eficácia neste campo de atuação.

Destaca-se que os procedimentos que envolvem a aplicação do geoprocessamento, SIG, e a elaboração dos mapas temáticos foram realizados através da utilização do software ArcGIS, versão 10.1, da fabricante *Environmental Systems Research Institute* - ESRI.

Para a aplicação da Análise Multicritério – AMC e da Análise Hierárquica de Processos – AHP foram utilizados os módulos de apoio à decisão MCE e WEIGHT do software de modelagem espacial IDRISI, versão 16.03 Taiga, desenvolvido pela *Clark Labs* no ano de 2010.

Portanto, para a aplicação do geoprocessamento em ambiente SIG utiliza-se os seguintes procedimentos:

- 1) Levantamento das Bases Cartográficas existentes em órgãos oficiais (CPRM, IBGE, MMA, INDE, INPE);
- 2) Ajustes de conversão para compatibilidade cartográfica (DATUM SIRGAS 2000);
- 3) Elaboração dos Mapas Temáticos (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, distância dos cursos d'água, distância dos centros urbanos e núcleos populacionais, áreas protegidas, proximidade de aeroportos e densidade demográfica) e Aplicação dos critérios restritivos e favoráveis (Figura 27) para alocação de aterro sanitário, considerando a aplicação da Análise Multicritério – AMC e da Análise Hierárquica de Processos – AHP;

- 4) Integração do Mapeamento Temático e a Composição de Cenários com a indicação das áreas favoráveis;
- 5) Elaboração do Mapa Síntese com as áreas de aptidão, potencialmente, favoráveis para a implantação de um aterro Sanitário.

Para facilitar a compreensão e elucidar as questões referentes a aplicação do método, apresenta-se, a seguir, a descrição dos principais procedimentos realizados, anteriormente elencados.

4.4.1 Levantamento das bases cartográficas existentes

As informações utilizadas referentes as bases cartográficas disponibilizadas para o Estado do Amapá foram subsidiadas pelas seguintes instituições governamentais:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, dados extraídos da Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala de 1:250.000;
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, dados extraídos da base GEOBANK, escala 1:250.000;
- Ministério do Meio Ambiente – MMA, dados extraídos da Base Cartográfica Digital da Amazônia Legal, escala 1.100.000;
- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, dados extraídos do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais, escalas 1.100.000 e 1:250.000;
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, dados extraídos do Projeto TerraClass, escala 1:250.000;
- Instituto do Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá – IMAO, escala 1:250.000;
- Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/AP, escala 1:250.000;
- Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA, dados extraídos dos Projetos GERCO e ZEE, escalas 1:100.000 e 1:250.000.

Destaca-se que os mapas temáticos elaborados durante a pesquisa foram construídos em escala cartográfica de 1:300.000, em função da compatibilização de dados utilizados com os dados disponibilizados pelas instituições oficiais.

4.4.2 Ajustes de conversão para compatibilidade cartográfica

Nesta etapa, aplica-se técnicas de geoprocessamento (Correção Topológica, Mudanças de Projeção, Ajustes da Datum, etc.) em todos os arquivos vetoriais (shapefiles) e matriciais (rasters) para a compatibilização das informações, e correções de possíveis erros associados a inconformidades de formatos e padrões cartográficos utilizados.

Destaca-se que, para a compatibilização dos mapas em ambiente SIG, esta pesquisa adota como padronização cartográfica oficial o Datum SIRGAS 2000, padrão oficial dos mapas do Brasil, a partir de janeiro de 2015.

Segundo a Resolução N° 01/2005, de 25 de fevereiro de 2005, do IBGE, todos os levantamentos geodésicos realizados em território nacional devem utilizar como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro – SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS, realizado no ano de 2000.

4.4.3 Elaboração dos mapas temáticos e aplicação dos critérios/fatores restritivos e favoráveis para alocação de aterro sanitário, considerando a aplicação da Análise Multicritério – AMC e da Análise Hierárquica de Processos – AHP.

Para subsidiar a aplicação do método proposto foram selecionados os critérios técnicos estabelecidos pela ABNT/NBR 10157/197 e 13986/1997 para a implantação de aterro sanitário. Também foram considerados os critérios técnicos utilizados em pesquisas anteriores, a exemplo de Lima (1999), Melo (2001), Calijuri, Melo e Lorentz (2002) e Nascimento (2012). Destaca-se que para a definição dos critérios técnicos foram consideradas as informações do Estado do Amapá disponíveis através das bases cartográficas oficiais, tendo em vista que a base cartográfica específica do Estado do Amapá encontra-se em fase de elaboração e portanto, esta condição foi considerada com fator limitante para a utilização de alguns critérios em maior nível de detalhe.

Após a definição dos critérios adotados elabora-se os mapas temáticos referentes aos critérios estabelecidos para a aplicação da AMC. Foram utilizados 9 critérios/fatores, destes, considera-se 4 Fatores Ambientais Favoráveis (FAF) e 5 Fatores Ambientais Restritivos (FAR). A Tabela 5 ilustra os critérios utilizados na pesquisa.

Tabela 5 – Fatores Ambientais utilizados para a implantação de aterro sanitário

Fatores Ambientais Utilizados para a Implantação de Aterro Sanitário	
Favoráveis (F)	Restritivos (R)
FAF1 -Geologia	FAR1 –Distância dos Cursos d'água
FAF2 -Geomorfologia	FAR2 -Distância dos Centros Urbanos e Núcleos Populacionais
FAF3 -Pedologia	FAR3 -Áreas Protegidas
FAF4 -Vegetação	FAR4 -Proximidade de Aeroportos
	FAR5 -Densidade Demográfica

Os critérios analisados no conjunto de fatores e restrições consideram as diretrizes estabelecidas pelas normativas técnicas e legislações ambientais vigentes que tratam dos critérios técnicos necessários para implantação de aterro sanitário, especialmente, as normas ABNT/NBR 10157/1987 e 13986/1997. Desta forma, os critérios para elaboração da AMC apresentam as seguintes considerações.

4.4.3.1 Fatores Ambientais Favoráveis (FAF)

FAF1 - Geologia

O FAF Geologia será avaliado a partir da criação do campo Litologia e classificado segundo as suas propriedades de porosidade e permeabilidade, em função do risco potencial de contaminação dos aquíferos mais próximos pela percolação do chorume²⁰. De acordo com Calijuri, Melo e Lorentz (2002), a avaliação do fator geologia também deve considerar a ocorrência de estruturas como as falhas geológicas, que podem estar associadas a condição de risco de percolação do chorume, para tal, deve-se estabelecer uma distância mínima de 200 metros.

²⁰ Chorume – líquido derivado da decomposição de material orgânico que percola através do material disposto no aterro, lixiviando e transportando os produtos de sua decomposição (Monteiro, 2001).

FAF2 - Geomorfologia

O FAF Geomorfologia será avaliado a partir da declividade do terreno, pois a localização de aterros sanitários em terrenos íngremes favorece a ocorrência de movimentos de massa em decorrência de processos erosivos. Deste modo, deve-se estabelecer o limiar de declividade mínima de 1% e máxima 30%, sendo desejável áreas com menor declividade (ABNT/NBR13986/1997).

FAF3 - Pedologia

O FAF Pedologia será avaliado a partir do tipo de solo: argiloso, arenoso, e suas variações, devendo predominar o mais argiloso. Também devem ser analisados os tipos de estruturas relacionadas as condições de coesão dentro e fora dos agregados, ou seja, o percentual de agregação das partículas segundo a tipologia: forte, fraca e moderada. Para análise deste fator é desejável que o solo apresente uma impermeabilidade natural razoável.

FAF4 - Vegetação

O FAF Vegetação será avaliado a partir das características da fitofisionomia local, onde deve-se considerar aspectos relevantes para a formação de processos erosivos. Para a análise deste fator é preferível a identificação de áreas de baixa composição florestal, desflorestamento, ou sob influência de processos antropogênicos (IPT,2010).

4.4.3.2 Fatores Ambientais Restritivos (FAR)

FAR1 - Distância dos cursos d'água

A restrição sobre a distância dos cursos d'água será avaliada a partir da identificação e classificação de qualquer coleção hídrica ou curso d'água existente: drenagem unifilar, bifilar, lago, lagoa, baía, dentre outras. Para sua avaliação adota-se o critério de distância mínima do corpo hídrico para a sua faixa marginal.

Segundo a NBR 13896/1997 o aterro sanitário deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou corpo d'água. Para obedecer a um critério de razoabilidade e viabilidade, considerando a diversidade de

faixas marginais dos cursos d'água da região, onde são analisados, de forma integrada, rios e igarapés de diferentes extensões, adota-se como limite a faixa de 200 m de distância.

Deve-se destacar a particularidade existente no Estado do Amapá quanto a existência das áreas de ressaca²¹. Para tal, será utilizado o mesmo critério de restrição adotado para os demais corpos d'água, qual seja limite de 200 m de distância.

FAR2 - Distância dos centros urbanos e núcleos populacionais

A restrição sobre a distância dos centros urbanos e núcleos populacionais será avaliada a partir da identificação da distância média existente entre as possíveis áreas e os grandes centros urbanos e núcleos populacionais que ocorrem na área do município de Santana.

Segundo a NBR 13896/1997 as áreas destinadas a aterro sanitário não devem se situar a menos de 500 m de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes. Deste modo é preferível que as áreas para implantação de aterro sanitário não estejam localizadas em áreas próximas a núcleos urbanos.

Entretanto, devem-se estabelecer critérios de razoabilidade, de modo que a definição de distância não inviabilize economicamente a execução do projeto, visto que distâncias maiores oneram os custos de execução do transporte.

FAR3 - Áreas restritas

A restrição sobre as Áreas Protegidas será avaliada a partir da identificação e classificação de áreas constituídas legalmente, e, submetidas a alguma condição restritiva de acesso, seja como áreas de interesse ambiental, para Unidades de Conservação, seja para existência de Áreas Indígenas ou Terras Quilombolas.

²¹ Área de Ressaca – Constituem sistemas físicos fluviais colmatados, drenados por água doce e ligadas a um curso principal d'água, influenciados fortemente pela pluviosidade e possuindo vegetação herbácea (TAKIYAMA et. al, 2012).

Para esta análise deve-se estabelecer a condição de restrição total para uso de áreas de preservação ambiental, unidades de conservação, áreas de ressaca, áreas indígenas ou terras quilombolas (CONAMA N° 302/2002), (Lei n° 9985/2000).

FAR4 - Proximidade de aeroportos

A restrição sobre a proximidade a aeroportos será avaliada a partir da definição das distâncias mínimas que as áreas devem possuir de aeródromos e aeroportos. De modo a garantir a integridade da Área de Segurança Aeroportuária-ASA, conforme determinações da INFRAERO e Ministério da Aeronáutica.

Segundo a Resolução CONAMA N° 04 de 1995 são consideradas Áreas de Segurança Aeroportuária – ASA as áreas localizadas num raio de 20 km de aeroportos que operam por instrumentos e 13 km para aeródromos.

As áreas localizadas em distâncias inferiores a 20 km devem ser evitadas, em função de apresentarem riscos de acidentes aéreos, decorrente da propagação de aves de rapina atraídas pela disposição de RSU. Esta condição pode potencializar a ocorrência de acidentes e comprometer a segurança das operações de pouso e decolagem de aeronaves.

FAR5 - Densidade demográfica

A restrição sobre a densidade demográfica será avaliada a partir da identificação e classificação das áreas com maior índice demográfico. Para tal, utiliza-se os dados populacionais disponíveis em (IBGE, 2010) para o município de Santana, que posteriormente, são ranqueados em escala de valor para determinação da densidade demográfica.

De acordo com Monteiro (2001) e IPT (2010), durante a identificação de áreas para a disposição de resíduos sólidos deve-se adotar áreas com menor densidade demográfica.

4.4.3.3 Ponderação dos critérios

Após a construção do mapeamento temático base, todos os critérios/fatores (Favoráveis e Restritivos) serão reclassificados de forma contínua, em escala de

valores de 0 a 255, para a compatibilização dos dados, conforme sua resolução espacial e radiométrica, ou seja, a representação de um número digital para cada pixel de uma estrutura matricial, visto que, normalmente, os resultados encontram-se em escalas distintas, dificultando a sua comparação. Por este motivo, os dados são normalizados para uma mesma escala de adequabilidade.

O processo de ponderação dos critérios consiste na atribuição de pesos relativos a importância de cada critério durante o processo de decisão. Este procedimento permite a realização do julgamento de importância, ou preferência, atribuída ao conjunto de fatores favoráveis e restritivos, através da comparação de todos os critérios.

A comparação de critérios/fatores é realizada através da aplicação dos valores de importância que podem variar de 1 a 9, onde 1 representa os critérios que possuem a mesma importância quando comparados entre si, e 9 representa um critério que é extremamente mais importante quando comparado a outro. Para definição dos valores relativos a importância dos critérios adota-se os valores estabelecidos pela escala de comparação proposta por SAATY (1980), apresentada na Tabela 1 (ver p.58). A Tabela 6 apresenta uma descrição síntese dos valores de importância utilizados para análise dos critérios.

Tabela 6 – Valores de importância utilizados para comparação de valores dos critérios de análise.

Valores	Importância (peso)
1	Igual
3	Moderada
5	Forte
7	Muito Forte
9	Extremamente Forte
Valores recíprocos	Quando os critérios apresentam o mesmo valor são comparados obedecendo a mesma importância, semelhante a aplicação do peso 1.
2,4,6 e 8	Valores intermediários de julgamento.

Fonte: Modificada de Corseuil (2006).

Após a atribuição de pesos relativos a importância de cada critério, os valores de importância são comparados de forma paritária, onde todos os critérios são comparados entre si, através da construção da matriz de comparação de pares proposta pela AHP (SAATY, 1980). A aplicação AHP permite organizar e avaliar a importância relativa de cada critério a partir de uma escala hierárquica de comparação. A Tabela 7 apresenta a estrutura utilizada para construção da matriz de comparação proposta pela AHP.

Tabela 7 - Matriz de comparação hierárquica de critérios técnicos utilizados para implantação de aterro sanitário

	Critérios Técnicos	Favoráveis				Restritivos				
		Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Vegetação	Distância dos Cursos d'água	Distância do Centros Urbanos e Núcleos Populacionais	Áreas Protegidas	Proximidade de Aeroportos	Densidade Demográfica
Favoráveis	Geologia	1	2	2	2	3	3	3	5	5
	Geomorfologia	1/2	1	2	2	2	3	3	5	5
	Pedologia	1/2	1/2	1	2	2	3	3	5	5
	Vegetação	1/2	1/2	1/2	1	2	2	2	5	3
Restritivos	Distância dos Cursos d'água	1/3	1/2	1/2	1/2	1	3	3	3	3
	Distância do Centros Urbanos e Núcleos Populacionais	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1	3	5	2
	Áreas Protegidas	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1	3	3
	Proximidade de Aeroportos	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/5	1/3	1	2
	Densidade Demográfica	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1

Fonte: Adaptada de Saaty e Vargas (1991).

Os resultados da aplicação da matriz de comparação hierárquica correspondem aos pesos relativos a cada critério comparado de forma paritária. Para validação dos resultados, calcula-se a Relação de Consistência RC, proposta por SAATY (1980) (ver pag.62). Esta razão determina as relações de consistência da análise, verificando a necessidade de ajustes na composição da matriz.

SAATY e VARGAS (1991) recomendam que os resultados da RC não podem ser maiores que 0,1, caso contrário, deve-se realizar uma revisão nos processos de análise. Após a validação das análises, os resultados seguem para o procedimento de agregação ou combinação final.

4.4.3.4 Agregação dos resultados

Identificados os valores de pesos para cada critério, estes são submetidos ao processo de agregação pelo uso do método de combinação linear ponderada – WLC. O processo de agregação é realizado através da multiplicação dos mapas de critérios padronizados, na escala de 0 a 255 (W_i), (realizados na primeira etapa), pelo resultado dos valores relativos a cada conjunto de pesos ponderados para cada critério (X_i), (segunda etapa), calculados através da aplicação da matriz de comparação pareada pela AHP.

Em seguida, realiza-se a soma de todos os critérios multiplicados, tanto fatores favoráveis, quanto restrições (C_j), (produto final), através da Equação 2 (vide p. 68). O resultado do processo de agregação consiste na elaboração do mapa síntese com a identificação das áreas de maior aptidão para implantação de aterro sanitário.

A aplicação do método de agregação WLC permite realizar a ponderação entre o conjunto de fatores e o conjunto de restrições identificadas durante a análise. Deste modo, é possível construir um cenário de avaliação, capaz de subsidiar o processo de decisão para a escolha de alternativas locais.

4.4.4 Integração do mapeamento temático e a composição de cenários com a indicação das áreas favoráveis.

Após a elaboração dos mapas temáticos e a aplicação da AMC e AHP, realiza-se integração dos resultados e a composição de cenários com a indicação de áreas potencialmente favoráveis, através da verificação de possíveis inconformidades e validação dos resultados encontrados na etapa anterior.

Durante a composição dos cenários deve-se considerar as dimensões adequadas para alocação de área destinada para recebimento de resíduos sólidos.

Nesta etapa, realiza-se o dimensionamento da área útil necessária para a implantação do aterro sanitário, projetado para uma vida útil de 20 anos.

4.4.5 Elaboração do mapa síntese com as áreas de aptidão, potencialmente, favoráveis para a implantação de um aterro sanitário.

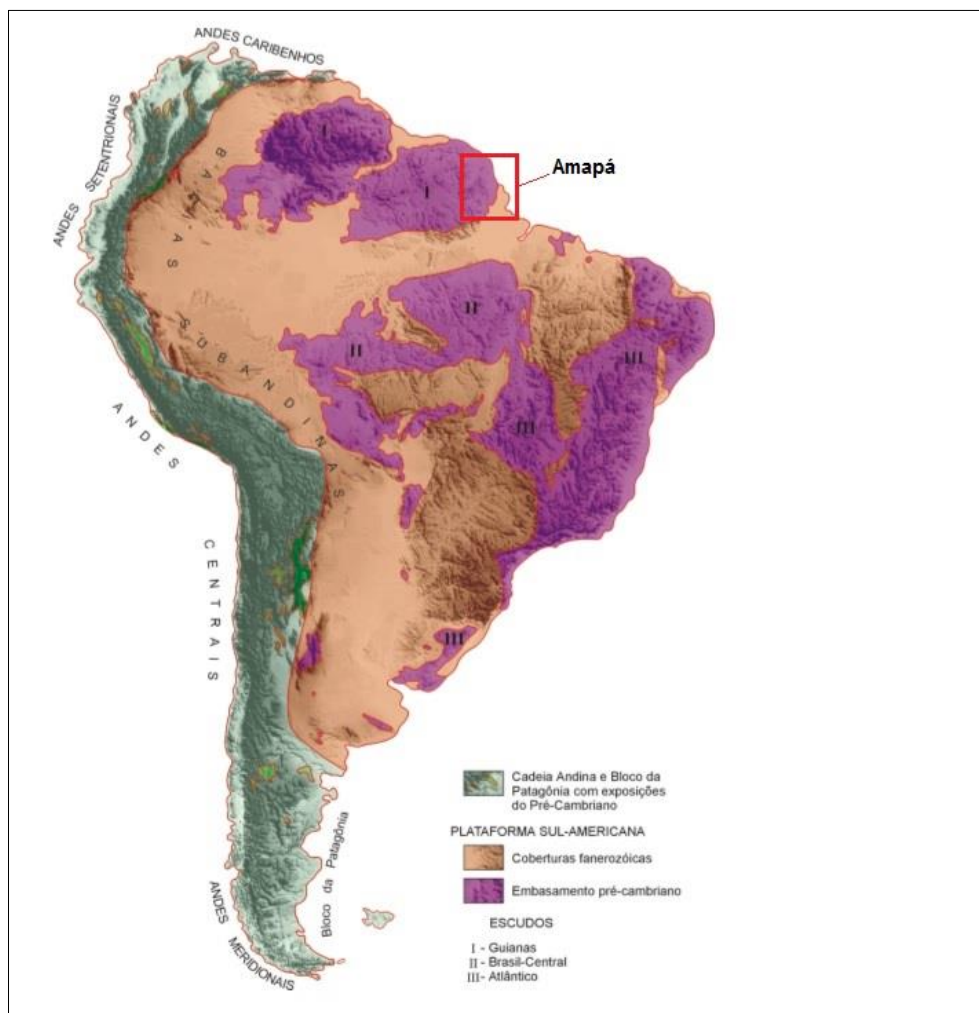
O produto final desta análise consiste na elaboração do mapa síntese com as áreas de aptidão, potencialmente, favoráveis para a implantação de aterro sanitário no município de Santana. Este mapa será classificado em níveis de aptidão, na escala de 0 a 255, com os resultados da análise realizada para a identificação de alternativas locacionais necessárias para a implantação de aterro sanitário.

5 CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS FIOGRÁFICOS REGIONAIS E LOCAIS

5.1 GEOLOGIA

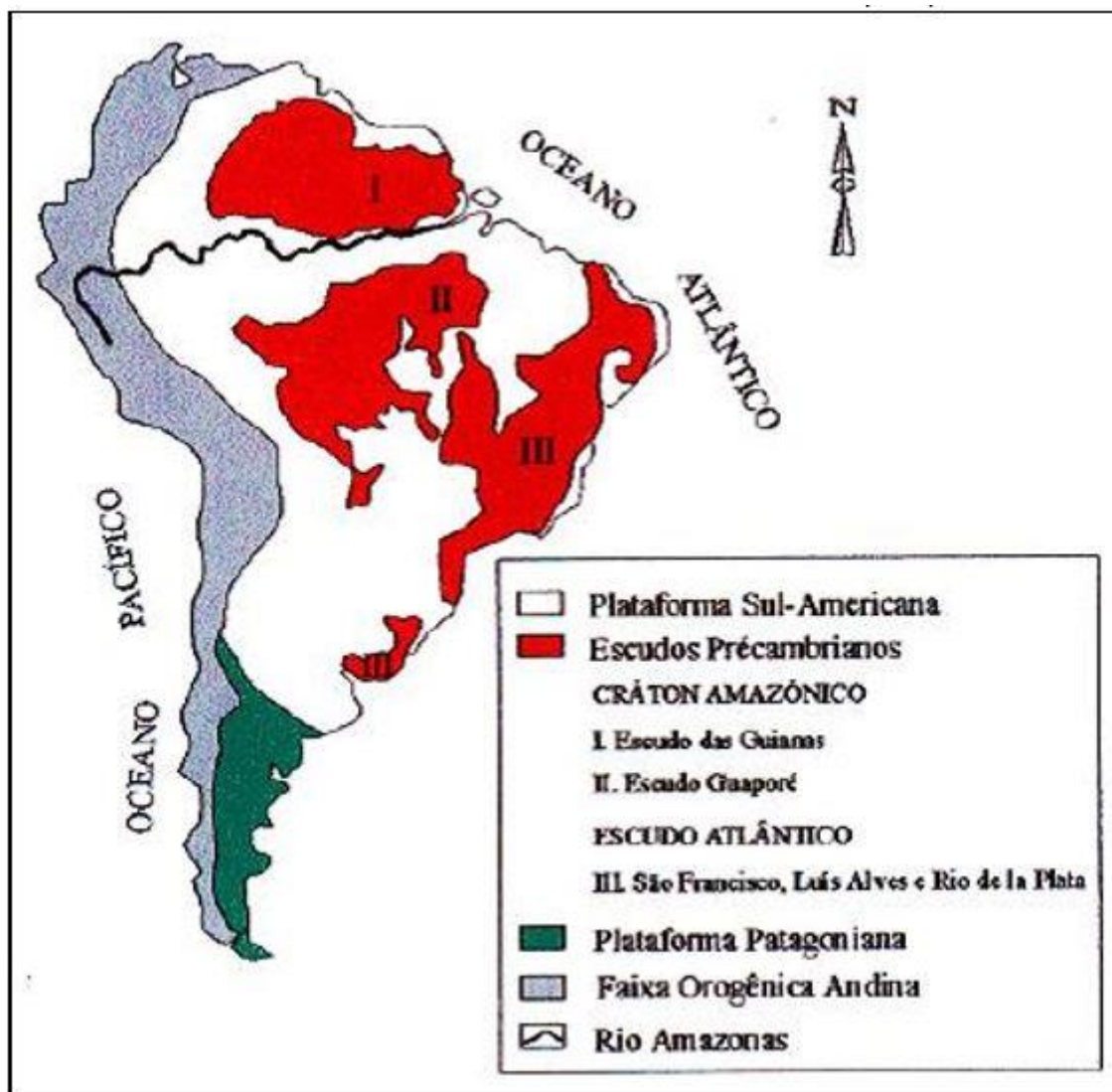
No contexto geológico global, o Brasil está inserido na porção continental da Placa Sul-Americana, em área estável Fanerozóica denominada de Plataforma Sul-Americana. Esta plataforma é composta em sua maioria por Coberturas Fanerozóicas e embasamento pré-Cambriano. As frações deste embasamento continental estável dividem-se em três Escudos: Escudo das Guianas, exposto de forma mais ou menos contínua na porção norte; Escudo Brasil Central, localizado na parte centro-ocidental do Brasil e parte da Bolívia que juntos integram o Cráton Amazônico; e Escudo Atlântico que cobre grande parte da margem atlântica brasileira (BIZZI et al., 2003). Esta configuração é apresentada na Figura 29, onde destaca-se o Estado do Amapá, que integra a porção oriental do Escudo das Guianas.

Figura 29 - Configuração geológica global da Plataforma Sul-Americana (BIZZI et al., 2003), destacando o Estado do Amapá, na porção oriental do Escudo das Guianas.



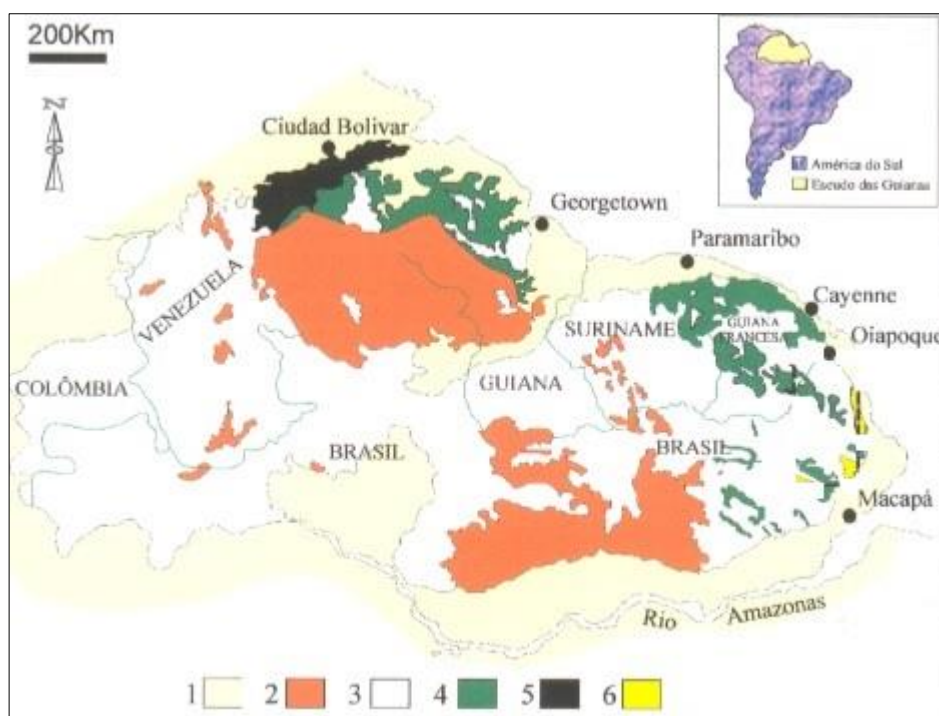
Para Avelar (2002), A Plataforma Sul-Americana constitui-se a partir de dois domínios pré-cambrianos maiores: o Cráton Amazônico e o Escudo Atlântico. O Cráton Amazônico está localizado na porção norte da plataforma Sul-Americana, abrange a porção norte do Brasil e países como a Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, e parte da Colômbia e Bolívia, ocupando uma área de aproximadamente 4,3 milhões de Km². A configuração geográfica do Cráton Amazônico divide-se em dois escudos menores: Escudo das Guianas e Escudo Brasil Central ou Guaporé, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 – Mapa simplificado de domínios tectônicos do continente sul-americano, com destaque para a Plataforma Sul-Americana e o Cráton Amazônico (AVELAR, 2002).



O Escudo das Guianas está localizado na porção norte do Cráton Amazônico, corresponde a uma área de aproximadamente 900.000 km² de extensão, que abrange a margem Atlântica, ao norte, até a Bacia do Amazonas, ao sul (AVELAR, 2002). A faixa de extensão do Escudo das Guianas cobre, na sua totalidade, os países da Guiana, Suriname e Guiana Francesa, além da porção leste da Venezuela, o extremo oriental da Colômbia, e a porção norte do Brasil. Nesta faixa de ocupação estão inseridos os estados do Amapá, Roraima e a região noroeste do Pará (GIBBIS e BARRON, 1983, 1993 apud AVELAR, 2002). A Figura 31 apresenta o mapa geológico simplificado do Escudo das Guianas.

Figura 31 - Mapa Geológico Simplificado do Escudo das Guianas (segundo Gibbs & Barron 1993). 1 – Coberturas Mesozoicas e Cenozoicas, 2 – Formações sedimentares e vulcânicas Mesoproterozóicas, 3 – Granitóides e Ortognaisses Paleoproterozóicos, 4 – Greenstone belts Paleoproterozóicos, 5 – Complexo Arqueano Imataca (Venezuela) e 6 – Ortognaisses/ granulitos do Amapá (AVELAR, 2002).



Os aspectos geológicos do Estado do Amapá foram identificados a partir dos trabalhos realizados por Lima et al., (1974) através do mapeamento temático executado pelo Projeto RADAM em 1974. Os resultados indicam a construção de uma série estratigráfica composta pela ocorrência das unidades Litoestratigráficas: Complexo Guianense, Grupo Vila Nova, Granodiorito Falsino-Granito Mapuera, Alcalinas Mapará, Diabásio Cassiporé e Formação Barreiras.

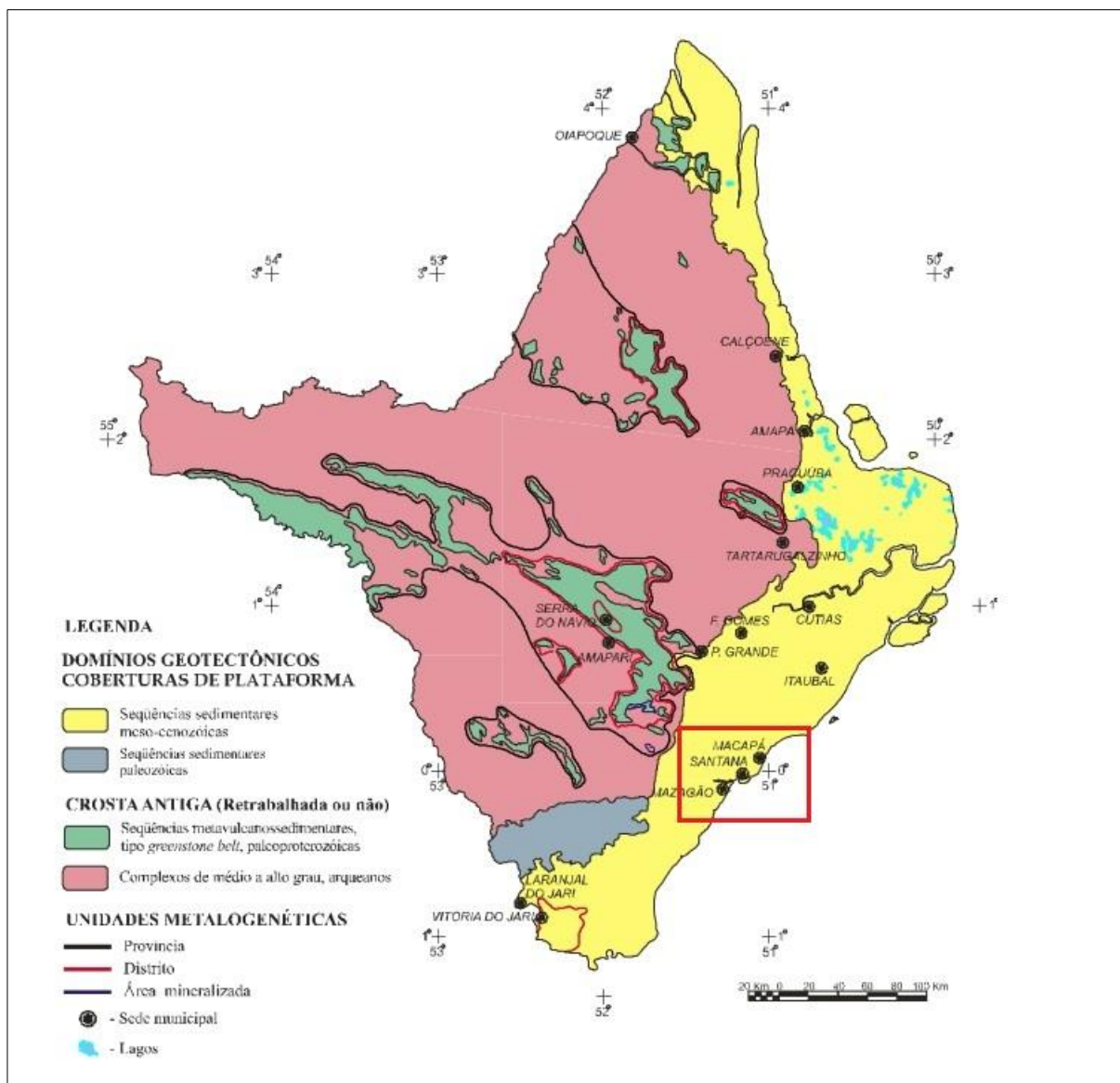
Neste trabalho também foram registradas ocorrências de coberturas sedimentares de origem mista, marinha e fluvial pertencentes ao período Quaternário. Além disso, destaca-se a identificação das seguintes províncias Geológicas: Cráton Guianês, Embasamento Guriense, Faixa Orogênica Tumucumaque-Vila Nova, Província Alcalina Maicuru-Maparí, Província Toleítica Oiapoque-Araguari e Coberturas da Plataforma do Amapá.

Silveira (1998) baseada nas contribuições de (LIMA et al. 1974; LIMA, BEZERRA, ARAÚJO, 1991; COSTA et. al. 1991; e CUNHA, 1991), considera, que os aspectos geológicos do Estado do Amapá podem ser representados pelo Complexo Guianense, Suíte Metamórfica Ananaí-Tartarugal Grande e granitóides, Grupo Vila Nova, Suíte Intrusiva Cassiporé, Formação Alter do Chão e Grupo Barreiras.

Para os ambientes costeiros amazônicos, Santos (2006) descreve que os aspectos geológicos da planície costeira amazônica, onde insere-se o Estado do Amapá, podem ser caracterizados por três conjuntos litológicos: rochas Pré-cambrianas do embasamento que constituem o Escudo das Guianas; sedimentos Terciários da Formação Barreiras e Pós-Barreiras e Quaternários; além de depósitos das bacias sedimentares da Foz do Amazonas.

Destaca-se também a contribuição de IEPA (2008), através da realização do Macrodiagnóstico do Estado do Amapá. Neste trabalho, os aspectos geológicos são apresentados através de uma base geotectônica simplificada, resultante de adaptação baseada nas contribuições de Faraco e Carvalho (1994) e Carvalho, Faraco e Klein (1995), sendo reiterada por Oliveira (2010). Os resultados identificam a formação dos Domínios Geotectônicos: Crosta Antiga (retrabalhada ou não), e Coberturas de Plataformas, além de suítes plutônicas diversas. Estes Domínios Geotectônicos são apresentados na Figura 32.

Figura 32 - Domínios Geotectônicos do Estado do Amapá com destaque para a região do município de Santana-AP, em domínios de sequências sedimentares meso-cenozóicas (IEPA, 2008).

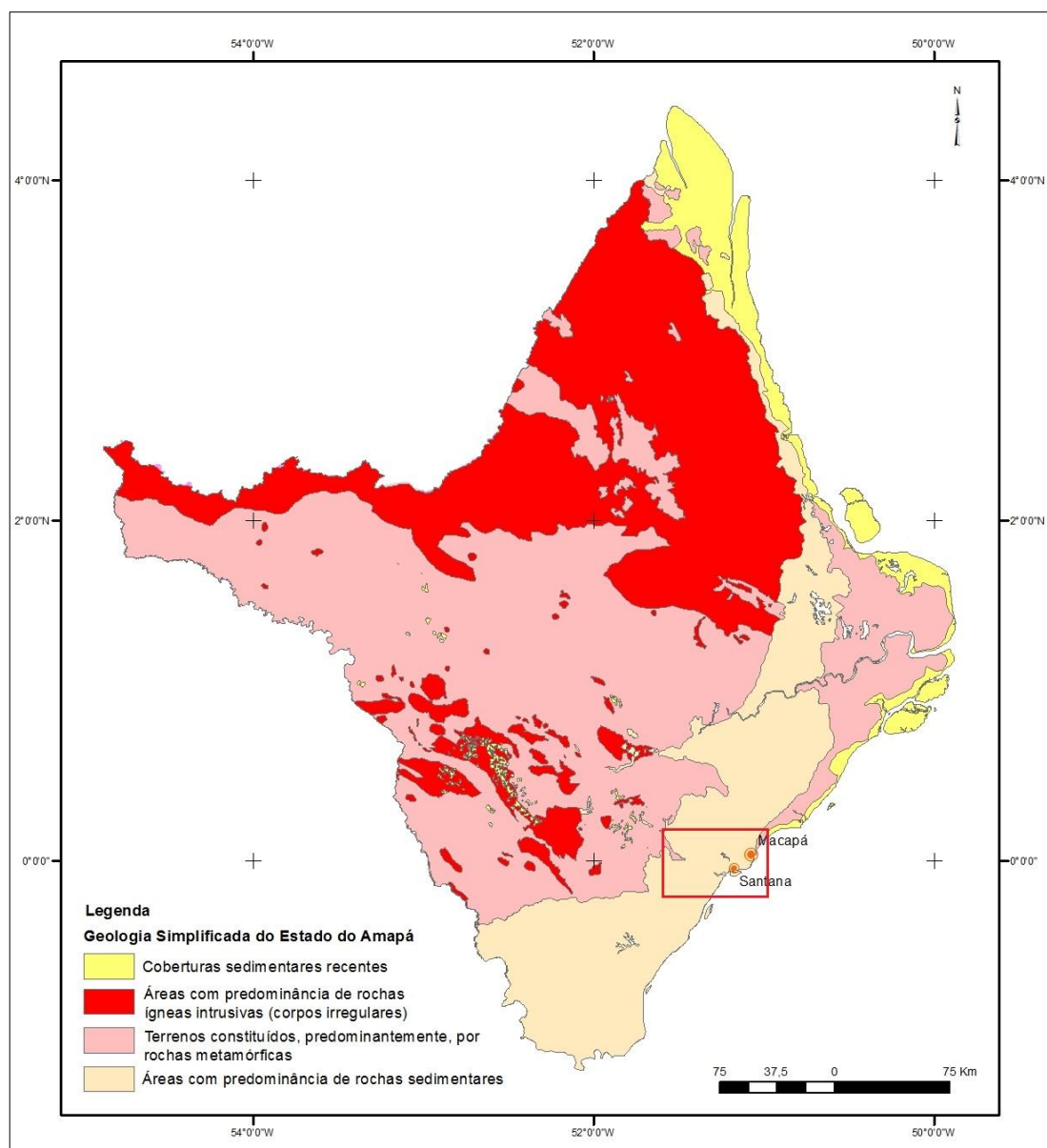


O Domínio Crosta Antiga é dividido em Complexos de Médio e Alto Grau (Arqueano) pertencentes ao Complexo Guianense e por Sequências Metavulcanossedimentares tipo *greenstone belt* e metaígneas máfico-ultramáficas e metassedimentos da Suíte Metamórfica Vila Nova. O Domínio de Coberturas de Plataforma caracteriza-se pela compartimentação das Sequências Sedimentares Paleozóicas, composta pelas litologias Formação Trombetas e Formação Curuá, e pelas Sequências Meso-Cenozóicas cuja litologia corresponde as Formações Alter do Chão, Barreiras e sedimentos aluvionares Quaternários (IEPA, 2008).

Cabe destacar a contribuição do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro – GERCO, através da elaboração do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá (IEPA, 2004). Este programa descreve os aspectos geológicos da região costeira do Estado do Amapá identificando as seguintes unidades geológicas: Formação Alter do Chão, Formação Barreiras e Depósitos Quaternários.

No contexto atual, vale destacar as contribuições apresentadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, através das informações disponibilizadas no Mapa Geológico Simplificado do Brasil (CPRM, 2015). De acordo com CPRM (op. cit.), o Estado do Amapá apresenta uma conformação geológica simplificada caracterizada pela ocorrência das seguintes classes: Coberturas sedimentares recentes, Áreas com predominância de rochas ígneas intrusivas (corpos irregulares), Terrenos constituídos, predominantemente, por rochas metamórficas e Áreas com predominância de rochas sedimentares. A Figura 33 apresenta a geologia simplificada do Amapá, com destaque para a área do município de Santana, onde predominam as áreas de rochas sedimentares.

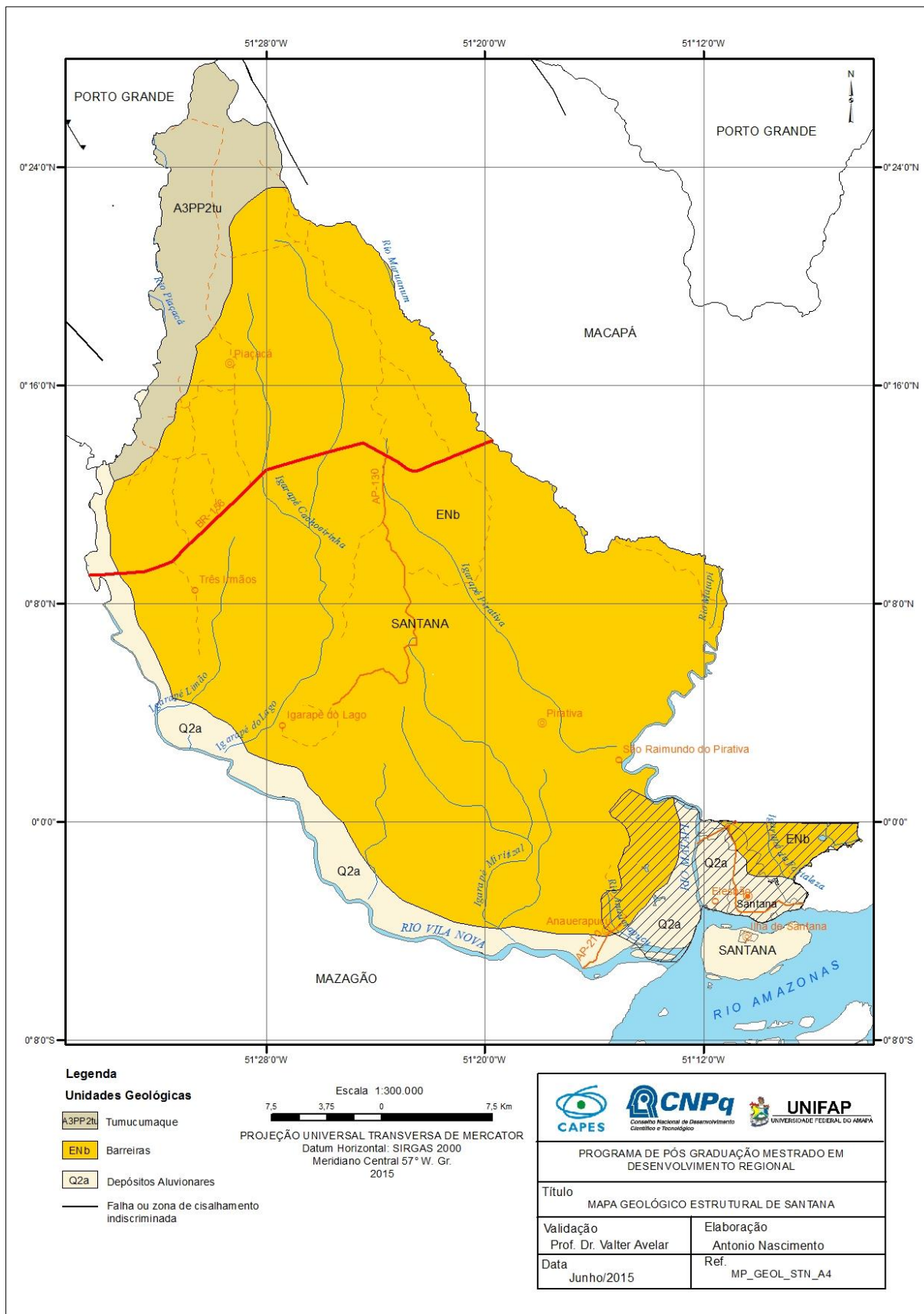
Figura 33 - Geologia Simplificada do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana.



Fonte: Modificado de CPRM (2015).

Por fim, apresenta-se as informações litoestratigráficas fornecidas pela CPRM, através de consulta ao banco de dados denominado Geobank (2015). Considerando os limites territoriais do município de Santana, os resultados apresentados identificam a ocorrência das seguintes unidades geológicas: Complexo Tumucumaque, Grupo Barreiras e Depósitos aluvionares. A Figura 34 apresenta a descrição das unidades geológicas identificadas no município de Santana.

Figura 34 - Mapa Geológico Estrutural do município de Santana, seguindo a classificação disponível em Geobank (2015).



Fonte: Modificado de Geobank (2015).

As unidades do Complexo Tumucumaque originam-se no período Mesozoico, associadas a ocorrência de rochas metamórficas e ortogneisses tonalítico a granodiorítico, com quartzo-diorito e ortomigmatito subordinado (GEOBANK, 2015).

No período Terciário, o Grupo Barreiras caracteriza-se pela ocorrência de formações sedimentares relacionadas as litologias compostas por arenitos conglomeráticos e argilitos arenosos, potencialmente derivados, na forma de arenitos, argilitos, conglomerados e siltitos.

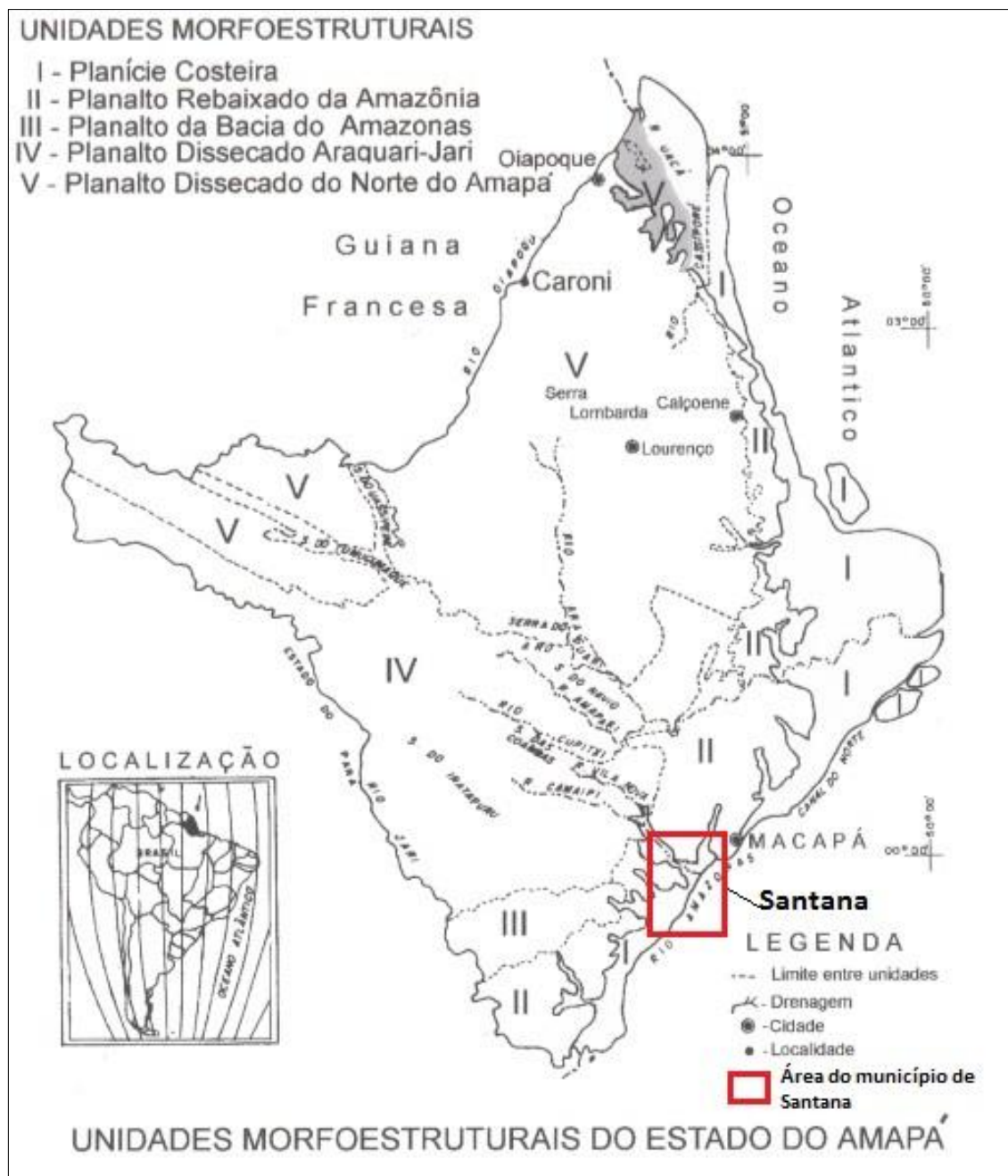
Os Depósitos aluvionares, formados no período Quaternário, representam os sedimentos clásticos inconsolidados relacionados as planícies aluvionares, cuja litologia é composta pela formação de areia, argila, cascalho e silte (GEOBANK, op. cit).

5.2 GEOMORFOLOGIA

A configuração geomorfológica do Estado do Amapá foi apontada, inicialmente, por Boaventura e Narita (1974) em mapeamento realizado pelo Projeto RADAM, na escala de 1:1.000.000, em que foram discriminadas cinco unidades morfoestruturais: Planaltos Residuais do Amapá, Planalto Rebaixado da Amazônia, Colinas do Amapá, Depressão Periférica do Norte do Pará e Planície Flúvio Marinha Macapá-Oiapoque. Esta última unidade foi reclassificada por Lima, Bezerra e Araújo (1991) sob a denominação de Planície Costeira do Amapá.

Considerando a dinâmica evolutiva dos processos morfoestruturais, proposto por Boaventura e Narita (op. cit), Silveira (1998) reordenou aquelas unidades em: Planície Costeira, Planalto Rebaixado da Amazônia, Planalto da Bacia do Amazonas, Planalto Dissecado Araguari-Jari e Planalto Dissecado do Norte do Amapá. Esta configuração é apresentada na Figura 35, evidenciando para a área do município de Santana a ocorrência de 3 unidades morfoestruturais, compreendendo a Planície Costeira, o Planalto Rebaixado da Amazônia e o Planalto Dissecado Araguari-Jari.

Figura 35 - Unidades Morfoestruturais do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana-AP, cujas unidades morfoestruturais compreendem: Planície Costeira, o Planalto Rebaixado do Amazonas e o Planalto Dissecado Araguari-Jari (SILVEIRA, 1998).

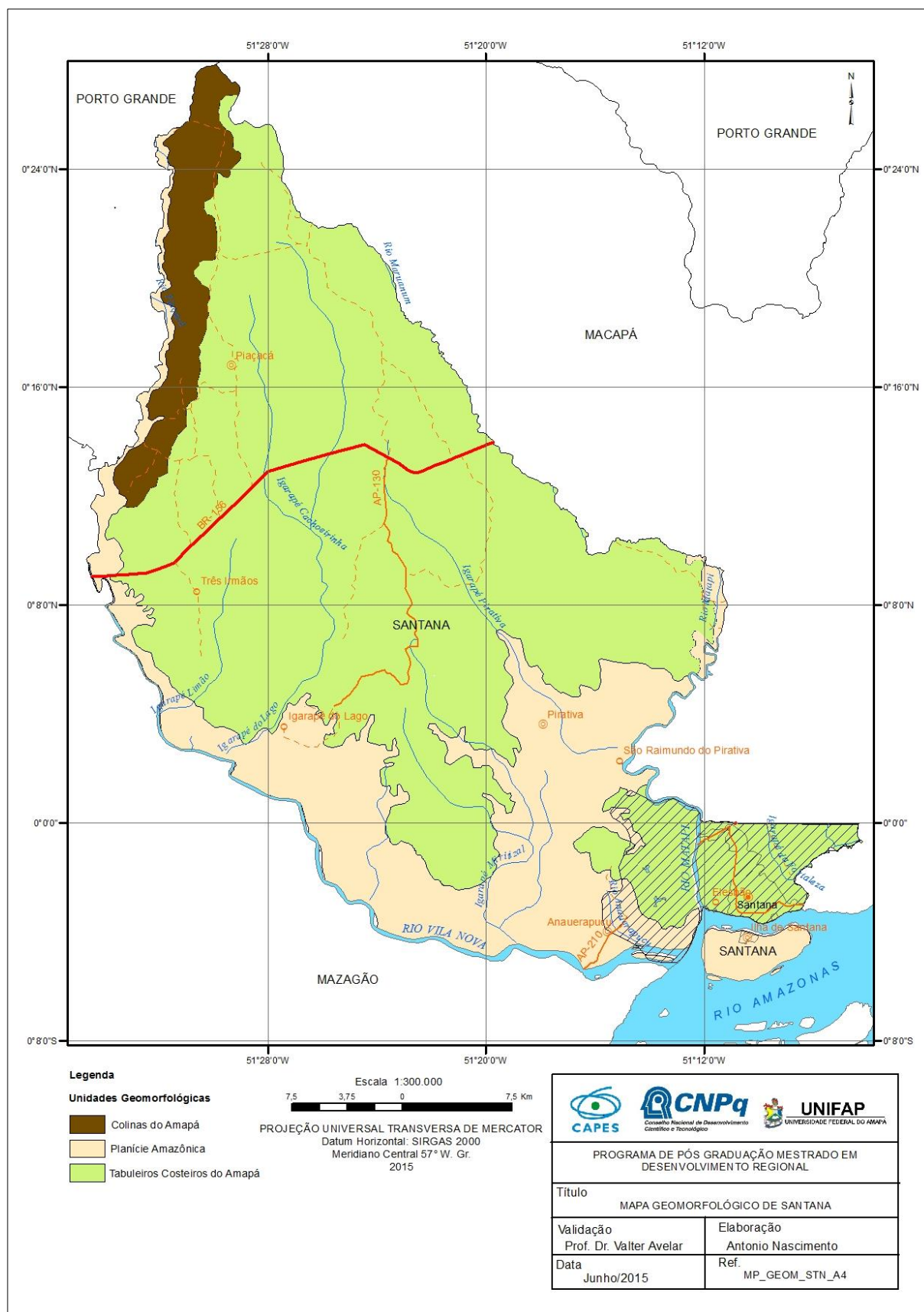


O mapeamento geomorfológico realizado para subsidiar as ações do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro – GERCO, através da elaboração do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá (IEPA, 2004), identificou a ocorrência de duas Regiões Geomorfológicas: Planaltos e Tabuleiros Rebaixados, e Planície Costeira do Sul do Amapá. Nestas regiões foram identificadas as Unidades Geomorfológicas Planalto Residual do

Baixo Jari, Planaltos Rebaixados do Sul do Amapá, Tabuleiros Costeiros, além da Planície Fúlvio-Estuarina e Terraços do Rio Amazonas.

De acordo com os dados do IBGE (2009), a partir das informações disponibilizadas para a geomorfologia do Estado do Amapá, na escala de 1:250.000, o município de Santana caracteriza-se pela ocorrência de três Domínios Geomorfológicos: Embasamentos em Estilos Complexos, Bacias Sedimentares e Coberturas Inconsolidadas, e Depósitos Sedimentares Inconsolidados. Para estes domínios foram identificadas as Unidades Geomorfológicas Colinas do Amapá, Tabuleiros Costeiros do Amapá e Planície Amazônica. A Figura 36 apresenta a descrição das unidades geomorfológicas identificadas no município de Santana.

Figura 36 – Mapa Geomorfológico do Município de Santana-AP, seguindo a classificação de IBGE (2009).



Fonte: Modificado de IBGE (2009).

A Unidade Geomorfológica Colinas do Amapá corresponde a unidade integrante de Domínio tipo Embasamentos em Estilos Complexos, com relevos elaborados em rochas cristalinas arqueanos-proterozóicas correspondentes a áreas cratônicas, maciços medianos e cinturões remobilizados. Incluem relevos de topos aguçados e convexos, de modo geral, as colinas apresentam vertentes ravinadas e estão associadas às cristas mais desgastadas (IBGE, 2009).

Segundo os dados de CPRM (2014), através do Projeto Geodiversidade do Estado do Amapá, as Unidades Geomorfológicas Colinas do Amapá identificadas no município de Santana estão correlacionadas a compartimentação de relevo do tipo Domínio de Colinas Amplas e Suaves (R4a1), caracterizado pelo relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes complexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada, com amplitude de relevo de 20 a 50 metros e inclinação das vertentes de 3° a 10°.

Os Tabuleiros Costeiros do Amapá correspondem a unidade integrante do Domínio Bacias Sedimentares e Coberturas Inconsolidadas, com relevos elaborados em coberturas sedimentares Fanerozóicas, incluindo depósitos inconsolidados plio-pleistocênicos. Compreendem modelados de aplainamento e dissecados homogêneos e diferenciais, com predomínio das formas tabulares. Esta unidade é resultante do processo de dissecação da superfície pediplanada da litologia Formação Barreiras (IBGE, op. cit.).

Para CPRM (op. cit.), as Unidades Geomorfológicas Tabuleiros Costeiros do Amapá identificadas no município de Santana estão correlacionadas as compartimentações de relevo Tabuleiros (R2a1) e Tabuleiros Dissecados (R2a2). Os Tabuleiros apresentam formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas em vales encaixados em “ forma de U”, resultante de dissecação fluvial recente.

Os Tabuleiros Dissecados apresentam formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando um relevo de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes declivosas nos vales encaixados, resultante da dissecação fluvial recente. Tanto os Tabuleiros

(R2a1) quanto os Tabuleiros Dissecados (R2a2) apresentam amplitude de relevo variável de 20 a 50 metros e inclinação das vertentes de 0° a 3° (CPRM, 2014).

A Planície Amazônica corresponde a unidade integrante do Domínio Depósitos Sedimentares Inconsolidados, com relevos elaborados em aluviões e depósitos elúvios-colúviais quaternários. Incluem planícies e terraços compostos de material silto-arenoso, bem como campos de areia e acumulações dunares. Apresentam vários níveis de terraços e várzeas com diques, paleocanais, lagos de meandro e barramento, furos, canais anastomosados e trechos de talvegues (IBGE, 2014).

A Unidade Geomorfológica Planície Amazônica identificada no município de Santana está correlacionada a compartimentação de relevo do tipo Planícies Fluviais ou Fluvioacústres (R1a), caracterizado pela ocorrência de superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos areno-argilosos a argilo-arenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Possuem terrenos bem drenados nos terraços, e imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis. Apresentam amplitude de relevo zero e inclinação das vertentes de 0° a 3° (CPRM, op. cit.).

No que se refere a padronização das formas de relevo, para o município de Santana, foram identificados cinco tipos de modelados: Planície Fluvial (Af), Planície e Terraço Fluvial (Aptf), Pediplano Retocado Desnudo (Pru), Dissecação Homogênea ou Diferencial Convexo (Dc) e Dissecação Homogênea ou Diferencial Tabular (Dt) (IBGE, op. cit.).

O modelado de Planície Fluvial (Af) consiste em área plana resultante de acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais, podendo conter meandros abandonados, lagos e cordões ou diques marginais. Planície e Terraço Fluvial (Aptf) correspondem as áreas aplainadas resultantes da acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada, ligada com ou sem ruptura de declive a patamar mais elevado. Os modelados de Planície Fluvial (Af) e Planície e Terraço Fluvial (Aptf) estão associados a modelos de acumulação.

O Pediplano Retocado Desnudado (Pru) consiste em superfície de aplainamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, no entanto, sem perder suas características de aplainamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados às vezes levemente côncavos. Pode apresentar rochas pouco alteradas truncadas por processos de aplainamento que desnudaram o relevo.

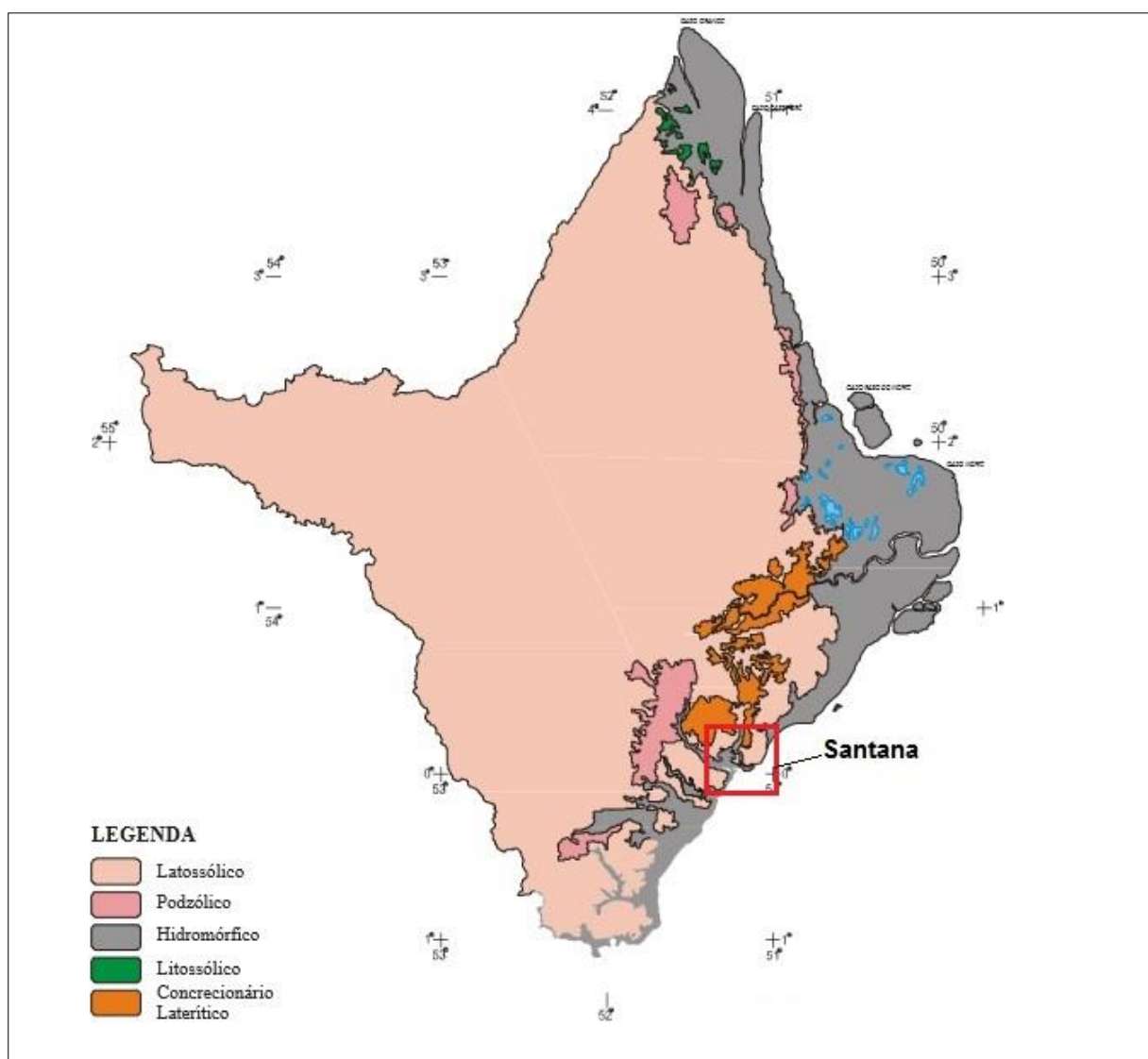
O modelo de Dissecação Homogênea ou Diferencial Convexo (Dc) consiste no conjunto de formas de relevo de topos convexos, em geral esculpidas em rochas cristalinas e, eventualmente, também em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. As formas de Dissecação Homogênea ou Diferencial Tabular (Dt) correspondem ao conjunto de formas de relevo de topos tabulares, conformando feições de rampas suavemente inclinadas e lombas esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas, denotando eventual controle estrutural.

5.3 PEDOLOGIA

As características pedológicas no Estado do Amapá foram identificadas por Peres, Serruya e Vieira (1974) através do mapeamento temático realizado, em escala de 1:1.000.000, pelo projeto RADAM em 1974. Os resultados deste mapeamento identificaram a formação de unidades pedológicas que, posteriormente, foram classificadas em 11 classes de solo, denominadas, respectivamente, de Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Concrecionários Lateríticos Indiscriminados Distróficos, Laterita Hidromórfica Distrófica, Solos Hidromórficos Gleyzados Eutróficos, Solos Hidromórficos Indiscriminados, Solonchak, Solos Indiscriminados de Mangues, Solos Aluvionais Eutróficos e Distróficos e Solos Litólicos Distróficos.

De acordo com IEPA (2008), baseado em Peres, Serruya e Vieira (1974), o Estado do Amapá apresenta 5 grupos de solo. Estes grupos correspondem as unidades: Latossolos, Podzólicos, Concrecionários Lateríticos, Litossolos e Hidromórficos. A Figura 37 apresenta de forma ilustrativa a composição dos grupos grandes de solo do Estado do Amapá, na escala de 1:1000.000.

Figura 37 - Grupos de Solo do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana-AP, que integra os grupos de solos: Latossolos, Hidromórficos e Concrecionários Lateríticos (IEPA, 2008).



Para IEPA (2004), baseado em Oliveira Júnior et. al., (1998), os solos da zona costeira estuarina do Estado do Amapá caracterizam-se pela ocorrência dos Latossolos Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, Podzólico Amarelo, Solos Hidromórficos Indiscriminados, Glei Pouco Humico, Solos Aluviais e Solos de Mangue.

De acordo com os dados do IBGE (2012), a partir das informações disponibilizadas para a pedologia do Estado do Amapá, na escala de 1:250.000, o município de Santana caracteriza-se pela ocorrência de cinco tipos de solos: Latossolo Amarelo Distrófico (Lad), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Gleissolo Háplico Tb Eutrófico (GXbe) e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (GXve). A Figura 38 apresenta a descrição dos tipos de solo identificados no município de Santana, seguindo IBGE (op. cit).

Figura 38 - Mapa Pedológico do Município de Santana-AP, seguindo a classificação de IBGE (2012).



Fonte: Modificado de IBGE (2012).

Abaixo seguem as descrições dos tipos pedológicos identificados na Figura 38, conforme observados em IBGE (2007), através do Manual Técnico de Pedologia:

Os Latossolos Amarelo Distróficos (Lad) consistem em solos profundos, muito intemperizados, de perfis homogêneos, boa drenagem e baixa fertilidade natural, associados a características de saturação.

Os Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos (LVAd) são solos profundos, intemperizados, boa drenagem e, normalmente, baixa fertilidade natural, associados a características de saturação.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos (PVAd) consistem em solos de profundidade variável, intemperizados, com drenagem irregular, baixa fertilidade natural, associados a características de saturação.

Os Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos (GXbe) são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento, intemperizados, de perfis homogêneos, mal drenados, alta fertilidade natural, associados a argila de baixa atividade, ou seja, frações de argila com baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

Os Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos (GXve) apresentam características morfológicas semelhantes ao (GXbe), entretanto, distinguem-se pela associação de argila de alta atividade, ou seja, frações de argila com elevada CTC, presente nos GXve.

5.4 VEGETAÇÃO

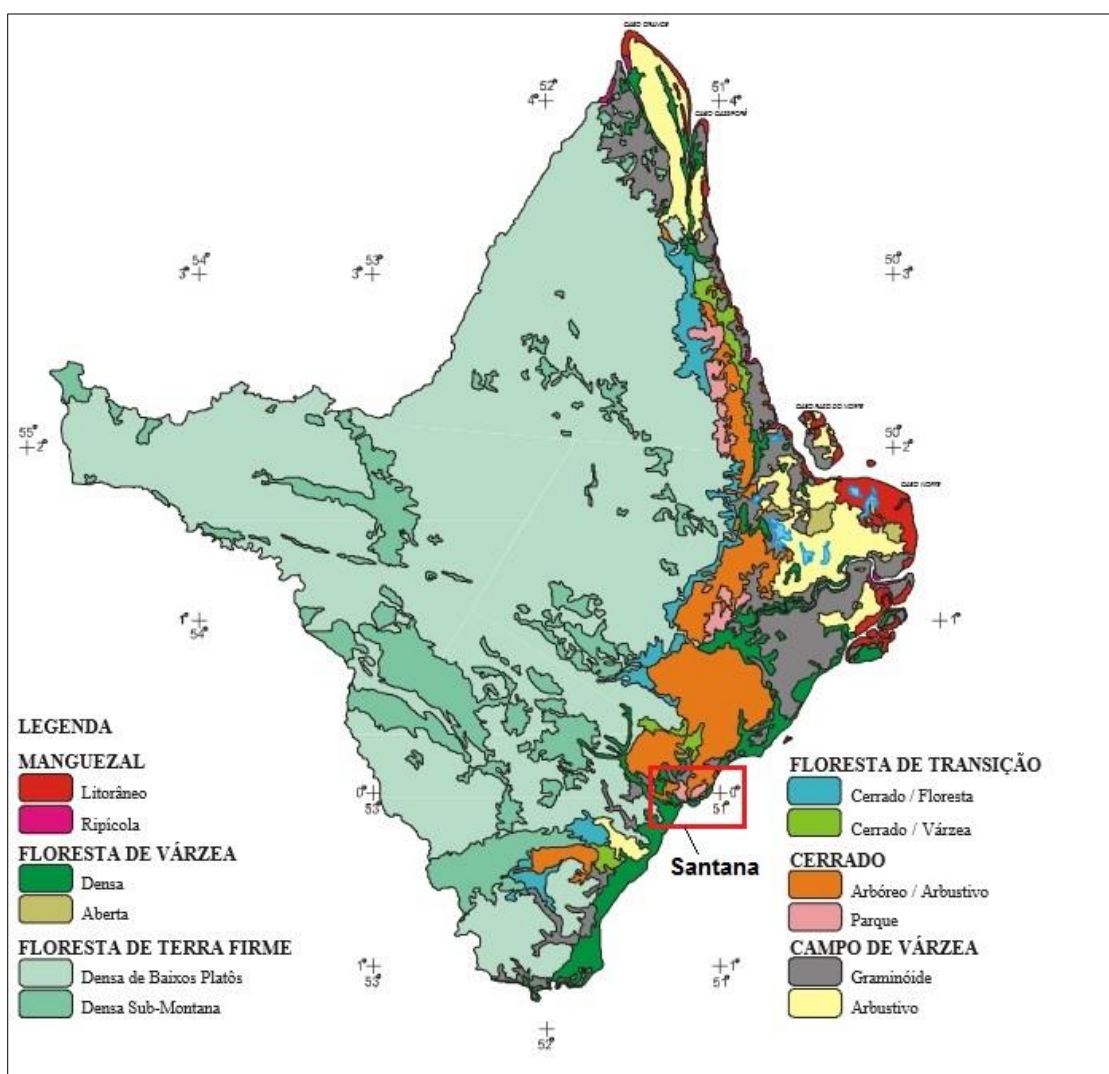
As características fitofisionômicas no Estado do Amapá foram identificadas por Leite, Veloso e Filho (1974), através do Projeto RADAM, na escala de 1:1.000.000, pela ocorrência das classes de formação Cerrado, Formações Pioneiras, Floresta Tropical Densa, Floresta Tropical Aberta, contato (zonas de transição) e refúgios (afloramentos rochosos).

De acordo com IEPA (2008), em mapeamento realizado na escala de 1:1.000.000, os domínios florísticos presentes no Estado do Amapá incluem tipologias tipicamente amazônicas e extra-hileianas. Estas tipologias podem ser

agrupadas em duas grandes categorias fitofisionômicas: Formas Florestadas e Formas Não-Florestadas ou Campestres.

As Formas Florestadas incluem as fitofisionomias: Floresta de Terra Firme; Floresta de Várzea; Floresta de Transição e Manguezal. As Formas Não-Florestadas incluem: o Cerrado e os Campos Inundáveis ou de Várzea. A Figura 39 ilustra a disposição das fitofisionomias vegetais presentes no Estado do Amapá, de acordo com IEPA (2008) com destaque para o município de Santana.

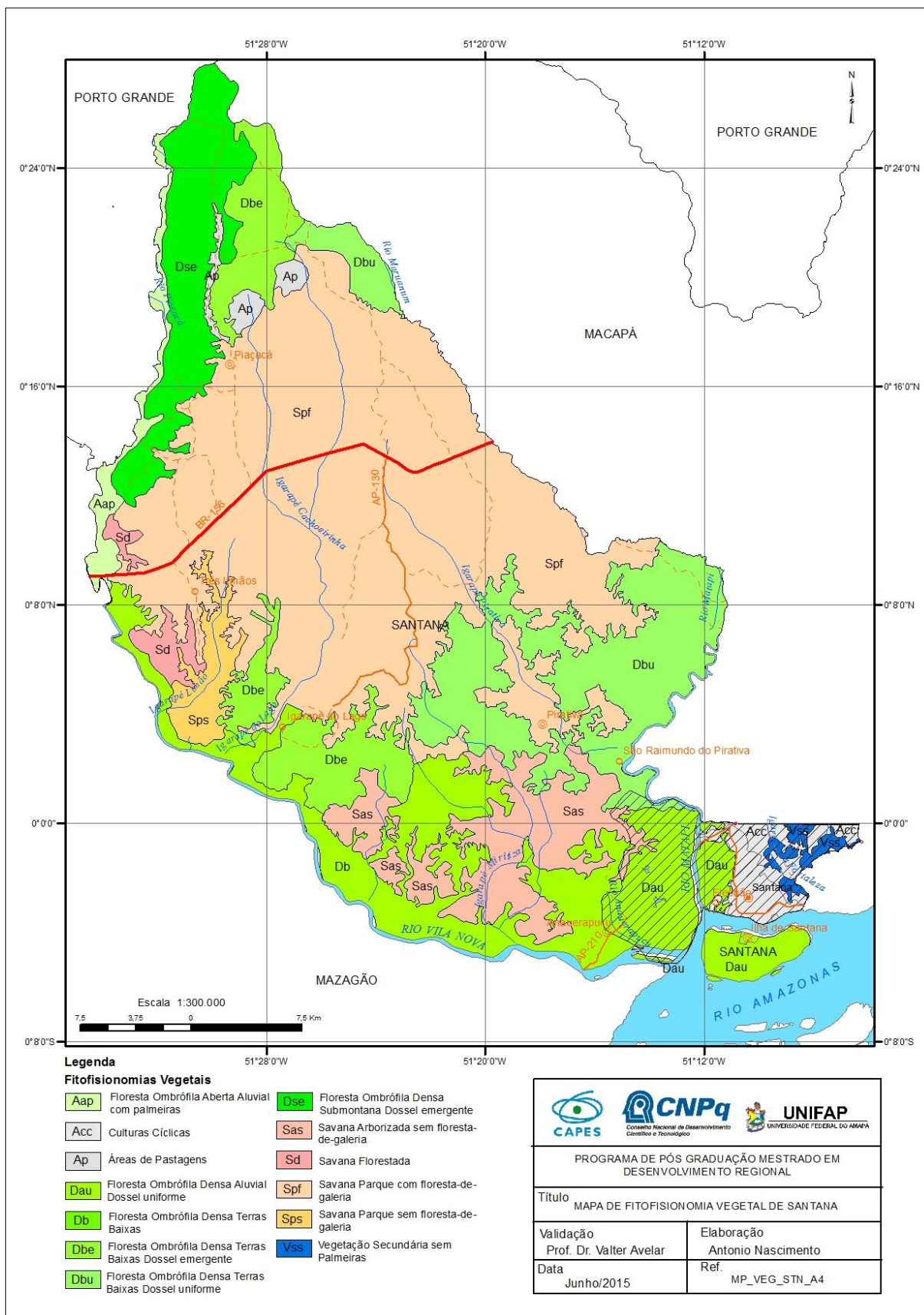
Figura 39 – Fitofisionomias Vegetais do Estado do Amapá, com destaque para o município de Santana-AP, onde as principais formas fitofisionômicas incluem: Florestas de Várzea Densa, Cerrado Arbóreo/ Arbustivo e Parque, e Campos de Várzea Graminóide (IEPA, 2008).



IEPA (2004) através do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá identificou 3 tipos fisionômicos na paisagem do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá: Floresta de Influência Flúvio-Marinha; Campestre e Florestal, além das associações e áreas alteradas.

De acordo com os dados do IBGE (2008), a partir das informações disponibilizadas para a vegetação do Estado do Amapá, na escala de 1:250.000, o município de Santana caracteriza-se pela ocorrência de 13 fitofisionomias vegetais: Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras (Aap); Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel uniforme (Dau); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (Db); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente (Dbe); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel uniforme (Dbu); Floresta Ombrófila Densa Submontanha Dossel emergente (Dse); Savana Arborizada sem floresta-de-galeria (Sas); Savana Florestada (Sd); Savana Parque com floresta-de-galeria (Spf); Savana Parque sem floresta-de-galeria (Sps); Vegetação Secundária sem palmeiras (Vss); Culturas Cíclicas (Acc) e áreas de pastagem (Ap). A Figura 40 apresenta a descrição das fitofisionomias vegetais identificadas no município de Santana.

Figura 40 - Mapa de Fitofisionomias Vegetais do Município de Santana, seguindo a classificação de IBGE (2008).



Fonte: Modificado de IBGE (2008).

Segundo a descrição de IBGE (2012), através do Manual Técnico da Vegetação Brasileira, as Florestas Ombrófilas consistem em tipos de vegetação caracterizado pela presença de fanerófitos²², nas subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de “lianas²³ lenhosas” e epífitas em abundância. Este tipo de vegetação ocorre em regiões climáticas tropicais de elevada temperatura e alta pluviosidade bem distribuída durante o ano.

Ainda de acordo com IBGE (op.cit), as Florestas Ombrófilas dividem-se em duas formas de distribuição espacial: Densa e Aberta. As Florestas Ombrófilas Densa correspondem as formas de vegetação mais adensadas, com maior percentual de ocupação espacial amostral. As Florestas Ombrófilas Abertas correspondem as formas de vegetação caracterizada pela distribuição espacial de maior amplitude e menor densidade de ocupação.

No que concerne os aspectos de climatologia e topografia, as Florestas Ombrófilas Densa dividem-se em cinco formações vegetais: Aluvial, Terras Baixas, Submontana, Montana e Alto Montana. Para o município de Santana foram identificadas as formações Aluvial, Terras Baixas e Submontana.

As Florestas Ombrófilas Densa Aluvial (Dau) consistem em formações vegetais ribeirinhas, ou de floresta ciliar, que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias. Este tipo de formação caracteriza-se pela presença de macro, meso e microfanerófitos de rápido crescimento, raízes tabulares, lianas lenhosas e herbáceas, além do grande número de epífitas (IBGE, op. cit).

As Florestas Ombrófilas Densa de Terras Baixas (Db) são formações que ocupam as planícies costeiras, capeadas por tabuleiros do Grupo Barreiras com composição florística bastante típica, caracterizada por ecótipos dos gêneros *Ficus*, *Alchornea* e *Handroanthus*. Esta formação ocorre em terrenos quaternários situados

²² Fanerófitos – Plantas lenhosas com gemas aéreas protegidas por catafilos e situadas acima de 0,25 m do solo (IBGE, 2012).

²³ Lianas – Plantas lenhosas e/ou herbáceas trepadoras com gemas situadas acima do solo, protegidas ou não por catafilos, predominantes em áreas florestais (IBGE, 2012).

pouco acima do nível do mar, nas planícies formadas pelo assoreamento devido à erosão existente nas terras costeiras e enseadas marítimas.

As Florestas Ombrófilas Densa Submontana (Dse) consistem em formações vegetais compostas, principalmente, por fanerófitos de alto porte com altura aproximadamente uniforme. A submata é integrada por plântulas de regeneração natural, palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas. Este tipo de formação vegetal ocorre em áreas dissecadas de relevo montanhoso e planaltos com solos mediamente profundos.

A Savana é o tipo de vegetação xenomorfa composta por sinúsias de hemiptófitos, geófitos, caméfitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte. Este tipo de vegetação está associado a ocorrência de solos lixiviados formados em zona Neotropical sob diversos tipos de clima. Destaca-se que neste tipo de vegetação estão presentes diversas composições florísticas que, face a suas peculiaridades, permitem subdividir esta fitofisionomia em quatro subgrupos de formação: Florestada; Arborizada; Parque e Gramíneo-Lenhosa. Para o município de Santana foram identificadas as formações: Florestada, Arborizada e Parque.

A Savana Florestada (Sd) consiste no tipo de vegetação composta por sinúsias lenhosas de micro e nanofanerófitos, tortuosos com ramificação irregular, de alturas médias variáveis entre 6 a 8 metros. Esta fitofisionomia está associada a áreas areníticas lixiviadas de solos profundos e clima tropical eminentemente estacional.

A Savana Arborizada (Sas) corresponde ao tipo de formação natural ou antropizada com duas fisionomias presentes: uma nanofanerófitica rala e outra hemiptófitica graminóide contínua, sujeita ao fogo anual. Esta condição favorece a ocorrência de áreas abertas e outras mais adensadas.

A Savana Parque (Sps) consiste no tipo de formação vegetal constituída essencialmente por um extrato gramínoide, integrado por hemiptófitos e geófitos de florística natural ou antropizada, entremeado por nanofanerófitos isolados. Este tipo de vegetação, quando associado a ação antrópica, está presente em todas as

regiões do Brasil. Quando associado a formações naturais, ocorrem em feições de campos litossólicos e/ou rupestres.

As fitofisionomias Vegetação Secundária (Vss), Culturas Cíclicas (Acc) e áreas de pastagem (pecuária) (Ap) estão associadas a existência de áreas antropizadas, decorrentes da expansão de perímetros urbanos, ou atividades econômicas determinadas ou indiscriminadas que favorecem a degradação vegetal e processos antrópicos diversos.

5.5 HIDROGRAFIA

O Estado do Amapá está inserido na Região Hidrográfica Amazônica, mas especificamente, nas bacias hidrográficas Amazonas e Costeira do Atlântico Norte (ANA, 2013). No contexto regional, de acordo com IEPA (2004) e SEMA (2012), o Estado do Amapá apresenta 39 bacias hidrográficas, das quais 6 são consideradas insulares, que em sua maioria desaguam no oceano atlântico. As bacias hidrográficas de maior extensão no estado correspondem as bacias do Rio Araguari, Oiapoque e Jari, que juntas totalizam 84.953,52 km² de extensão.

O município de Santana insere-se nas bacias hidrográficas do Rio Vila Nova, Rio Matapi, Igarapé da Fortaleza e Ilha de Santana. A Tabela 8 apresenta a descrição das áreas ocupadas, em km², pelas bacias hidrográficas do estado do Amapá, de acordo com SEMA (op. cit.) e a Figura 41 ilustra a sua disposição geográfica no espaço amapaense.

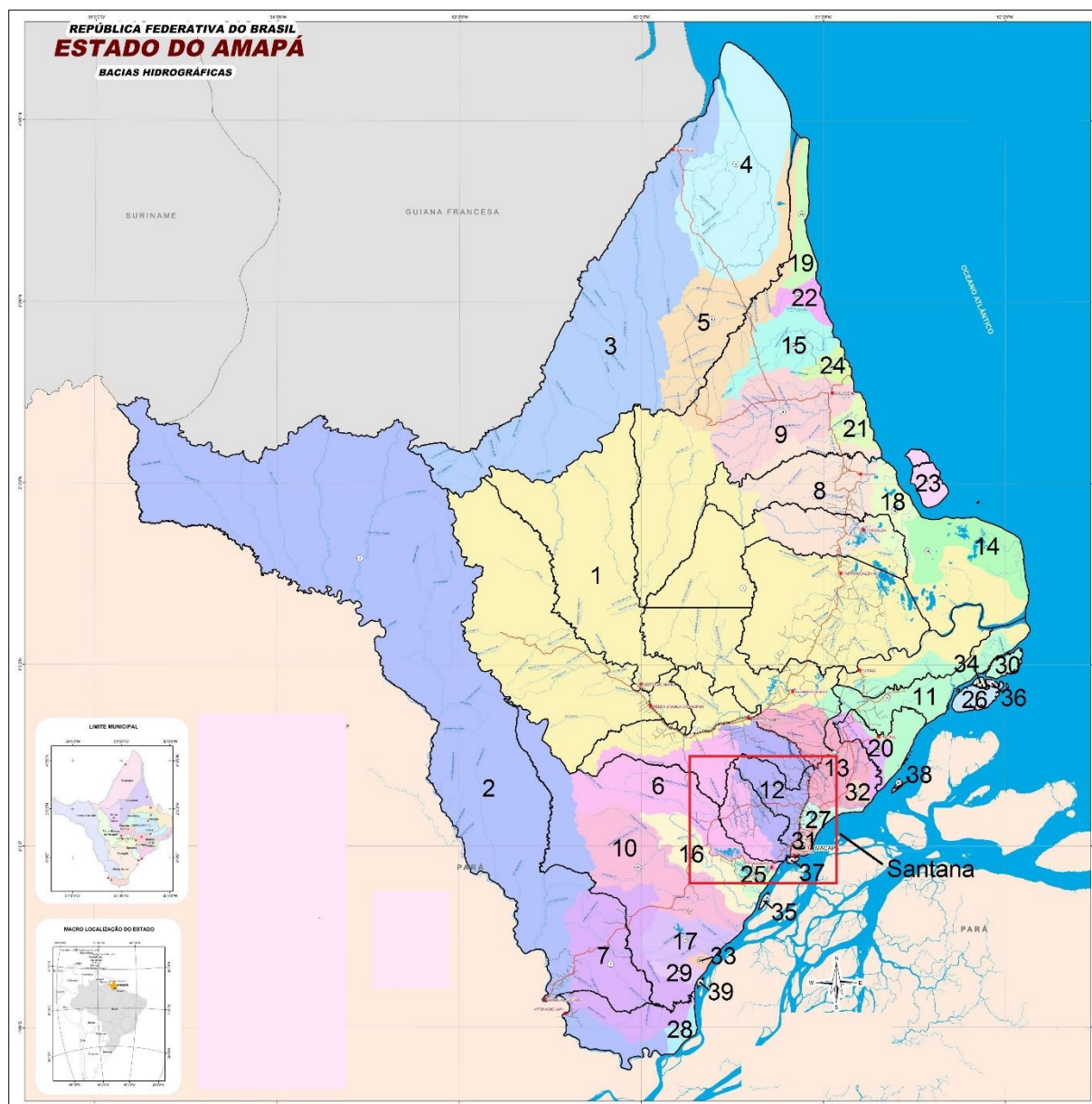
Tabela 8 – Principais Bacias Hidrográficas e suas áreas de ocupação no Estado do Amapá, com destaque para as bacias (6, 12, 31 e 37) que integram a área do município de Santana.

Nº	NOME	ÁREA Km ²		Nº	NOME	ÁREA Km ²
1	Bacia do Rio Araguari	41.992,05		21	Bacia do Rio Novo	586,94
2	Bacia do Rio Jari	30.471,66		22	Bacia do Igarapé Grande Crique	521,62
3	Bacia do Rio Oiapoque	12.489,81		23	Bacia da Ilha do Maracá	521,01
4	Bacia do Rio Uaçá	6.490,84		24	Bacia do Rio Lamute	442,56
5	Bacia do Rio Cassiporé	5.464,41		25	Bacia do Rio Mazagão	339,76

6	Bacia do Rio Vila Nova	5.063,84		26	Bacia da Ilha Curuá	345,45
7	Bacia do Rio Cajarí	4.921,91		27	Bacia do Rio Curiaú	300,98
8	Bacia do Rio Flexal	4.618,86		28	Bacia do Igarapé Matauaú	283,03
9	Bacia do Rio Calçoene	3.465,54		29	Bacia do Igarapé Tambaqui	253,89
10	Bacia do Rio Maracá-Pucu	3.394,88		30	Bacia da Ilha do Bailique	231,46
11	Bacia do Rio Gurijuba	3.367,72		31	Bacia do Igarapé Fortaleza	190,83
12	Bacia do Rio Matapi	2.540,36		32	Bacia do Rio Ipixuna Grande	139,86
13	Bacia do Rio Pedreira	2.217,37		33	Bacia do Rio Ariramba	101,70
14	Bacia do Rio Sucuriju	2.163,76		34	Bacia da Ilha do Faustino	35,41
15	Bacia do Rio Cunani	1.749,81		35	Bacia da Ilha Açougue	25,11
16	Bacia do Rio Preto	1.384,85		36	Bacia da Ilha Brigue	23,98
17	Bacia do Rio Ajuruxi	1.256,36		37	Bacia da Ilha de Santana	20,29
18	Bacia do Rio Macarri	1.164,73		38	Bacia da Ilha Pedreira	16,54
19	Bacia do Igarapé Marecal	810,80		39	Bacia da Ilha Cajarí	7,79
20	Bacia do Rio Macacoari	629,89				
TOTAL						140.047,66

Fonte: Modificada de SEMA (2012).

Figura 41 - Bacias Hidrográficas do Estado do Amapá. Destaque para o município de Santana onde insere-se as Bacias Hidrográficas do Rio Vila Nova (6), Rio Matapi (12), Igarapé da Fortaleza (31) e Ilha de Santana (37). Modificado de SEMA (2012).



5.6 ÁREAS DE USO RESTRITO: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, TERRAS INDÍGENAS E COMUNIDADES QUILOMBOLAS

O Estado do Amapá possui cerca de 62% do seu território delimitado por áreas protegidas, o equivalente a uma área de 8.798.040,31 ha de extensão, inseridas em modalidades especiais de proteção. De acordo com Drummond, Dias e Brito (2008), o Estado do Amapá possui 19 Unidades de Conservação - UC, divididas em 11 unidades de Proteção Integral e 8 de Uso Sustentável, das quais 12 estão sob a gestão do governo federal, 5 estaduais e 2 municipais. Destaca-se que, pelo menos 15 dos 16 municípios amapaenses possuem algum tipo de restrição de uso. A Tabela 9 apresenta as unidades de conservação existentes no Estado do Amapá.

Tabela 9 – Unidades de Conservação do Estado do Amapá. Destaque para o município de Santana-AP com uma UC do tipo Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN denominada REVECOM (9).

Nº	NOME	JURISDIÇÃO	GRUPO	ÁREA (ha)	% TERRITÓRIO DO AMAPÁ	MUNICÍPIO ABRANGIDOS
1	Parque Nacional de Cabo Orange	Federal	Proteção Integral	339.773,70	2,80	Calçoene, Oiapoque
2	Reserva Biológica do Lago Piratuba	Federal	Proteção Integral	357.000,00	2,50	Tartarugalzinho, Amapá
3	Estação Ecológica Maracá-Jipioca	Federal	Proteção Integral	72.000,00	0,50	Amapá
4	Estação Ecológica do Jari	Federal	Proteção Integral	67.675,72	0,47	Laranjal do Jari e Almerim (PA)
5	Floresta Nacional do Amapá	Federal	Uso Sustentável	412.000,00	2,88	Amapá, Ferreira Gomes, Pracuúba
6	Reserva Extrativista do Rio Cajarí	Federal	Proteção Integral	501.771,00	3,51	Laranjal do Jari, Mazagão, Vitória do Jari
7	Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque	Federal	Proteção Integral	3.828.923,00	26,81	Calçoene, Laranjal do Jari, Oiapoque, Pedra Branca

						do Amaparí, Serra do Navio e Almerim (PA)
8	Reserva Particular do Patrimônio Natural Retiro Paraíso	Federal	Uso Sustentável	46,75	<0,01	Macapá
9	Reserva Particular do Patrimônio Natural REVECOM	Federal	Uso Sustentável	17,18	<0,01	Santana
10	Reserva Particular do Patrimônio Natural Seringal Triunfo	Federal	Uso Sustentável	9.996,16	0,07	Ferreira Gomes
11	Reserva Particular do Patrimônio Natural Retiro Boa Esperança	Federal	Uso Sustentável	43,01	<0,01	Porto Grande
12	Reserva Particular do Patrimônio Natural Aldeia Ekinox	Federal	Uso Sustentável	10,87	<0,01	Macapá
13	Área de Proteção Ambiental da Fazendinha	Estadual	Uso Sustentável	136,59	<0,01	Macapá
14	Reserva Biológica do Parazinho	Estadual	Proteção Integral	111,32	<0,01	Macapá
15	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Iratapuru	Estadual	Uso Sustentável	806.184,00	5,64	Laranjal do Jari, Mazagão e Pedra Branca do Amapari
16	Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú	Estadual	Uso Sustentável	21.676,00	0,15	Macapá
17	Floresta Estadual	Estadual	Uso	2.320.304,75	16,25	Serra do Navio,

	do Amapá		Sustentável			Pedra Branca do Amaparí, Mazagão, Porto Grande, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Parcuúba, Amapá, Calçoene e Oiapoque
18	Parque Natural Municipal do Cancão	Municipal	Proteção Integral	370,26	<0.01	Serra do Navio
19	Reserva Extrativista Beija-Flor Brilho de Fogo	Municipal	Uso Sustentável	68.524,20	0,48	Pedra Branca do Amapari
TOTAL				8.798.040,31	61,60	

Fonte: Modificada de Drummond, Dias e Brito (2008).

No que se refere as Unidades de Conservação, o município de Santana apresenta uma única unidade do tipo Uso Sustentável, sendo esta uma Reserva Particular do Patrimônio Natural denominada RPPN-REVECOM, que ocupa uma área de 17,18 ha, ou 0,1718 Km², o equivalente a menos de 0,01 % do território santanense, que totaliza uma área de 1.579,608 km².

Quanto as Terras Indígenas, o Estado do Amapá possui 5 áreas indígenas demarcadas pela Fundação Nacional do Índio – FUNAI. Estas áreas são compostas pelos territórios Uaçá, Juminã, Galibí, Waiãpi e Tumucumaque, e correspondem a 8,29% do território amapaense. Cabe salientar que não foram identificadas Terras Indígenas no município de Santana.

Quanto aos demais aspectos restritivos, no município de Santana foram identificadas a existência de 6 Comunidades Quilombolas, devidamente reconhecidas pelo Ministério da Cultura e Fundação Cultural Palmares - FCP através da Portaria nº 84, de 08 de junho de 2015 (PALMARES, 2015). Estas correspondem as comunidades São Raimundo do Pirativa, Alto Pirativa, Cinco Chagas, Engenho do Matapí, Nossa Senhora do Desterro dos Dois Irmãos e Igarapé do Lago. A Tabela 10 apresenta a relação das comunidades quilombolas identificadas no município de Santana e devidamente reconhecidas pela FCP.

Tabela 10 - Comunidades Quilombolas identificadas no município de Santana-AP.

Nº	COMUNIDADE	ID QUILOMBOLA	PROCESSO FCP	DATA D.O.U. FCP
1	São Raimundo do Pirativa	137	01420.002942/2006-48	13/12/2006
2	Alto Pirativa	1187	01420.001757/2007-17	28/04/2010
3	Cinco Chagas	1188	01420.002363/2009-48	28/04/2010
4	Engenho do Matapí	1189	01420.001680/2009-47	19/11/2009
5	Igarapé do Lago	1190	01420.007090/2011-42	17/06/2011
6	Nossa Senhora do Desterro dos Dois Irmãos	1191	01420.002984/2009-21	24/03/2010

Fonte: PALMARES (2015).

Destaca-se que as comunidades quilombolas do município de Santana possuem localização geográfica definida. Entretanto, para delimitação de seus territórios, estas comunidades ainda serão submetidas ao processo de regularização fundiária. A Figura 43 apresenta as áreas restritivas no município de Santana com a localização das comunidades quilombolas e da UC RPPN-REVECOM.

6 APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A ALOCAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DESTINADAS A ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA.

Neste capítulo será realizada a aplicação do método proposto pela presente pesquisa para a alocação de áreas potenciais destinadas a implantação de aterro sanitário no município de Santana. Para esta aplicação serão consideradas as informações apresentadas no referencial teórico (Cap.2), em consonância com a metodologia proposta pela análise multicritério – AMC (Item 2.5), através da definição de critérios restritivos (CR) e favoráveis (CF) (Item 2.6) que foram analisados a partir das informações apresentadas na caracterização dos aspectos fisiográficos do município da Santana (Cap.5).

A aplicação do método baseia-se na realização de três etapas distintas: normalização dos critérios ponderáveis; atribuição de pesos aos critérios e agregação (combinação) dos critérios, tendo como resultado um produto cartográfico síntese com a indicação das áreas potenciais para alocação de aterro sanitário.

A primeira etapa foi realizada a partir da definição de 9 (nove) critérios técnicos utilizados para subsidiar a pesquisa, considerando as normas técnicas e legislações vigentes, além de critérios técnicos adotados usualmente pela literatura. Estes critérios foram divididos em dois subgrupos denominados de Fatores e Restrições. No primeiro subgrupo foram considerados os aspectos técnicos favoráveis para a definição de potencialidades, cujo grau de aptidão seja considerável favorável para implantação de aterro sanitário. No segundo subgrupo foram considerados os aspectos técnicos restritivos que inviabilizam a implantação do aterro sanitário. Em seguida, os critérios técnicos foram normalizados em escala de valores de 0 a 255 através do processo de reclassificação, conforme apresentado no subitem 4.4.3.3.

As etapas seguintes foram realizadas através da atribuição de pesos específicos a cada critério, considerando o grau de importância para a análise, sendo submetidos ao processo de comparação par a par (AHP) (subitem 4.4.3.3) e finalizados através do processo de agregação dos resultados (WLC)(subitem 4.3.3.4).

Os critérios técnicos adotados pela pesquisa que integram o Subgrupo I são aqui denominados de Fatores Ambientais Favoráveis - FAF foram: **FAF1**-Geologia, **FAF2**-Geomorfologia, **FAF3**-Pedologia, **FAF4**-Vegetação, enquanto aqueles que integram o Subgrupo II são denominados de Fatores Ambientais Restritivos - FAR são: **FAR1**-Distância dos cursos d'água, **FAR2**-Distância dos centros urbanos, **FAR3**-Áreas Restritas, **FAR4**-Distância de Aeroportos e **FAR5**-Densidade demográfica. Estes critérios foram classificados de acordo com suas condições restritivas e favoráveis, sendo que os critérios do Subgrupo I (FAF1, FAF2, FAF3 e FAF4) foram considerados **Fatores** e os critérios do Subgrupo II (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4 e FAR5) foram considerados **Restrições**.

Por fim, para subsidiar a análise de alternativas locais de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário, apresenta-se o cálculo de dimensionamento de área preliminar necessária para a instalação do aterro sanitário no município de Santana, a partir da aplicação da metodologia apresentada no item 2.8, para qual foram calculadas projeções de quantidade e volume de RSU produzidos pelo município de Santana, bem como estimativas de área necessária para a disposição final adequada dos RSU durante o período de operação do aterro sanitário, dimensionado para uma vida útil de 20 anos (2016-2036).

A seguir serão apresentadas as considerações observadas para Fatores e Restrições durante a aplicação do método de Análise Multicritério para a alocação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

6.1 SUBGRUPO I - FATORES AMBIENTAIS FAVORÁVEIS (FAF1, FAF2, FAF3, FAF4).

6.1.1 Geologia (FAF1)

Os aspectos geológicos identificados no município de Santana destacam a ocorrência de 3 unidades geológicas: Complexo Tumucumaque (A3PP2tu), Grupo Barreiras (ENb) e Depósitos Aluvionares (Q2a) (vide Figura 34, Pag.117). Ressalta-se que para a alocação de áreas destinadas a implantação de aterro sanitário, deve-se priorizar formações geológicas que apresentem condições de baixa porosidade e

permeabilidade, a fim de reduzir as possibilidades de contaminação dos aquíferos potenciais, e que estas devem ter características argilosas em detrimento de formações arenosas.

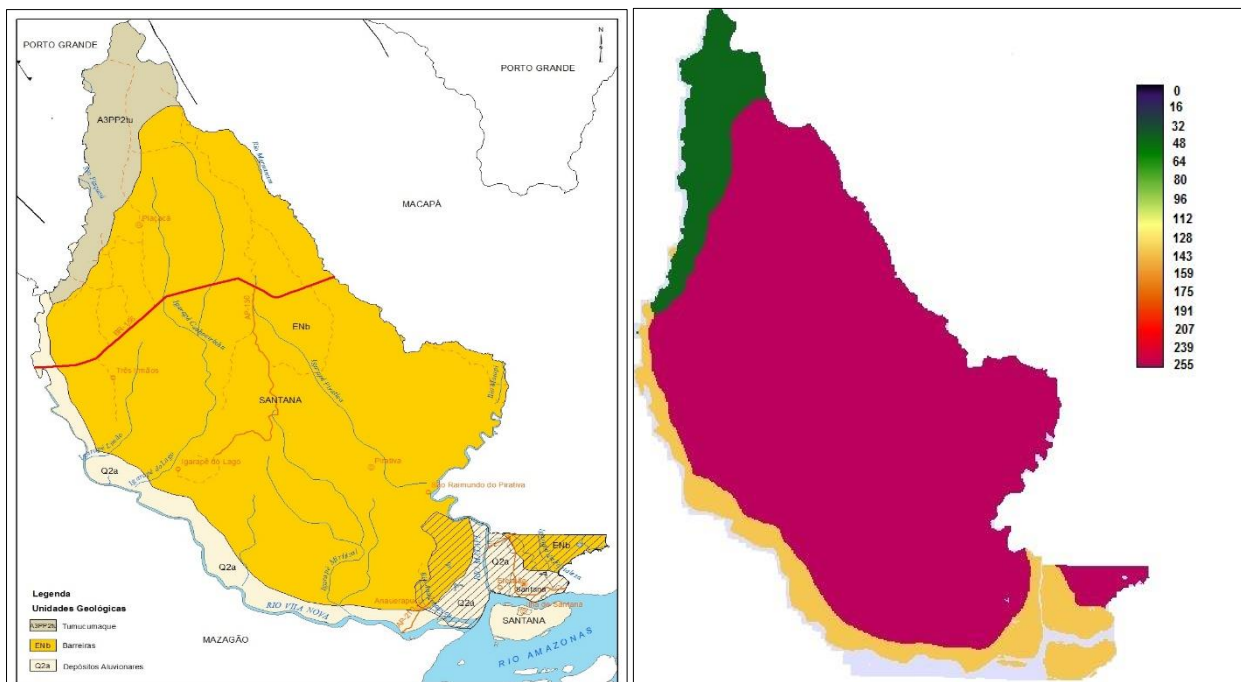
Destaca-se que apesar das unidades geológicas do Complexo Tumucumaque (A3PP2tu) apresentarem as menores condições de porosidade e permeabilidade em função de integrarem embasamento cristalino. Estas unidades também se caracterizam pela potencial ocorrência de falhas geológicas que podem estar associadas a condição de risco de percolação do chorume e contaminação do lençol freático. Por este motivo, atribui-se maior valor de peso (255) a unidade geológica Grupo Barreiras (ENb), por considerar que esta unidade apresenta menores condições de porosidade e permeabilidade quando comparados com as unidades geológicas Depósitos aluvionares (Q2a), que estão associadas a planícies de inundação. As unidades geológicas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, discutido no item 4.4.3.3, conforme apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores de peso atribuídos ao fator geologia para a aplicação da análise multicritério.

Formação Geológica	Peso
Complexo Tumucumaque (A3PP2tu)	50
Grupo Barreiras (ENb)	255
Depósitos Aluvionares (Q2a)	150

Após a aplicação de pesos específicos nas unidades geológicas identificadas realiza-se o processo de normalização dos valores na escala de 0 a 255 obtendo-se uma nova composição espacial das unidades de análise. A Figura 44 apresenta o resultado do processo de normalização do Fator Geologia utilizado na análise multicritério.

Figura 44 – Resultado do processo de normalização do FAF Geologia utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do Fator Geologia (FAF1) indicam que as áreas de maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nas unidades geológicas do Grupo Barreiras (ENb), seguidas das unidades denominadas Depósitos Aluvionares (Q2a), sendo que as unidades geológicas do Complexo Tumucumaque (A3PP2tu) apresentaram os menores valores potenciais de aptidão.

Destaca-se que a análise do FAF1 obteve com resultado a elaboração do Mapa Geológico do município de Santana apresentado no Apêndice A.

6.1.2 Geomorfologia (FAF2)

Para a análise do FAF Geomorfologia foram consideradas as informações referentes a compartimentação geomorfológica identificada no município de Santana (vide Figura 36, p.121), acrescida das informações de declividade extraídas da Base de Dados Cartográficos produzidas pelo Mapa de Geodiversidade do Amapá, elaborado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014). A análise dos aspectos geomorfológicos do município de Santana destaca a ocorrência de 3 Unidades Geomorfológicas: Colinas do Amapá, Tabuleiros Costeiros do Amapá e

Planície Amazônica. Para a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário é recomendável a escolha de unidades geomorfológicas com relevos de menor amplitude e declividade, sendo estes menos suscetíveis a movimentos de massa e a ocorrência de processos erosivos, conforme discutido no item 4.4.3.1.

Neste contexto, segundo a norma técnica ABNT/NBR 13896/1997, durante a escolha de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário deve-se privilegiar áreas com menor declividade, sendo estabelecido o limiar de declividade mínima de 1% e máxima de 30%, sendo desejável áreas com menor declividade que representam áreas de maior aptidão.

Destaca-se que, apesar das unidades geomorfológicas Tabuleiros Costeiros do Amapá e Planície Amazônica apresentarem valores de declividade de relevo semelhantes (0° a 3°), as unidades do tipo Tabuleiros Costeiros do Amapá apresentam maior valor de peso, quando comparados as unidades da Planície Amazônica, tendo em vista que os Tabuleiros Costeiros do Amapá apresentam características geomorfológicas mais favoráveis para implantação de aterro sanitário, representando menores condições de risco e suscetibilidades para ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos. Por outro lado, as unidades da Planície Amazônica são mais suscetíveis a processos de inundação e movimentação de massa, representando áreas com menores potenciais de aptidão.

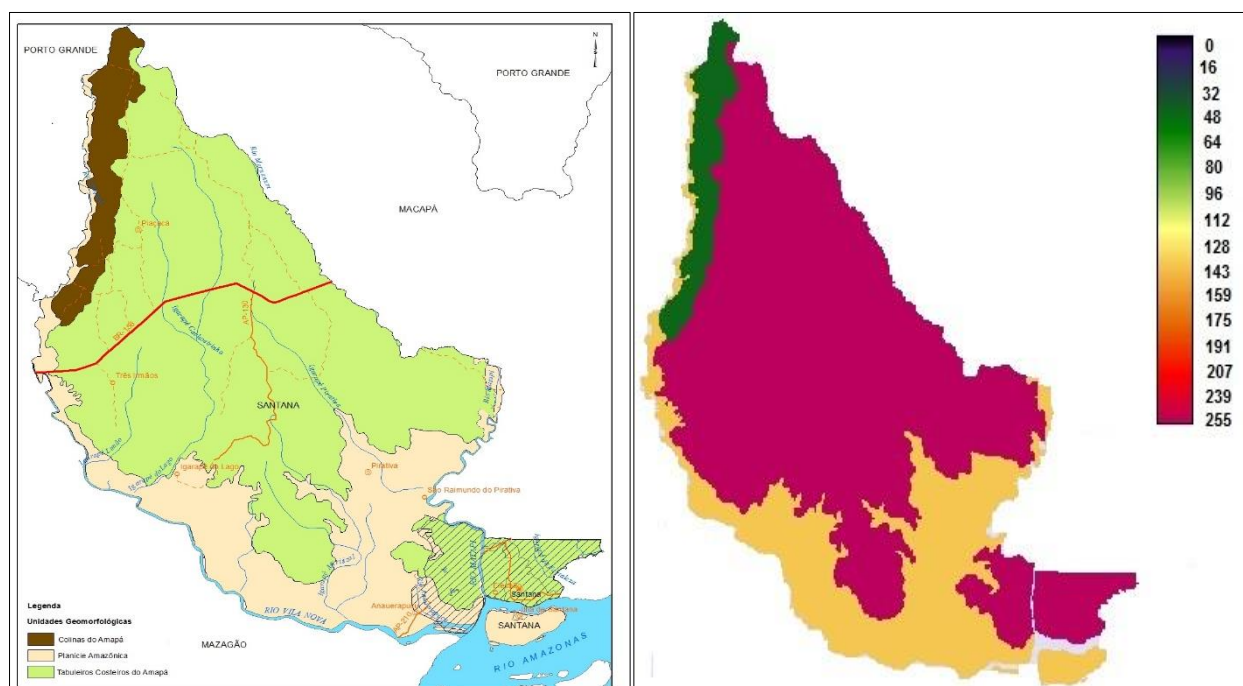
Desta forma, para a análise dos aspectos geomorfológicos do município de Santana, as unidades geomorfológicas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de peso atribuídos ao fator geomorfologia para a aplicação da análise multicritério.

Unidade Geomorfológica	Declividade	Peso
Colinas do Amapá	3°-10°	50
Tabuleiros Costeiros do Amapá	0°-3°	255
Planície Amazônica	0°-3°	150

A nova composição das unidades de análise para o Fator Geomorfologia apresenta os resultados do processo de normalização dos valores de peso considerados durante a aplicação da análise multicritério. A Figura 45 apresenta o resultado do processo de normalização do Fator Geomorfologia (FAF2) utilizado na análise multicritério.

Figura 45 – Resultado do processo de normalização do FAF2 Geomorfologia utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do Fator Geomorfologia (FAF2) indicam que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas na unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros do Amapá, seguida das unidades correspondentes a Planície Amazônica, sendo que as unidades geomorfológicas Colinas do Amapá apresentaram os menores valores potenciais de aptidão.

Destaca-se que a análise do FAF2 obteve com resultado a elaboração do Mapa Geomorfológico do município de Santana apresentado no Apêndice B.

6.1.3 Pedologia (FAF3)

Durante o processo de seleção de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário deve-se optar, prioritariamente, por áreas compostas por tipologias de solo cuja característica de impermeabilidade natural seja considerada elevada, tendo em vista a necessidade de redução de riscos de contaminação do solo e de potenciais aquíferos e corpos d'água localizados nas proximidades da área de implantação do aterro sanitário, conforme discutido no item 4.4.3.1.

No município de Santana foram identificadas a ocorrência de 5 tipologias de solo (vide Figura 38, p.127): Latossolo Amarelo Distrófico (Lad), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (GXbe) e Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (GXve). Para a análise do Fator Pedologia as tipologias de solo identificadas no município de Santana foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores de peso atribuídos ao fator pedologia para a aplicação da análise multicritério.

Tipos de Solo	Peso
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (GXve)	60
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (GXbe)	75
Latossolo Amarelo Distrófico (Lad)	255
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd)	200
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)	150

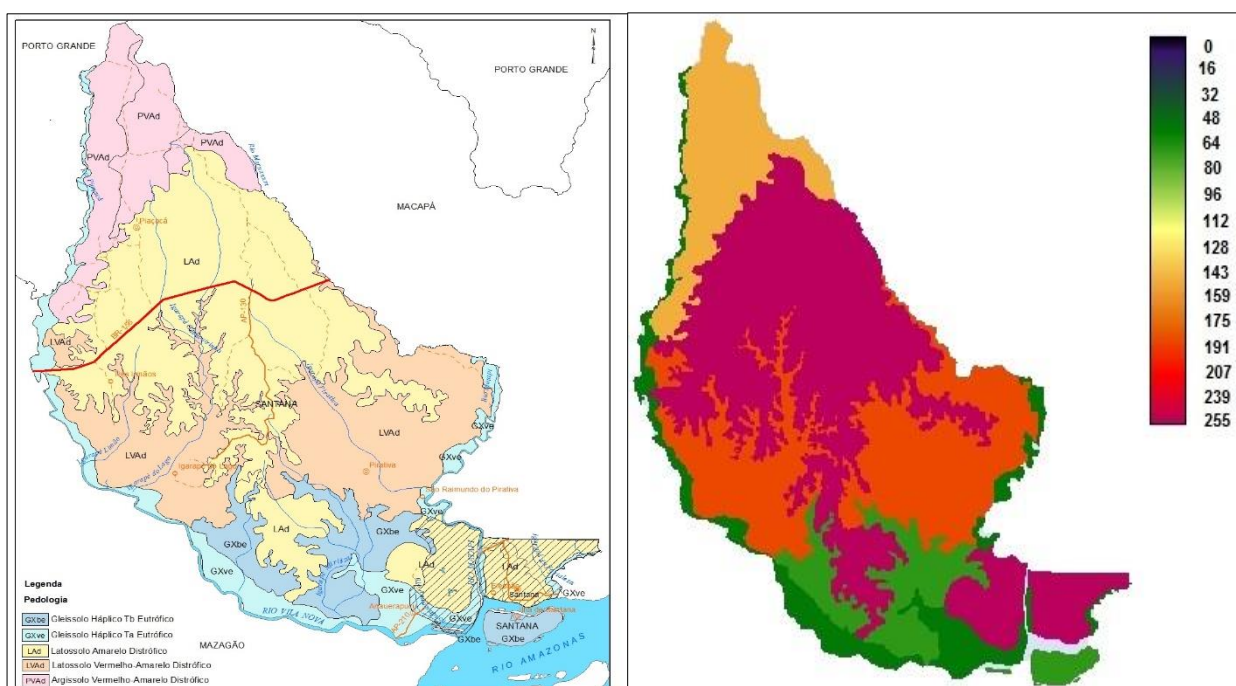
Durante o processo de análise, os solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (Lad) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) obtiveram os maiores valores de peso, quando comparados aos Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), tendo em vista que solos do tipo Lad e LVAd apresentam uma boa impermeabilidade natural e ampla disponibilidade para o ambiente amazônico, em função de suas características de maior profundidade.

Por outro lado, apesar de solos do tipo PVAd apresentarem, em sua composição, teores de argila superiores ao Lad e LVAd, demonstrando melhores

condições de impermeabilidade natural, os PVAd caracterizam-se por serem solos rasos, com baixa profundidade, geralmente, localizados próximos a superfície. Esta condição infere que os PVAd podem ser potencialmente removidos, ou ter seu horizonte da camada reduzidos, em função dos processos de movimentação de solo realizados durante a construção e operação do aterro sanitário.

A aplicação de pesos específicos para as tipologias de solo, permite a construção de uma nova unidade de análise baseada nos resultados obtidos após o processo de normalização dos valores de peso do Fator Pedologia. A Figura 46 apresenta o resultado do processo de normalização do Fator Pedologia (FAF3) utilizado na análise multicritério.

Figura 46 - Resultado do processo de normalização do FAF3 Pedologia utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do Fator Pedologia (FAF3) indicam que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nos tipos de solo Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), seguida das tipologias correspondente ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Gleissolo Háplico Tb Eutrófico (GXbe) e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (GXve), sendo que os solos do tipo Gleissolos apresentaram os menores valores potenciais de aptidão.

Destaca-se que a análise do FAF3 obteve com resultado a elaboração do Mapa Pedológico do município de Santana apresentado no Apêndice C.

6.1.4 Vegetação (FAF4)

Os aspectos do FAF Vegetação analisado indicam que o município de Santana caracteriza-se pela ocorrência de 13 fitofisionomias vegetais (Figura 40, p.131): Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras (Aap); Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel uniforme (Dau); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (Db); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente (Dbe); Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel uniforme (Dbu); Floresta Ombrófila Densa Submontanha Dossel emergente (Dse); Savana Arborizada sem floresta-de-galeria (Sas); Savana Florestada (Sd); Savana Parque com floresta-de-galeria (Spf); Savana Parque sem floresta-de-galeria (Sps); Vegetação Secundária sem palmeiras (Vss); Culturas Cíclicas (Acc) e áreas de pastagem (Ap).

Considerando que para a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário é recomendável a escolha de áreas de baixa composição florestal, desflorestamento, ou sob influência de processos antropogênicos, conforme discutido no item 4.4.3.1. Neste contexto, deve-se evitar a escolha de fitofisionomias mais densas, composta por vegetação primária de relevante interesse ambiental para a manutenção e o equilíbrio dos ecossistemas. Para análise do Fator Vegetação a fitofisionomias vegetais foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de peso atribuídos ao fator vegetação para a aplicação da análise multicritério.

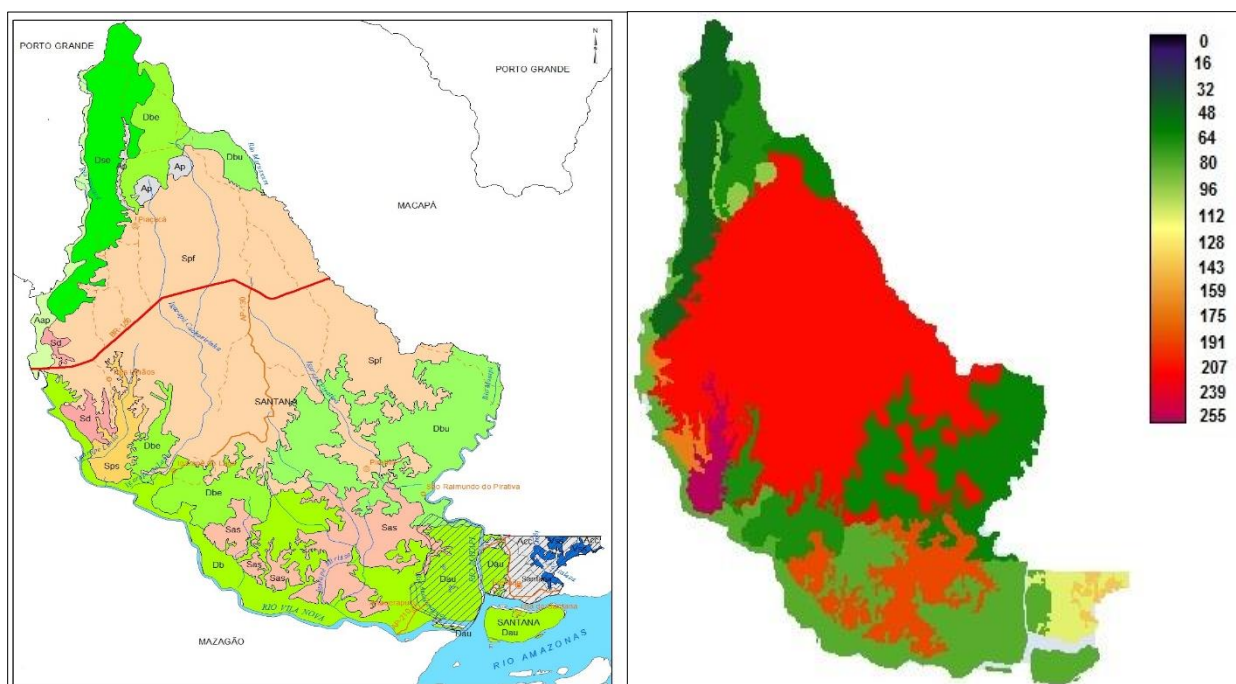
Fitofisionomias Vegetais	Peso
Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras (Aap)	90
Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel Uniforme (Dau)	85
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (Db)	75
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Emergente (Dbe)	70
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Uniforme (Dbu)	65

Floresta Ombrófila Densa Submontanha Dossel Emergente (Dse)	50
Savana Arborizada sem floresta de galeria (Sas)	200
Savana Florestada (Sd)	180
Savana Parque com floresta de galeria (Spf)	220
Savana Parque sem floresta de galeria (Sps)	255
Vegetação Secundária sem palmeiras (Vss)	150
Culturas Cíclicas (Acc)	120
Áreas de Pastagem (Ap)	100

Durante o processo de análise foram observadas as melhores condições de adequabilidade para o Fator Vegetação (FAF4), tais condições consideraram as áreas de menor densidade florestal mais relevantes, quando comparadas as áreas sob influência de processos antropogênicos, onde a atividade exploratória encontra-se economicamente ativa. Este fato confere as áreas antropizadas maior potencial de aptidão para implantação de aterro sanitário, em comparação com as fitofisionomias dos tipos Florestas Ombrófilas Densa e Aberta.

A análise do Fator Vegetação resultou na composição de novas unidades de análise decorrente do processo de normalização de pesos adotados durante a aplicação da análise multicritério. A Figura 47 apresenta o resultado do processo de normalização do Fator Vegetação utilizado na análise multicritério.

Figura 47 - Resultado do processo de normalização do FAF4 Vegetação utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do Fator Vegetação (FAF4) indicam que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nas fitofisionomias vegetais compostas pelas Savanas, distribuídas sobre as diversas unidades de paisagem e formações, tais como: tipo Parque sem floresta de galeria (Sps); Parque com floresta de galeria (Spf); formações arborizadas (Sas) e florestadas (Sd); seguida das tipologias correspondentes as Vegetações Secundárias (Vss); Culturas Cíclicas (Acc) e Pastagens (Ap); sendo que as fitofisionomias vegetais referentes as Florestas Ombrófilas, do tipo Densa e Aberta, tais como: (Aap), (Dau), (Db), (Dbe), (Dbu) e (Dse) apresentaram os menores valores potenciais de aptidão.

Destaca-se que a análise do FAF4 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Vegetação do município de Santana apresentado no Apêndice D.

6.2 SUBGRUPO II - FATORES AMBIENTAIS RESTRITIVOS (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4, FAR5)

6.2.1 Distância dos cursos d'água (FAR1)

A análise dos aspectos restritivos referente a distância de cursos d'água deve considerar, segundo a NBR 13896/1997, que o aterro sanitário deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou corpo d'água. A aplicação deste critério foi realizada tendo como base a distância mínima de sua faixa marginal, a fim de atender os parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental, no que se refere a definição de Áreas de Preservação Permanente – APP, bem como um instrumento de proteção de nascentes e corpos d'água.

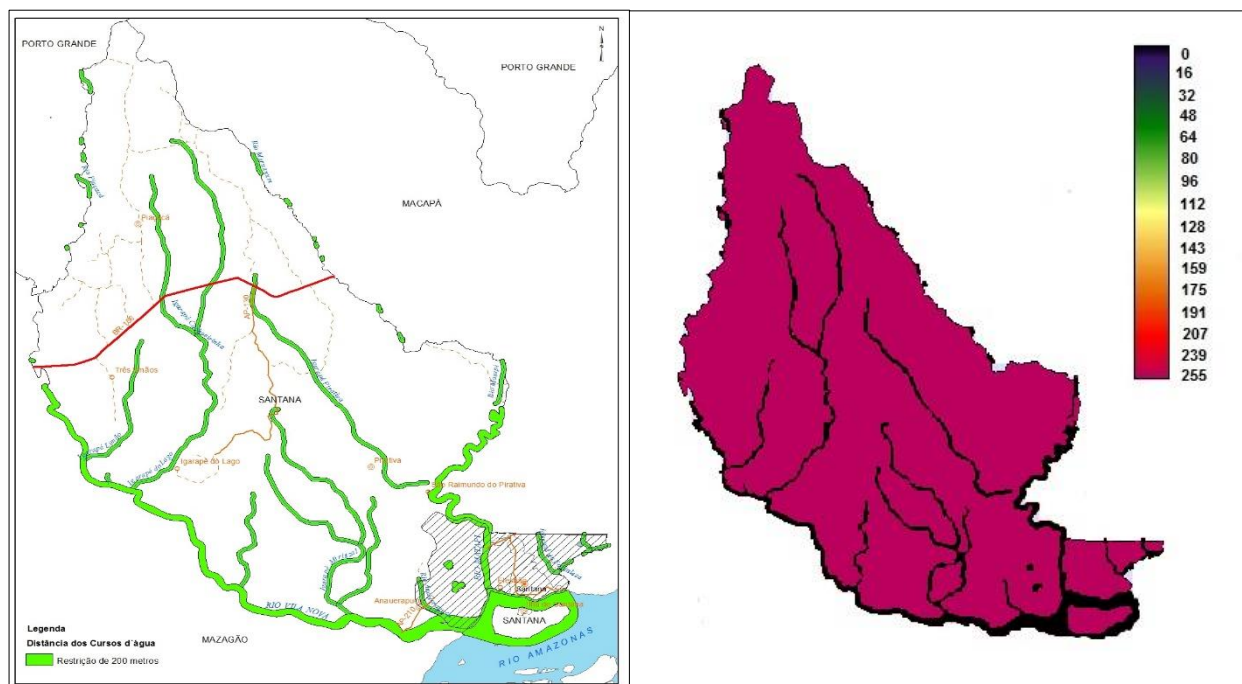
Para análise do FAR1 Distância dos cursos d'água, inicialmente, foram delimitadas as áreas restritivas localizadas a distâncias inferiores a 200 metros dos corpos d'água, assim como as áreas localizadas a distâncias superiores a 200 metros. Estas áreas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de peso atribuídos a restrição distância dos cursos d'água para a aplicação da análise multicritério.

Distância dos cursos d'água	Peso
Distância mínima \leq 200 metros	0
Distância mínima $>$ 200 metros	255

A aplicação de pesos específicos contribui para a composição de novas unidades de análise decorrente do processo de normalização. A Figura 48 apresenta o resultado do processo de normalização do FAR1 Distância dos cursos d'água utilizada na análise multicritério.

Figura 48 - Resultado do processo de normalização do FAR1 Distância dos cursos d'água utilizada na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do FAR1 Distância dos cursos d'água indicam que o município de Santana apresenta diversas áreas potencialmente restritivas, em função da ampla rede hidrográfica existente composta pelos rios principais Matapi, Vila Nova e seus tributários que deságuam no rio Amazonas.

Destaca-se que a análise do FAR1 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Distância dos Cursos d'água do município de Santana apresentado no Apêndice E.

6.2.2 Distância dos Centros Urbanos (FAR2)

O FAR2 Distância dos Centros Urbanos teve como critério de análise a identificação da distância média existente entre as áreas potenciais com relativo grau de aptidão para a implantação de aterro sanitário e os grandes centros urbanos e núcleos populacionais.

De acordo com a NBR 13896/1997, as áreas potenciais para implantação de aterro sanitário não devem se situar a menos de 500 m de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes. Esta mesma normativa considera que durante o processo de análise de alternativas locais, devem-se estabelecer critérios de razoabilidade, a fim de assegurar melhores condições de segurança e conforto ambiental as populações residentes nos núcleos urbanos.

Considerando que o município de Santana possui uma população média estimada em 110.565 habitantes (IBGE,2010) e os núcleos populacionais compostos pelas vilas e povoados próximos apresentam valores populacionais menores, de baixa representatividade, quando comparados com a população residente no centro urbano do município de Santana, para a determinação do FAR2 Distância dos centros urbanos, utilizando-se de critérios de razoabilidade, será adotado o limiar de distância mínima de 1 km para todos os núcleos urbanos e residenciais.

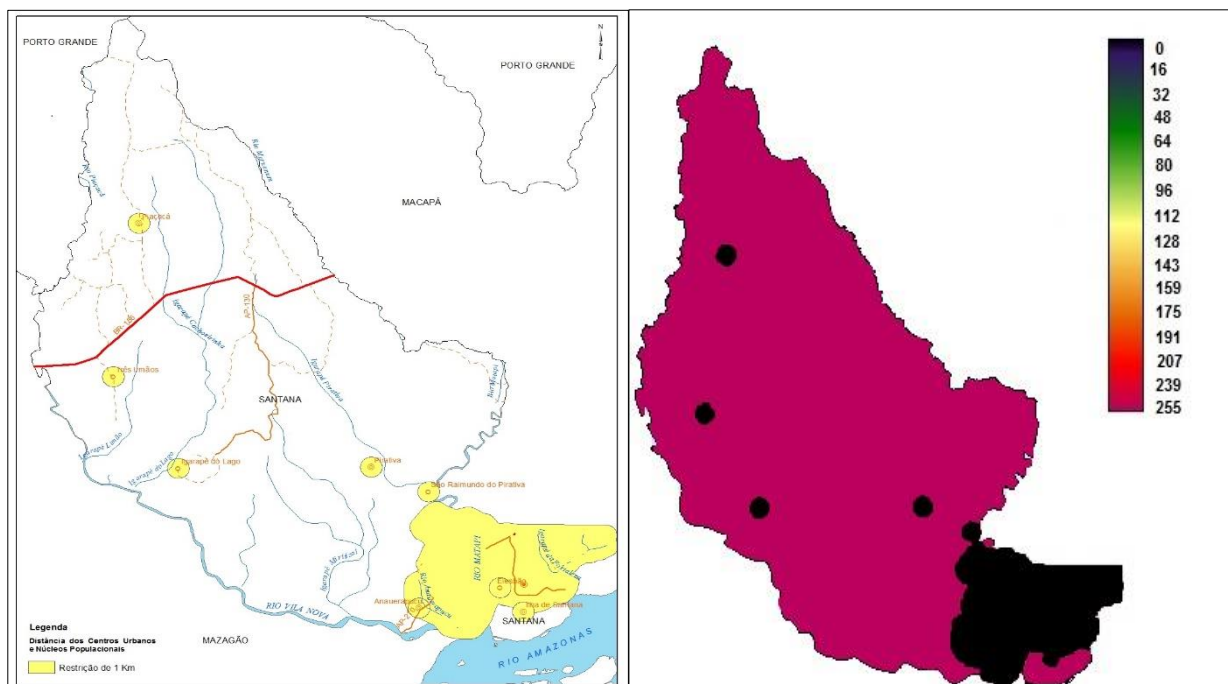
Após a aplicação dos critérios restritivos, as áreas potenciais identificadas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 - Valores de peso atribuídos a restrição distância dos centros urbanos para a aplicação da análise multicritério.

Distância dos centros urbanos	Peso
Distância mínima \leq 1 km	0
Distância mínima $>$ 1 km	255

A aplicação de pesos específicos resultou na composição de novas unidades de análise para o FAR2 Distância dos centros urbanos utilizado na análise multicritério. A Figura 49 apresenta o resultado do processo de normalização do FAR2 Distância dos centros urbanos utilizado na análise multicritério.

Figura 49 - Resultado do processo de normalização do FAR2 Distância dos centros urbanos utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do FAR2 Distância dos centros urbanos indicam que as áreas localizadas, predominantemente, próximas a sede municipal de Santana apresentam menor grau de adequabilidade, juntamente com outras áreas localizadas no entorno dos núcleos populacionais menos adensados, representando áreas de baixa aptidão para implantação de aterro sanitário. Esta condição é justificada pelo fato da sede municipal apresentar maior extensão territorial do que os demais núcleos populacionais.

Destaca-se que a análise do FAR2 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Distância dos Centros Urbanos do município de Santana apresentado no Apêndice F.

6.2.3 Áreas Restritas (FAR3)

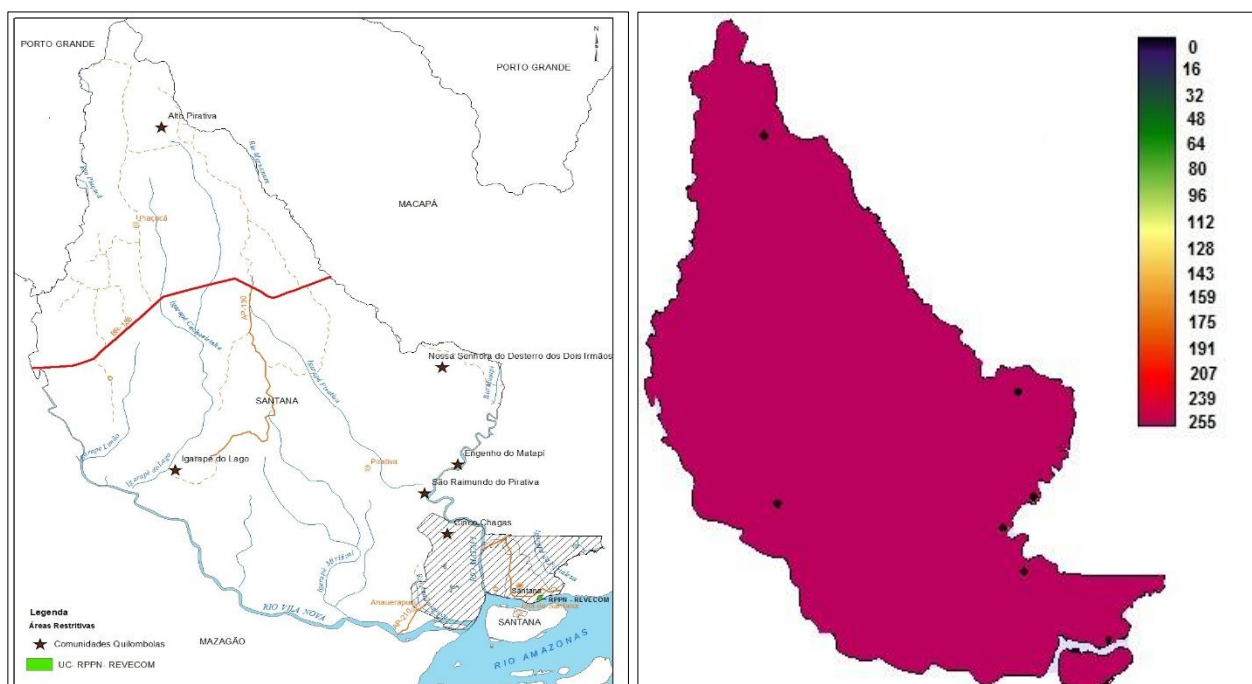
A análise do FAR3 Áreas Restritas considerou a identificação de áreas sob alguma condição restrita do ponto vista ambiental ou sociocultural. Neste contexto, para a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana foram consideradas como áreas restritas as Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas e Unidades de Conservação Ambiental. Para análise do FAR3 as áreas restritas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores de peso atribuídos a Áreas restritivas para a aplicação da análise multicritério.

Áreas restritivas	Peso
Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas e Unidades de Conservação Ambiental.	0
Outras Áreas	255

A aplicação de pesos específicos permite a composição de novas unidade de análise resultado do processo de normalização utilizado na análise multicritério. A Figura 50 apresenta o resultado do processo de normalização do FAR3 Áreas Restritas utilizada na análise multicritério.

Figura 50 - Resultado do processo de normalização do FAR3 Áreas Restritas utilizada na análise multicritério (a direita).



Durante o processo de análise não foi identificada no município de Santana a existência de nenhuma Terra Indígena. Quanto aos demais aspectos foram identificadas a existência de 6 Comunidades Quilombolas, devidamente reconhecidas pelo Ministério da Cultura e Fundação Cultural Palmares através da Portaria nº 84, de 08 de junho de 2015, conforme discutido no item 4.4.3.2. Estas comunidades correspondem as comunidades São Raimundo do Pirativa, Alto Pirativa, Cinco Chagas, Engenho do Matapí, Nossa Senhora do Desterro dos Dois Irmãos e Igarapé do Lago.

No que concerne as Áreas de Proteção Ambiental foi identificada apenas a existência de uma única Unidade de Conservação denominada RPPN-REVECOM, classificada como uma Reserva Particular do Patrimônio Natural, cuja propriedade é particular.

Os resultados do processo de normalização do FAR3 indicam que, no município de Santana, as áreas com menor grau de adequabilidade para implantação de aterro sanitário estão localizadas, em sua maioria, na região sudeste do município, especialmente, as comunidades quilombolas localizadas as proximidades do limite municipal entre as cidades de Santana e Macapá, em função da existência de outras comunidades quilombolas no município de Macapá.

Outro aspecto importante refere-se a localização da Unidade de Conservação RPPN-REVECOM, que insere-se na área urbana do município de Santana, sendo de grande importância para o zoneamento urbano municipal.

Destaca-se que a análise do FAR3 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Áreas Restritas do município de Santana apresentado no Apêndice G.

6.2.4 Distância de Aeroportos (FAR4)

A análise dos aspectos restritivos referente ao FAR4 distância de aeroportos deve considerar as premissas estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 04, de 09 de outubro de 1995, na qual são definidos os critérios de distâncias mínimas de aeródromos e aeroportos que devem ser observadas durante a escolha de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário.

Os critérios restritivos visam garantir a integridade da Área de Segurança Aeroportuária-ASA, conforme determinações da INFRAERO e Ministério da Aeronáutica. De acordo com a Resolução CONAMA N° 04, de 09 de outubro de 1995 são consideradas Áreas de Segurança Aeroportuária – ASA as áreas localizadas num raio de 20 km de aeroportos que operam por instrumentos e 13 km para aeródromos.

Apesar de não serem identificados aeroportos ou aeródromos no município de Santana, este aspecto restritivo foi considerado, visto que o município de Santana sofre a influência direta de ações decorrente das operações de pouso e decolagem de aeronaves realizadas no aeroporto da cidade de Macapá, localizado a 14 km do município de Santana.

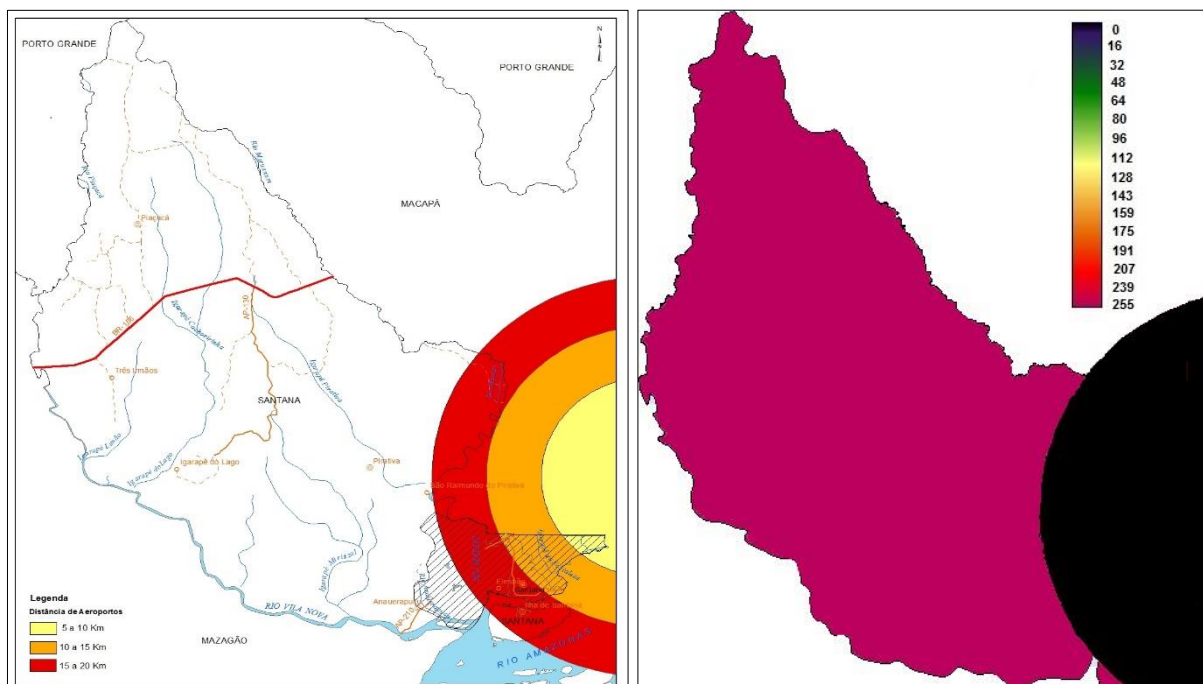
Para determinação do FAR4 Distância de aeroportos foram identificadas as áreas localizadas a distâncias inferiores a 20 km do aeroporto de Macapá, bem como as áreas localizadas a distâncias superiores. Estas áreas potenciais identificadas foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 - Valores de peso atribuídos a restrição distância de aeroportos para a aplicação da análise multicritério.

Distância de aeroportos	Peso
Distância mínima \leq 20 km	0
Distância mínima $>$ 20 km	255

O processo de normalização resultou na composição de novas unidades de análise utilizadas na escolha de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário baseada na análise multicritério. A Figura 51 apresenta o resultado do processo de normalização da Restrição distância de aeroportos utilizada na análise multicritério.

Figura 51 - Resultado do processo de normalização do FAR4 Distância de aeroportos utilizado na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do FAR4 Distância dos aeroportos indicam que as áreas com menor grau de adequabilidade estão localizadas na porção sul/sudeste do município de Santana, incluindo a área total do centro urbano municipal, a comunidade do Elesbão, grande parte da ilha de Santana, além da faixa territorial que engloba parte do rio Matapi até as proximidades da comunidade quilombola de São Raimundo do Pirativa.

Destaca-se que a análise do FAR4 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Distância dos Aeroportos do município de Santana apresentado no Apêndice H.

6.2.5 Densidade Demográfica (FAR5)

A análise dos aspectos restritivos referentes ao FAR5 Densidade Demográfica considera que durante a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário deve-se evitar a escolha de áreas de grande concentração populacional, sendo recomendável a escolha de áreas menos adensadas, com menores valores de densidade demográfica, conforme discutido no item 4.4.3.2. Para a identificação destas áreas foram utilizadas as informações do censo demográfico (IBGE, 2010) e correlacionadas com as diretrizes estabelecidas no Plano Diretor Participativo de Santana – PDPS, especialmente, na delimitação do Macrozoneamento Rural e Urbano do município.

Destaca-se que, segundo o PDPS, o município de Santana é dividido em duas Macrozonas complementares, compostas pela Macrozona Urbana e Macrozona Rural. A Macrozona Urbana compreende à porção urbanizada do território, delimitada pelo seu perímetro urbano. A Macrozona Rural compreende as demais áreas delimitadas fora do perímetro urbano, dentre as quais destacam-se a criação de 05 Distritos Municipais denominados de Anauerapucu, Igarapé do Lago, Ilha de Santana, Piaçacá e Pirativa (vide Figura 12, p.79).

Inicialmente, para calcular a densidade demográfica do município de Santana foram correlacionados os valores populacionais do censo demográfico (IBGE, 2010) com as informações de extensão territorial das Macrozonas definidas através do zoneamento realizado pelo PDPS. Desta forma, foram identificados os valores de densidade demográfica para a Macrozona Urbana e os demais Distritos Municipais de Santana, conforme apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 - Densidade Demográfica da Macrozona Urbana e Distritos Municipais do Santana.

Macrozona Urbana e Distritos Municipais de Santana	Densidade Demográfica (hab/km²)
Macrozona Urbana	907
Distrito do Anauerapucu	14,26
Distrito do Igarapé do Lago	1,04
Distrito da Ilha de Santana	53,46

Distrito do Piaçacá	1,04
Distrito do Pirativa	1,48

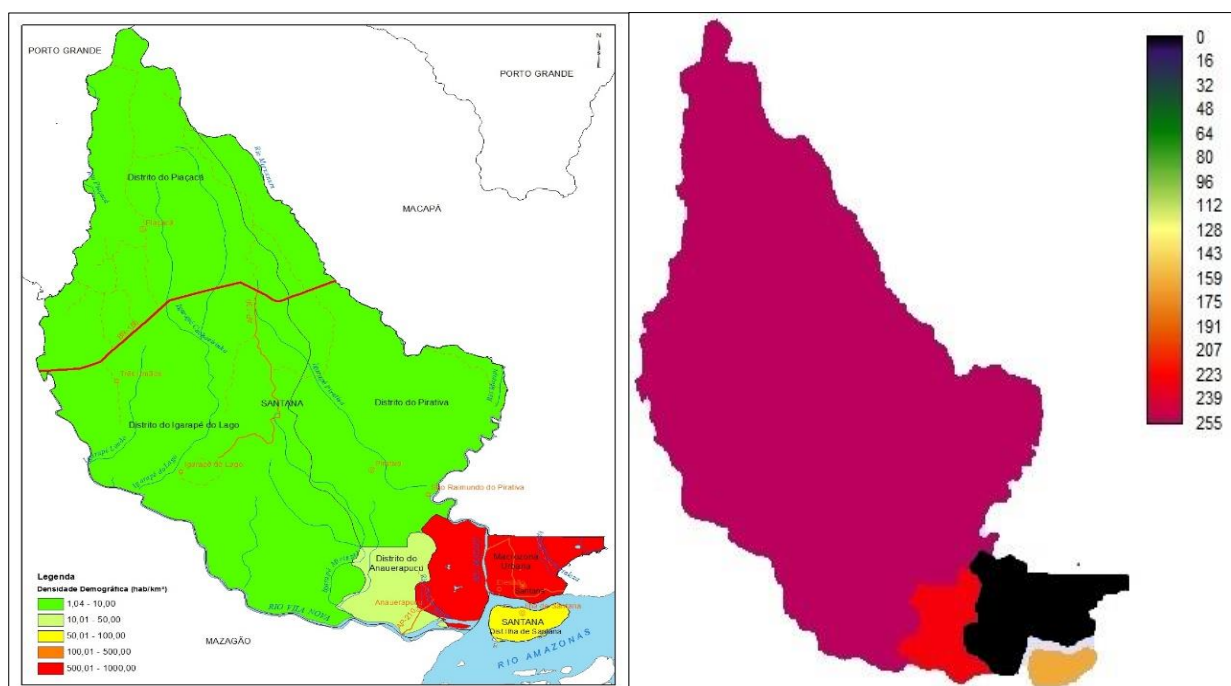
O processo de normalização do FAR5 baseou-se nos valores de densidade demográfica calculado para cada área do município. Desta forma as áreas definidas pelo zoneamento municipal foram classificadas de acordo com a sua adequabilidade e grau de importância, considerando a normalização proposta na escala de valores de 0 a 255, conforme apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores de peso atribuídos a restrição densidade demográfica para a aplicação da análise multicritério.

Densidade Demográfica (hab/km ²)	Peso
0-10	255
10-50	200
50-100	150
100-500	100
>500	0

A aplicação de pesos específicos permitiu a composição de novas unidades de análise resultado do processo de normalização utilizado na análise multicritério. A Figura 52 apresenta o resultado do processo de normalização do FAR5 Densidade Demográfica utilizada na análise multicritério.

Figura 52 - Resultado do processo de normalização do FAR5 Densidade Demográfica utilizada na análise multicritério (a direita).



Os resultados do processo de normalização do FAR5 Densidade Demográfica indicam que as áreas com menor grau de adequabilidade estão localizadas na região sul do município de Santana, especialmente, na área composta pela Macrozona Urbana, seguida dos Distritos da Ilha de Santana e Anauerapucu, que apresentaram os maiores valores de densidade demográfica, e, portanto, as maiores condições de restrição para implantação de aterro sanitário. Por outro lado, os Distritos de Piaçacá, Pirativa e Igarapé do Lago apresentaram os menores valores de densidade demográfica, e os maiores valores de grau de adequabilidade, sendo preferível a sua utilização no processo de escolha de alternativas locais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

Destaca-se que a análise do FAR5 obteve com resultado a elaboração do Mapa de Densidade Demográfica do município de Santana apresentado no Apêndice I.

6.3 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Conforme discutido na página 97, os procedimentos adotados durante a aplicação da AMC serão realizados em três etapas distintas: Normalização, Ponderação e Agregação dos critérios. Assim, após a conclusão da primeira etapa, os resultados obtidos no processo de normalização dos critérios adotados como Fatores (FAF) e Restrições (FAR), realizado na etapa inicial da análise multicritério, permitiram a comparação dos resultados através de uma única escala de valor (0 a 255), tornando compatível para a aplicação de mecanismos de ponderação.

O processo de ponderação dos critérios consiste na atribuição de pesos específicos relativos a importância de cada critério durante o processo de decisão. Este processo permite a realização do julgamento de importância, ou preferência, atribuída ao conjunto de fatores (FAF) e restrições (FAR), através da comparação de todos os critérios.

Nesta nova etapa, a ponderação dos critérios foi realizada através da atribuição de pesos específicos a cada critério, resultado do conjunto de análises que consideraram o grau de importância de cada critério para a análise, referente a

proposta de identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana. Em seguida, os critérios foram comparados de forma paritária através da aplicação da Análise Hierárquica de Processos (AHP) e da matriz da comparação proposta por Saaty (1980).

Conforme informação apresentada no item 4.4.3.3, na metodologia (vide p.105), os valores de peso adotado e a composição da matriz de comparação par a par (AHP) utilizada para ponderação dos critérios obedeceram uma escala de importância variável de 0 a 9.

Os resultados da matriz de comparação pareada foram alcançados através da aplicação de ferramentas de geoprocessamento, especificamente, o uso do módulo de apoio à decisão WEIGHT do software de modelagem espacial IDRISI, versão 16.03 Taiga, conforme apresentado no Cap.4 (vide p.99). A Figura 53 ilustra a composição da matriz de comparação pareada utilizada na AHP e constituída através do uso do módulo WEIGHT do software IDRISI.

Figura 53 – Composição da matriz de comparação pareada utilizada na AHP, constituída através do uso do módulo WEIGTH do software IDRISI. Destaque para a distribuição de pesos de acordo com o grau de importância de cada critério utilizado durante a comparação dos subgrupos de Fatores (FAF) e Restrições (FAR).

WEIGHT - AHP weight derivation

Pairwise Comparison 9 Point Continuous Rating Scale

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
Less Important					More Important			

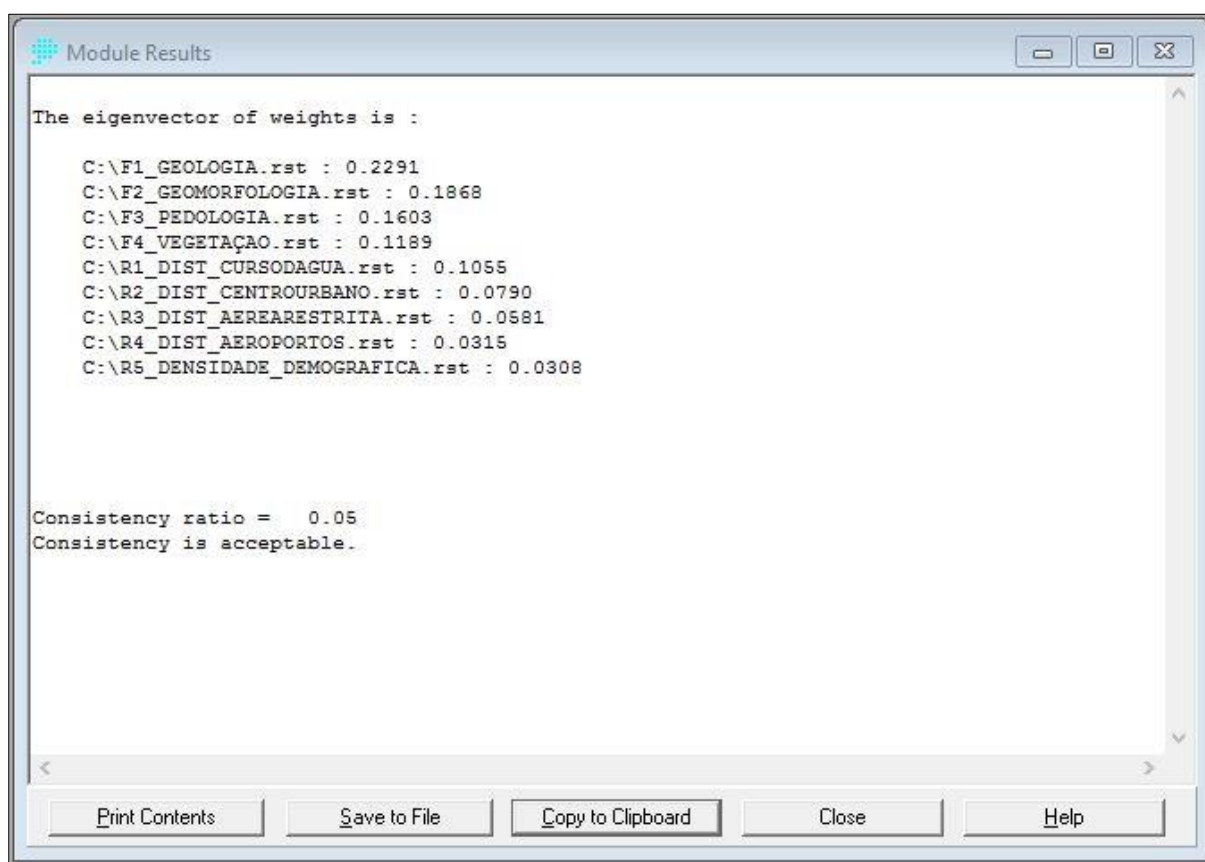
Pairwise comparison file to be saved: ...

	Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Vegetação	Dist_CursoDagi	Dist_AreaUrb
Geomorfologia	1/2	1				
Pedologia	1/2	1/2	1			
Vegetação	1/2	1/2	1/2	1		
Dist_CursoDagi	1/3	1/2	1/2	1/2	1	
Dist_AreaUrb	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1
Dist_AreaRestri	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3

Compare the relative importance of Geomorfologia to Geologia

Os resultados de processo de ponderação dos FAF e FAR realizado após a aplicação da matriz de comparação indicam os valores de peso ponderado para cada critério de análise utilizado na análise multicritério. A Figura 54 ilustra os resultados do processo de ponderação de FAF e FAR realizado para a análise multicritério.

Figura 54 – Resultado do processo de ponderação de FAF e FAR realizado para a análise multicritério. Destaque para os valores de peso calculados para cada critério de análise, além do valor da Relação de Consistência (0.05) considerada aceitável para validação da análise.



A aplicação do Módulo WEIGHT permitiu a ponderação dos critérios utilizados (FAF e FAR), tendo como resultado os valores de peso ponderado calculados para cada critério. Estes valores foram considerados válidos para a análise multicritério, tendo em vista que a análise realizada foi considerada consistente e satisfatória, apresentando um valor de Relação de Consistência aceitável da ordem de 0.05, conforme discutido no Item 2.4 (vide p.63). A Tabela 21 apresenta os valores de

peso ponderado e Relação de Consistência identificados para o conjunto de critérios utilizados na análise multicritério.

Tabela 21 - Resultado do processo de ponderação dos critérios utilizados na análise multicritério destacando os valores de peso ponderado e Relação de Consistência da análise.

Crítérios Técnicos (Fatores Ambientais Favoráveis - FAF e Fatores Ambientais Restritivos - FAR)	Pesos Ponderados	Relação de Consistência (RC)
FAF1 – Geologia	0,2291	RC= 0,05
FAF2 - Geomorfologia	0,1868	
FAF3 – Pedologia	0,1603	
FAF4 – Vegetação	0,1189	
FAR1 – Distância dos Cursos d'água	0,1055	
FAR2 – Distância dos Centros Urbanos	0,0790	
FAR3 – Áreas Restritivas (Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas e Unidades de Conservação).	0,0581	
FAR4 – Distância de Aeroportos	0,0315	
FAR5 – Densidade Demográfica	0,0308	

Para avaliar a consistência das análises, Saaty (1980) propõe a aplicação da Relação de Consistência (RC). Nesta aplicação os menores valores representam melhor consistência, sendo recomendável a identificação de valores inferiores a 0,1. Caso a RC seja superior a 0,1 recomenda-se uma revisão nos valores de peso adotados para Fatores (FAF) e Restrições (FAR) utilizados na análise multicritério.

Os resultados do processo de ponderação indicam que o conjunto de Fatores (FAF1, FAF2, FAF3 e FAF4) apresentam os maiores valores de pesos, quando comparados com o conjunto de Restrições (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4 e FAR5), demonstrando representar maior importância no processo de análise para identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

Este resultado reforça as potencialidades existentes, referente aos aspectos do meio físico, para a alocação de áreas para implantação de aterro sanitário no município de Santana, tendo em vista que, as características fisiográficas locais

favorecem as potencialidades em detrimento das restrições. Tal qual apresenta um cenário diferente da realidade identificada em municípios localizados em regiões próximas aos grandes centros urbanos, onde os processos de expansão urbana, atividade industrial e crescimento populacional dificultam a identificação de áreas potenciais. Neste caso, as restrições apresentam-se maiores que os aspectos favoráveis.

Destaca-se que, dentre o conjunto de Fatores (FAF), o FAF1 Geologia apresentou o maior valor de peso (0,2291), seguido pelo FAF2 Geomorfologia (0,1868), FAF3 Pedologia (0,1603) e FAF4 Vegetação (0,1189). Para o conjunto de Restrições (FAR), os maiores valores de peso foram identificados para o FAR1 Distância dos Cursos d'água (0,1055), seguida do FAR2 Distância dos Centros Urbanos (0,0790), FAR3 Áreas Restritas (0,0581), FAR4 Distâncias de Aeroportos (0,0315) e FAR5 Densidade Demográfica (0,0308).

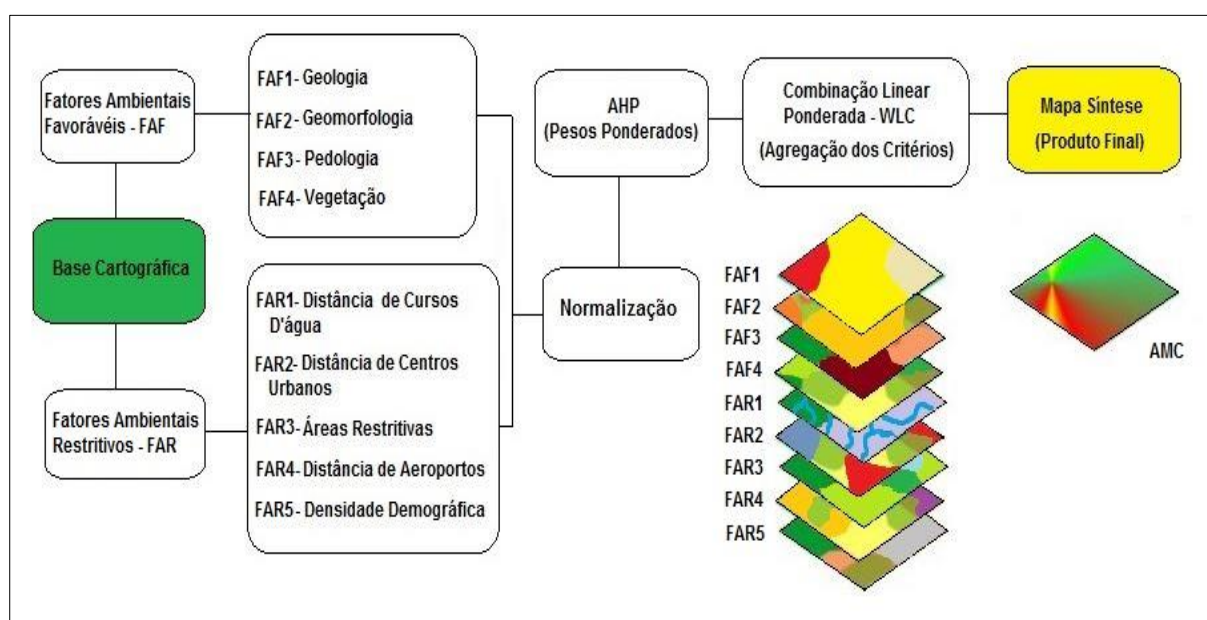
Os resultados obtidos para a RC (0,05) reforçam que a análise realizada atende a todas as condições propostas para validação da análise multicritério, visto que o resultado encontrado é inferior a 0,1. Portanto, sendo considerada uma análise bastante consistente e satisfatória para validação do processo de ponderação.

6.4 AGREGAÇÃO DOS RESULTADOS

Na etapa final da análise multicritério realizou-se a agregação dos resultados obtidos pelo processo de ponderação (item 6.3) e atribuição de pesos específicos a cada conjunto de Fatores (FAF) e Restrições (FAR) utilizadas na análise multicritério. O processo de agregação de dados foi realizado através da aplicação da Combinação Linear Ponderada (WLC), conforme discussão apresentada anteriormente no subitem 4.4.3.4 na metodologia (vide Cap. 4).

Neste processo, cada fator padronizado é multiplicado pelo respectivo valor de peso ponderado, cujo somatório é dividido pelo número de fatores (FAF), que posteriormente serão multiplicados pelos valores de restrição (FAR), resultando no produto final (Mapa Síntese) da análise multicritério com a indicação dos níveis de aptidão para identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana. A Figura 55 apresenta uma síntese da aplicação utilizada na análise multicritério para a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário.

Figura 55 - Síntese da aplicação utilizada na análise multicritério para a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana-AP.



Fonte: Modificado de Nunes et. al. (2006).

O processo de agregação dos resultados realizados pela WLC para a identificação das áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana resultou na composição de uma nova unidade de análise, produto da agregação do conjunto de Fatores (FAF) e Restrições (FAR). As Figuras 56 e 57 ilustram o conjunto de Fatores (FAF) e Restrições (FAR) utilizados na análise multicritério e apresentam os resultados finais do processo de agregação. Este resultado corresponde ao mapa síntese de identificação das áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Santana obtido através da análise multicritério (Apêndice J).

Figura 56 - Resultado do processo de agregação do conjunto da FAF e FAR realizado através da aplicação da WLC. Destaque-se o produto final denominado Mapa Síntese com a indicação das áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana obtido através da análise multicritério (áreas de aptidão máxima, em magenta).

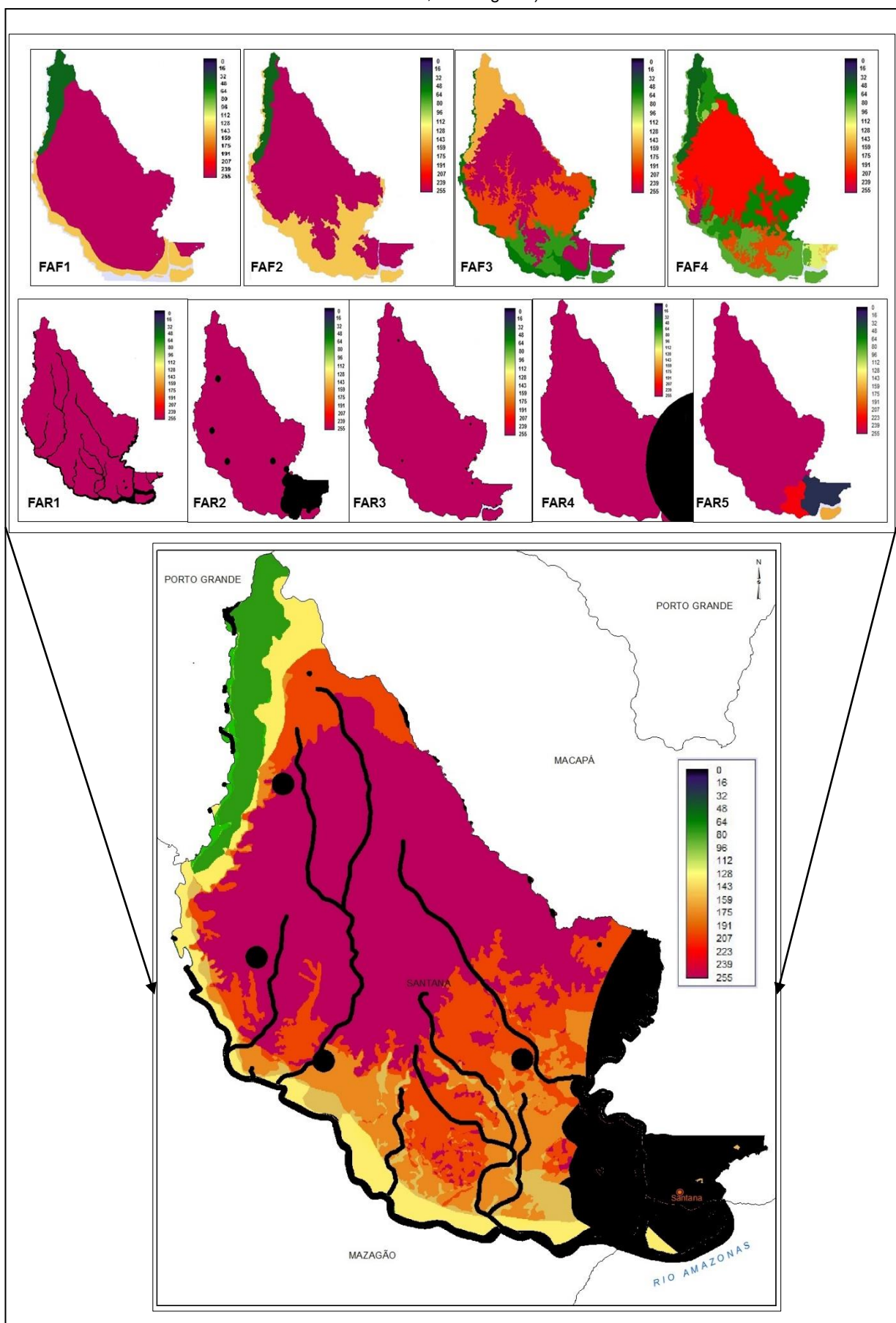
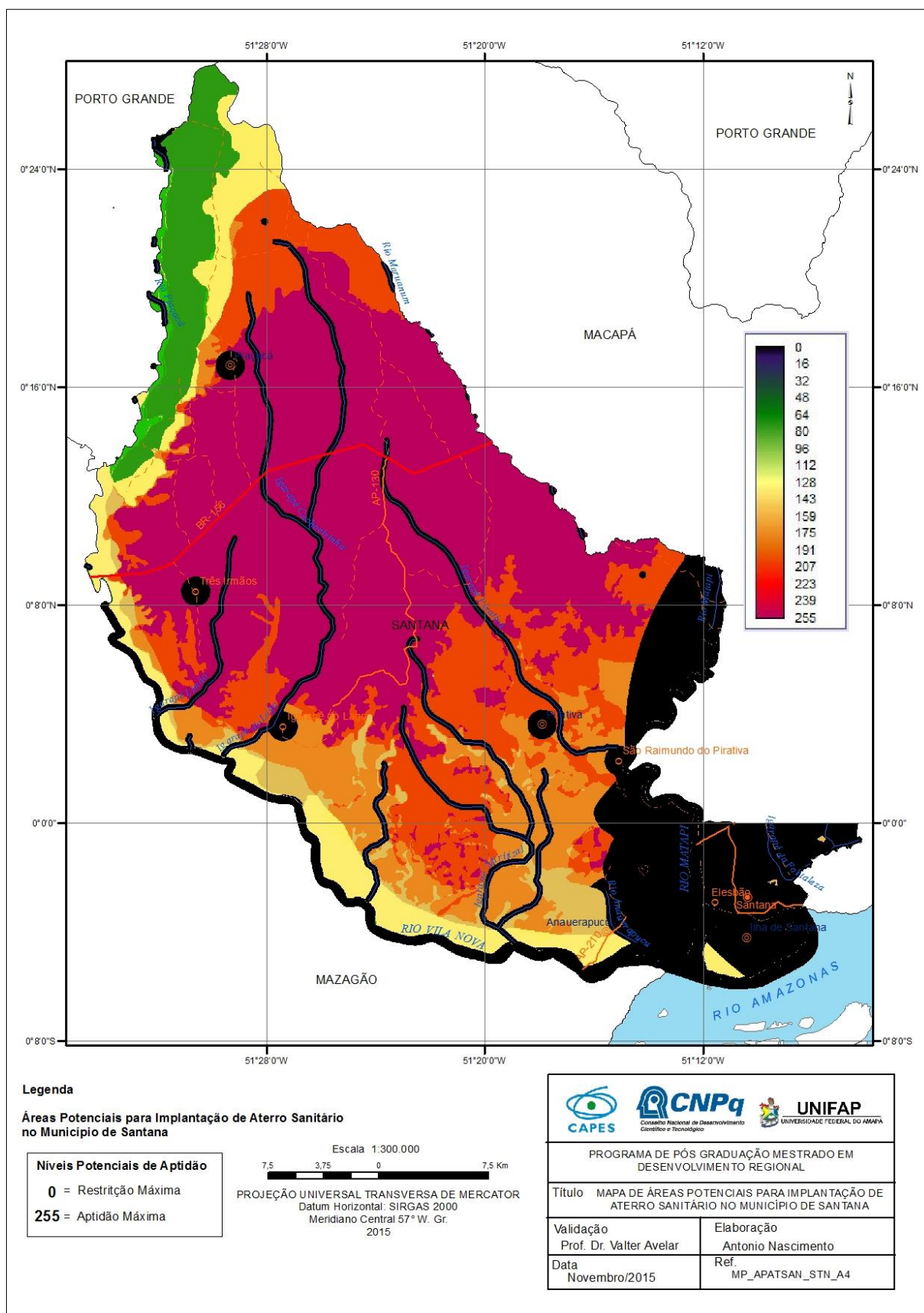


Figura 57 - Mapa de Áreas Potenciais para a implantação de Aterro Sanitário no município de Santana. Destaca-se que as áreas em preto representam condições de restrição máxima, enquanto que as áreas em magenta representam as áreas de maior potencial de aptidão e adequabilidade para a implantação de aterro sanitário.



6.5 DIMENSIONAMENTO DE ÁREA PRELIMINAR NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA.

Os cálculos do dimensionamento de área preliminar necessária para a instalação do aterro sanitário no município de Santana foram realizados através da aplicação da metodologia apresentada no subitem 2.8 do Cap. 2. (vide p. 74), baseada na aplicação das Equações: (6), (7), (8) e (9) (vide p. 75 a 76). Para a realização dos cálculos utilizou-se as seguintes informações:

- A população do município de Santana, no ano de 2010, era de 110.565 habitantes (IBGE,2010);
- Taxa de crescimento anual da população (α) de 0,9% a.a. (IBGE,2015);
- População estimada do município da Santana (P_0), no ano de 2016, de 113.228 habitantes;
- Tempo de operação do aterro sanitário (t) de 20 anos (2016-2036);
- Produção per capita de RSU (P_p) de 0,8 kg/hab. dia (MESQUITA, 1999);
- Peso específico do RSU compactado (P_e) de 0,7 ton/m³ (HADDAD, 1994, 1999).
- Altura máxima da célula de recebimento de RSU (H máx.) de 6 metros (HADDAD, 1999).

Os resultados do dimensionamento de área preliminar para instalação do aterro sanitário de Santana indicam que a quantidade total de RSU produzidos no município da Santana durante um período de 20 anos, vida útil do aterro sanitário, correspondente aos anos de 2016 a 2036, será de aproximadamente 760.512,72 toneladas para um volume total estimado de 1.086.446,74 m³ de resíduos sólidos.

Para o acondicionamento e disposição adequada do volume total de RSU produzidos pelo município de Santana, durante o período de 20 anos (2016-2036), será necessário a utilização de uma área de aproximadamente 181.074,46 m², o equivalente a uma área de 0,181 Km².

Desta forma, a área mínima preliminar necessária para a instalação do Aterro Sanitário do Município de Santana deve ser de aproximadamente 0,181 Km². Esta

área representa 0,00001% da área total do município de Santana. A Tabela 22 apresenta os resultados do dimensionamento preliminar da área necessária para a instalação do Aterro Sanitário no município de Santana.

Tabela 22 – Dimensionamento preliminar da área necessária para a instalação do Aterro Sanitário no município de Santana.

Ano	População Estimada (PF)	Produção de RSU (Q) (ton./dia)	Produção de RSU (Q) (ton./mês)	Produção de RSU (Q) (ton./ano)	Volume de RSU (V) (m³/ano)	Área mínima para instalação do Aterro Sanitário (m²)
2016	113.227,96	90,58	2.717,47	33.062,56	47.232,24	7.872,04
2017	114.247,01	91,40	2.741,93	33.360,13	47.657,33	7.942,89
2018	115.275,24	92,22	2.766,61	33.660,37	48.086,24	8.014,37
2019	116.312,71	93,05	2.791,51	33.963,31	48.519,02	8.086,50
2020	117.359,53	93,89	2.816,63	34.268,98	48.955,69	8.159,28
2021	118.415,76	94,73	2.841,98	34.577,40	49.396,29	8.232,72
2022	119.481,51	95,59	2.867,56	34.888,60	49.840,86	8.306,81
2023	120.556,84	96,45	2.893,36	35.202,60	50.289,42	8.381,57
2024	121.641,85	97,31	2.919,40	35.519,42	50.742,03	8.457,00
2025	122.736,63	98,19	2.945,68	35.839,10	51.198,71	8.533,12
2026	123.841,26	99,07	2.972,19	36.161,65	51.659,50	8.609,92
2027	124.955,83	99,96	2.998,94	36.487,10	52.124,43	8.687,41
2028	126.080,43	100,86	3.025,93	36.815,49	52.593,55	8.765,59
2029	127.215,16	101,77	3.053,16	37.146,83	53.066,89	8.844,48
2030	128.360,09	102,69	3.080,64	37.481,15	53.544,50	8.924,08

2031	129.515,33	103,61	3.108,37	37.818,48	54.026,40	9.004,40
2032	130.680,97	104,54	3.136,34	38.158,84	54.512,63	9.085,44
2033	131.857,10	105,49	3.164,57	38.502,27	55.003,25	9.167,21
2034	133.043,81	106,44	3.193,05	38.848,79	55.498,28	9.249,71
2035	134.241,21	107,39	3.221,79	39.198,43	55.997,76	9.332,96
2036	135.449,38	108,36	3.250,79	39.551,22	56.501,74	9.416,96
TOTAL				760.512,72	1.086.446,74	181.074,46

7 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da presente pesquisa indicam que as áreas com maior potencial de aptidão para instalação de aterro sanitário no município de Santana localizam-se na região central do município, em faixa territorial que se estende as regiões nordeste e sudoeste, além de parte da região noroeste do município de Santana (Figuras 59 e 60, páginas 173 e 174, respectivamente).

As áreas que apresentam menor potencial de aptidão localizam-se na porção meridional da região sudoeste, em faixa territorial distribuída as proximidades do Rio Vila Nova até o Distrito do Anauerapucu, além de parte do Extremo Norte do município, onde insere-se o Distrito do Piaçacá (vide figuras acima destacadas).

As áreas que apresentam condições de restrição total localizam-se na região sudeste do município, em faixa territorial que abrange a Macrozona Urbana do município de Santana, parte da Ilha de Santana e do Distrito do Anauerapucu, além da faixa territorial distribuída as proximidades do Rio Matapi até o Distrito do Pirativa. Além disso, insere-se as áreas restritas, conforme apresentada na metodologia (vide Pag.103), definidas para as Comunidades Quilombolas, Núcleos Populacionais, a Áreas de Preservação Permanente – APP, localizadas as margens dos cursos d'água.

Os resultados do dimensionamento da área preliminar para instalação do aterro sanitário de Santana indicam que a quantidade total de RSU produzidos no município de Santana durante um período de 20 anos será de aproximadamente 760.512,72 toneladas para um volume total estimado de 1.086.446,74 m³ de resíduos sólidos. Vale ressaltar que, o dimensionamento apresentado considerou que o aterro sanitário do município de Santana terá uma vida útil de 20 anos, período correspondente aos anos de 2016 a 2036.

Para o acondicionamento e disposição adequada do volume total de RSU produzidos pelo município de Santana, durante o período de 20 anos (2016-2036), será necessário a utilização de uma área de aproximadamente 181.074,46 m², o equivalente a uma área de 0,181 Km². Esta área representa 0,00001% da área total do município de Santana, que corresponde a 1.579,608 Km².

Constatou-se que a aplicação da Análise Multicritério (AMC) permitiu identificar as áreas potenciais para a instalação do aterro sanitário do município de Santana, através dos processos de normalização, ponderação e agregação do conjunto de 09 critérios técnicos denominados Fatores Ambientais Favoráveis (FAF), subgrupo I (FAF1, FAF2, FAF3 e FAF4) e Fatores Ambientais Restritivos (FAR), subgrupo II (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4 e FAR) que foram submetidos aos processos de comparação par a par, suportados pela utilização da Análise Hierárquica de Processo (AHP) e a Combinação Linear Ponderada (WLC).

Também foi possível constatar a otimização dos processos de análise ambiental, conforme estabelecido por Eastman (1998); Ramos e Mendes (2001), através da utilização do geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica como eficiente ferramenta operacional de apoio aos processos de tomada de decisão.

Os resultados do processo da análise indicaram que o conjunto de Fatores (FAF1, FAF2, FAF3 e FAF4) apresentou os maiores valores de pesos, quando comparados com o conjunto de Restrições (FAR1, FAR2, FAR3, FAR4 e FAR5), demonstrando representar maior importância no processo de análise para identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

Esta condição de predominância do conjunto de Fatores em relação ao conjunto de Restrições indica que o município de Santana apresenta maior potencialidade de aptidão para a instalação de aterro sanitário em comparação com outros municípios localizados em regiões mais urbanizadas, conforme as considerações de Nascimento (2012) através de pesquisa realizada no município de Bauru-SP.

Destaca-se que, dentre o conjunto de Fatores (FAF), o FAF1 Geologia apresentou o maior valor de peso (0,2291), seguido pelo FAF2 Geomorfologia (0,1868), FAF3 Pedologia (0,1603) e FAF4 Vegetação (0,1189). Para o conjunto de Restrições (FAR), os maiores valores de peso foram identificados para o FAR1 Distância dos Cursos d'água (0,1055), seguida do FAR2 Distância dos Centros Urbanos (0,0790), FAR3 Áreas Restritas (0,0581), FAR4 Distâncias de Aeroportos (0,0315) e FAR5 Densidade Demográfica (0,0308).

Quando comparados os resultados obtidos com o referencial teórico apresentado constata-se que os critérios de maior importância identificados estão associados ao Fator Geologia e a Restrição Distância dos Cursos d'água. Assim como, observados em pesquisas anteriores (MELO, 2001; CALLIJURI, MELO e LORENTZ, 2002), tendo em vista que estes critérios obtiveram os maiores valores de peso, seguido dos Fatores Pedologia e Geomorfologia que apresentaram valores aproximados.

Vale destacar que os valores de peso obtidos na análise se apresentam compatíveis com os resultados obtidos por Nascimento (2012) e Rocha, Brito Filho e Xavier da Silva (2007), especialmente na análise aspectos ambientais. Entretanto, comparando-se os resultados de Lima (1999), observa-se a obtenção de diferentes resultados em função da maior valoração atribuída aos aspectos econômicos quando comparado com os aspectos ambientais.

Os resultados da AMC foram considerados satisfatórios, visto que a análise realizada obteve o valor de Relação de Consistência de 0,05. Este valor ratifica a validade da análise realizada, tendo em vista o atendimento de todos os critérios exigidos pela metodologia proposta por SAATY (1980). Portanto, a aplicação da AMC foi considerada consistente e satisfatória para a pesquisa realizada.

Em análise específica dos conjuntos de critérios técnicos utilizados pela AMC, constatou-se que as áreas de maior potencialidade para instalação de aterro sanitário do município de Santana apresentam as seguintes características fisiográficas: Fator Geologia associado as unidades geológicas do Grupo Barreiras (ENb); Fator Geomorfologia associada a unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros do Amapá; Fator Pedologia associada a tipologia Latossolo Amarelo Distrófico (Lad); Fator Vegetação associada a fitofisionomia composta pelas Savanas do tipo Parque sem floresta de galeria (Sps).

Considerando os aspectos restritivos, as áreas de maior potencialidade para instalação de aterro sanitário no município de Santana localizam-se fora das áreas sob qualquer condição de restrição. As áreas consideradas restritas enquadraram-se em pelo menos uma condição de restrição, tornando-se inviável para a pesquisa.

Sobre os Fatores Restritivos, constatou-se que foram consideradas condições de restrição os seguintes aspectos: As distâncias inferiores a 200 m das margens

dos cursos d'água existentes, inclusive as margens dos Rios Matapi, Vila Nova e os seus tributários que deságuam no Rio Amazonas; As distâncias inferiores a 1 km dos centros urbanos e núcleos populacionais, incluindo-se a Macrozona Urbana do município de Santana e os Distritos do Piaçacá, Pirativa, Ilha de Santana, Igarapé do Lago e Anauerapucu. Estas considerações encontram-se em conformidade com as diretrizes estabelecidas por Monteiro (2001) e IPT (2010).

Também foram considerados aspectos restritivos: As áreas de proteção ambiental, especificamente, a Unidade de Conservação do tipo Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN denominada REVECOM e as Comunidades Quilombolas São Raimundo do Pirativa, Alto Pirativa, Cinco Chagas, Engenho do Matapí, Nossa Senhora do Desterro dos Dois Irmãos e Igarapé do Lago.

Além disso, também foram considerados aspectos restritivos: As distâncias inferiores a 20 km do Aeroporto Internacional de Macapá, em atendimento a distância mínima estabelecida para a Área de Segurança Aeroportuária – ASA (BRASIL, 1995); e as Áreas de maior densidade demográfica, incluindo a Macrozona Urbana e os Distritos Municipais da Santana.

Os resultados da AMC foram confirmados após a realização de vistoria de campo, através da qual constatou-se que as informações apresentadas no referencial teórico desta pesquisa estão em conformidade com a caracterização fisiográfica regional. Desta forma, estas informações ratificam a consistência e validação da presente pesquisa.

Assim, sobre os conjuntos de FAF e FAR têm-se as seguintes considerações:

A análise do Fator Geologia (FAF1) constatou que as áreas de maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nas unidades geológicas do Grupo Barreiras (ENb), seguidas das unidades denominadas Depósitos Aluvionares (Q2a), sendo que as unidades geológicas do Complexo Tumucumaque (A3PP2tu) apresentaram os menores valores potenciais de aptidão. As Figuras 58 e 59 apresentam as observações realizadas em vistoria de campo, com destaque para a ocorrência do Grupo Barreiras (ENB), conferindo a esta área potencialidade favorável, do Fator Geologia, para instalação de aterro sanitário.

Figura 59 – Registro de ocorrência da unidade geológica Formação Barreiras (ENb) em área potencialmente favorável no município de Santana.



Figura 58 – Destaque para o FAF1 Geologia registrado pela ocorrência da Grupo Barreiras (ENb) em área de aptidão potencialmente favorável.



Destaca-se novamente que, apesar das unidades geológicas do Complexo Tumucumaque (A3PP2tu) apresentarem as menores condições de porosidade e permeabilidade em função de integrarem embasamento cristalino. Estas unidades também se caracterizam pela potencial ocorrência de falhas geológicas que podem estar associadas a condição de risco de percolação do chorume e contaminação do lençol freático. Por este motivo, esta pesquisa atribuiu maior valor de peso (255) a unidade geológica Grupo Barreiras (ENb), por considerar que esta unidade apresenta menores condições de porosidade e permeabilidade quando comparados com as unidades geológicas Depósitos aluvionares (Q2a), que estão associadas a planícies de inundação.

A análise do Fator Geomorfologia (FAF2) constatou que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas na unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros do Amapá, seguida das unidades correspondentes a Planície Amazônica, sendo que as unidades geomorfológicas Colinas do Amapá apresentaram os menores valores potenciais de aptidão. Esta análise confirmou que as áreas de maior potencialidade estão associadas aos menores valores de declividade, conforme informações observadas em vistoria de campo e ilustradas pelas Figuras 60 e 61.

Figura 61 – Registro de ocorrência do FAF2 geomorfologia Tabuleiros Costeiros do Amapá em áreas de maior potencial para instalação de aterro sanitário.



Figura 60 – Registro do FAF2 geomorfologia Tabuleiros Costeiros do Amapá em áreas de relevo aplainado com os menores valores de declividade.



Destaca-se que, apesar das unidades geomorfológicas Tabuleiros Costeiros do Amapá e Planície Amazônica apresentarem valores de declividade de relevo semelhantes (0° a 3°), as unidades do tipo Tabuleiros Costeiros do Amapá apresentam maior valor de peso, quando comparados as unidades da Planície Amazônica, tendo em vista que os Tabuleiros Costeiros do Amapá apresentam características geomorfológicas mais favoráveis para implantação de aterro sanitário, representando menores condições de risco e suscetibilidades para ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos. Por outro lado, as unidades da Planície Amazônica são mais suscetíveis a processos de inundação e movimentação de massa, representando áreas com menores potenciais de aptidão.

A análise do Fator Pedologia (FAF3) constatou que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nos tipos de solo Latossolo Amarelo Distrófico (Lad) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), seguida das tipologias correspondente ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Gleissolo Háplico Tb Eutrófico (GXbe) e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (GXve), sendo que os solos do tipo Gleissolos apresentaram os menores valores potenciais de aptidão. As Figuras 62 e 63 apresentam as observações realizadas em vistoria de campo, com destaque para a ocorrência dos Lad em áreas de maior potencialidade para instalação do aterro sanitário no município de Santana.

Figura 62 – Registro de ocorrência do FAF3 Pedologia (Lad) em áreas com maior potencialidade no município de Santana.

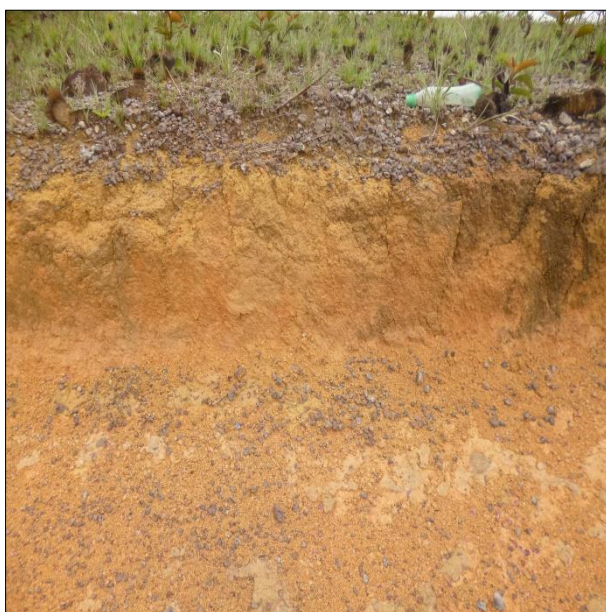


Figura 63 – Detalhe do FAF3 Pedologia (Lad) registrado em áreas potenciais para a instalação de aterro sanitário.



Durante o processo de análise, os solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (Lad) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) obtiveram os maiores valores de peso, quando comparados aos Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), tendo em vista que solos do tipo Lad e LVAd apresentam uma boa impermeabilidade natural e ampla disponibilidade para o ambiente amazônico, em função de suas características de maior profundidade.

Por outro lado, apesar de solos do tipo PVAd apresentarem, em sua composição, teores de argila superiores ao Lad e LVAd, demonstrando melhores

condições de impermeabilidade natural, os PVAd caracterizam-se por serem solos rasos, com baixa profundidade, geralmente, localizados próximos a superfície. Esta condição infere que os PVAd podem ser potencialmente removidos, ou ter seu horizonte da camada reduzidos, em função dos processos de movimentação de solo realizados durante a construção e operação do aterro sanitário.

A análise do Fator Vegetação (FAF4) constatou que as áreas com maior potencialidade para implantação de aterro sanitário no município de Santana estão inseridas nas fitofisionomias vegetais compostas pelas Savanas, distribuídas sobre as diversas unidades de paisagem e formações, tais como: tipo Parque sem floresta de galeria (Sps), Parque com floresta de galeria (Spf), formações arborizadas (Sas) e florestadas (Sd), seguida das tipologias correspondentes as Vegetações Secundárias (Vss), Culturas Cíclicas (Acc) e Áreas de Pastagens (Ap), sendo que as fitofisionomias vegetais referentes as Florestas Ombrófilas, do tipo Densa e Aberta, tais como: (Aap), (Dau), (Db), (Dbe), (Dbu) e (Dse) apresentaram os menores valores potenciais de aptidão. As Figuras 64 e 65 ilustram as características da fitofisionomia vegetal do tipo Savana Parque sem floresta de galeria (Sps) presente nas áreas potenciais favoráveis identificadas no município da Santana.

Figura 65 – Registro do FAF4 Vegetação do tipo Savana Parque em áreas de maior potencial para instalação de aterro sanitário.



Figura 64 – Registro de ocorrência da Vegetação do tipo Savana Parque em áreas de maior potencialidade no município de Santana.



A análise do FAR1 Distância dos cursos d'água constatou que o município de Santana apresenta diversas áreas potencialmente restritivas, em função da ampla rede hidrográfica existente composta pelos rios principais Matapi, Vila Nova e seus

tributários que deságuam no rio Amazonas. Este Fator é importante para a proteção dos mananciais e das Áreas de Preservação Permanente conforme ilustram as Figuras 66 e 67.

A análise do FAR2 Distância dos Centros Urbanos constatou que a Macrozona Urbana do município de Santana, juntamente com outras áreas localizadas no entorno dos núcleos populacionais representam áreas de restrição para implantação de aterro sanitário.

A análise do FAR3 Áreas Restritas constatou que, no município de Santana, as áreas com menor grau de adequabilidade para implantação de aterro sanitário estão localizadas, em sua maioria, na região sudeste do município, especialmente, as comunidades quilombolas localizadas as proximidades do limite municipal entre as cidades de Santana e Macapá, em função da existência de outras comunidades quilombolas no município de Macapá. Além disso, a análise deste fator indica a existência da Unidade de Conservação RPPN-REVECOM, sendo também considerada uma área de restrição.

Figura 67 – Registro do FAR1 Distância dos cursos d'água realizado na margem direita do Rio Matapí. Destaque para existência da Área de Preservação Permanente – APP.



Figura 66 – Registro do FAR1 realizado na margem direita do Rio Vila Nova, limite territorial entre os municípios de Santana e Mazagão.



A análise do FAR4 Distância dos Aeroportos constatou que as áreas com menor grau de adequabilidade estão localizadas na porção sul/sudeste do município de Santana, incluindo a área total do centro urbano municipal, a comunidade do Elesbão, grande parte da ilha de Santana, além da faixa territorial que engloba parte do rio Matapi até as proximidades da comunidade quilombola de São Raimundo do Pirativa.

A análise do FAR5 Densidade Demográfica constatou que as áreas com menor grau de adequabilidade estão localizadas na região sul do município de Santana, especialmente, na área composta pela Macrozona Urbana, seguida dos Distritos da Ilha de Santana e Anauerapucu, que apresentaram os maiores valores de densidade demográfica, e, portanto, as maiores condições de restrição para implantação de aterro sanitário. Por outro lado, os Distritos de Piaçacá, Pirativa e Igarapé do Lago apresentaram os menores valores de densidade demográfica, e os maiores valores de grau de adequabilidade, sendo preferível a sua utilização no processo de escolha de alternativas locais para implantação de aterro sanitário no município de Santana.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa se propôs a identificar áreas potenciais para a instalação de aterro sanitário através da utilização da Análise Multicritério. A partir da análise de vários fatores importantes do ponto de vista ambiental foi possível construir novas unidades de análise que resultaram na elaboração de um cenário potencial, que pode ser utilizado como ferramenta de apoio no processo de tomada de decisão durante a seleção de áreas para a instalação de aterro sanitário.

Durante o processo de análise constatou-se a importância do conhecimento de aspectos do meio físico, a exemplo da geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, hidrografia, entre outros, para subsidiar a pesquisa, no sentido de apontar a importância de cada aspecto na sua área de conhecimento, com o objetivo de reduzir a subjetividade através da convergência de pontos de vista.

Neste contexto, destaca-se a importância da realização de uma análise multidisciplinar, com o propósito de ampliar o ambiente de discussão a partir de uma visão sistêmica capaz de apresentar alternativas para solucionar os problemas da sociedade.

Assim, esta pesquisa apresenta relevante contribuição à sociedade, no intuito de fomentar o conhecimento científico, sem esquecer que este é apenas o ponto de partida, para uma ampla discussão sobre a proposta de seleção de áreas para a instalação de aterro sanitário, tendo em vista que, esta pesquisa é apenas de cunho acadêmico científico, e portanto, não tem por objetivo, apontar soluções definitivas que possam ser utilizadas, exclusivamente, para viabilizar projetos de ordem econômica, técnica ou operacional.

Os resultados desta pesquisa também constatam que a prefeitura do município de Santana até a presente data, não se adequou, tão pouco tem envidado esforços para a adequação as premissas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, no que se refere a substituição do Lixão á céu aberto pelo aterro sanitário.

Ressalta-se que apesar da existência do Plano Diretor Participativo de Santana – PDPS, não há no referido plano nenhuma indicação da alternativa para a alocação de aterro sanitário e posterior a este, nenhuma iniciativa factível foi implementada pelos gestores municipais.

Desta forma, a ausência de uma alternativa locacional para a disposição final adequada dos RSU do município de Santana corrobora para o agravamento de problemas socioambientais, tais como: a incidência de problemas de saúde na população em decorrência da disposição inadequada dos resíduos sólidos, assim como a contaminação do lençol freático causada pela percolação do chorume.

Este cenário retrata a precariedade das condições ambientais do município de Santana e comprova a ineficiência da administração pública em tratar as questões relacionadas ao gerenciamento adequado dos RSU, seja pela ausência de políticas públicas sobre o tema, seja pela ingerência e incapacidade dos gestores municipais em promover as ações de adequação a PNRS, através da elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos- PMGIRS, Plano Municipal de Saneamento – PMS, além da desativação e remediação do Lixão à céu aberto e a construção do Aterro Sanitário do município de Santana.

Destarte, a presente pesquisa corrobora para a solução do problema da disposição inadequada dos RSU no município de Santana, através da comprovação da hipótese inicial apresentada que considera a aplicação da Análise Multicritério uma alternativa para seleção de áreas adequadas para disposição final dos RSU.

Sendo assim, a aplicação da Análise Multicritério representa uma alternativa para seleção de áreas adequadas para a disposição final dos RSU. Esta alternativa poderá ser aplicada como modelo aos demais municípios amapaenses, desde que observadas as peculiaridades de cada município, que conferem ajustes ao modelo de análise.

Outrora, a Análise Multicritério facilitará o processo de tomada de decisão de gestores municipais para a identificação de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário, sendo, portanto, um importante instrumento capaz de auxiliar nas ações de Planejamento Urbano Regional e no Zoneamento Ambiental.

Por fim, cabe destacar as contribuições da presente pesquisa para o desenvolvimento regional, tendo em vista que a identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário, e a sua efetiva construção, além de demonstrarem ser uma alternativa viável para disposição adequada dos RSU, também podem potencializar a instalação de outras atividades econômicas relacionadas, de forma direta ou indireta, ao processo de gerenciamento de resíduos

sólidos, tais como: triagem, reciclagem, compostagem, incineração, transporte, entre outros.

Além disso, deve-se considerar a minimização dos impactos negativos do meio socioeconômico, através das ações de fomento a atividade econômica, e consequente geração de empregos e aumento da renda dos colaboradores, decorrentes da organização social e da criação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, além do processo de contratação de mão de obra local realizada por empresas de transportes, limpeza, segurança, entre outras, fortalecendo o crescimento econômico e o desenvolvimento regional.

Portanto, a presente pesquisa ganha importância, e torna-se relevante, no que se refere ao desenvolvimento regional por trazer a luz dos preceitos acadêmicos-científicos, um tema de suma importância e atual no contexto do ambiente amazônico.

Considerando que a pesquisa científica possibilita a obtenção de respostas para determinados questionamentos da sociedade, de tal forma a elucidar algumas dúvidas e, conseqüentemente, despertar outras curiosidades, permitindo a continuidade e a ampliação do conhecimento científico através de novas pesquisas.

No intuito de fomentar a busca pelo conhecimento científico, e a continuidade da pesquisa, apresenta-se algumas recomendações para ampliação de pesquisas sobre o tema seleção de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário, sobre a qual destacam-se:

- Aprofundamento das análises a partir da inclusão de critérios de ordem Econômica, Social, Logística e Operacional, a fim de atestar a viabilidade destes critérios durante o processo de escolha de alternativas locacionais;
- Elaboração de Estudos Geotécnicos e Hidrogeológicos relevantes para a identificação de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário;
- Elaboração de Estudos para a identificação de Impactos Ambientais e a Análise de Riscos Ambientais em Áreas Suscetíveis a Processos Erosivos e a Movimentos de Massa;
- Elaboração de análises físico-químicas para verificação de potenciais de contaminação do lençol freático em áreas contaminadas pelo chorume;

- Aplicar a presente pesquisa utilizando as informações da Base Cartográfica do Estado do Amapá, nas escalas de 1:50.000 e 1:25.000, que encontram-se em fase de elaboração pela Diretoria de Serviço Geográfico – DSG, do Exército Brasileiro, e deverá ser disponibilizada a comunidade científica após a conclusão total do projeto de mapeamento, previsto para o ano de 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Ed. Grappa, São Paulo, 2014.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. ANA, Brasília, 2013.

AMAPÁ. **Lei Complementar N°0005, de 18 de agosto de 1994**. Institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado do Amapá, e dá outras providências.

Disponível em:

<http://www.gestor.ap.gov.br/editor/Arquivos/Texto/Gestor9659d90d76f22e95e1c79640d095d890Texto.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 10.157**: Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10.006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

AVELAR, V. G. **Geocronologia Pb-Pb em zircão e Sm-Nd rocha total da porção centro-norte do estado do Amapá-Brasil**: Implicações para a evolução geodinâmica do setor oriental do Escudo das Guianas. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2002.

BASTOS, T. X. **O clima da Amazônia Brasileira segundo Köppen**. Relatório de Pesquisa. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Belém, 1982.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2003.

BOAVENTURA, F. M. C; NARITA, C. **Geomorfologia**. In: Brasil Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 Macapá. Levantamento de recursos naturais, vol.6, Rio de Janeiro, 1974.

BRASIL. **Lei N°6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras

providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 07 jun. 2014.

_____. **Lei Nº9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 06 ago. 2014.

_____. **Lei Nº10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10257.htm. Acesso em: 25 set. 2014.

_____. **Lei Nº12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em: 07 jun. 2014.

BRASIL. Resolução Nº 01, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre os critérios básicos e as diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 18 jan. 2015.

_____. **Resolução Nº 04, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 09 de outubro de 1995.** Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=182>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

_____. **Resolução Nº 302, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>. Acesso em: 11 ago. 2014.

_____. **Resolução Nº 307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 03 fev. 2015.

_____. **Resolução Nº 358, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>. Acesso em: 05 fev. 2015.

_____. **Resolução N° 404, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 11 de novembro de 2008.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>. Acesso em: 22 jun. 2014.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N°306, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de 07 de dezembro de 2004.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de saúde. Disponível em:
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/10d6dd00474597439fb6df3fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+306,+DE+7+DE+DEZEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 02 fev. 2015.

CALIJURI, M.L; MELO, A.L; LORENTZ. J.F. **Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com o uso da análise estratégica de decisão.** Informática Pública. V.4, n.2, p. 231-250, 2002.

CALVO, F.; MORENO, B.; RAMOS, A.; ZAMORANO, M. **Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process.** Renewable & Sustainable Energy Reviews. vol.11. Melville, NY, USA, 2007.

CARVALHO, J. M. de A; FARACO, M. T. L; KLEIN, E. L. **Carta geoquímico-metalogenética de ouro no Amapá/NW do Pará:** Nota explicativa, Belém, Pará. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1995.

CEI, I.L.F. **Avaliação dos resultados e obstáculos à implementação do Termo de Ajustamento de Conduta firmado entre o Ministério Público Estadual e o município de Macapá para gerenciamento de resíduos sólidos.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá. Departamento de Pós-Graduação, Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, 2009.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Norma Técnica **P4.240.** Apresentação de projetos de aterros industriais. São Paulo, 1981.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa de Geodiversidade do Estado do Amapá.** Escala 1: 800.000. Sistema de Informações Geográficas. Brasília. CPRM, SGM, MME. 2014.

_____. **Mapa Geológico Simplificado do Brasil.** Escala 1: 6.000.000. Sistema de Informações Geográficas. Brasília. CPRM, SGM, MME. 2015.

CORSEUIL. C.W. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de usos das terras.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

COSTA, J.B.J; IGREJA, H.L.S.; BORGES, M.S.; HASUY, Y. **O quadro tectônico regional do Mesozóico na região norte do Brasil.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém, Pará. Anais...Belém, Pará: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 1991. p.166-178.

CUNHA, F. M. B. **Morfologia e tectonismo do rio Amazonas**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém, Pará. Anais...Belém, Pará: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 1991. p.193-211.

CUNHA, A. C da; SOUZA, E. B. de; CUNHA, H. F. A. **Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. Macapá, IEPA, 2010.

DELGADO, M.G.; CANO, B.J. **Sistemas de información geográfica y evaluación multicritério em la ordenación del território**. Madrid.RA,MA, 2005.

DRUMMOND, J. A; DIAS, T. C. A. C; BRITO, D. M. C. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. Macapá, MMA/IBAMA, GEA/SEMA, 2008.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows versão 2**. Manual do usuário: Introdução e exercícios tutoriais. Porto Alegre, UFRGS: Centro de Recursos Idrisi,1998.

_____. **Idrisi Kalimantan**: Tutorial. Clark Labs, Clark university, Worcester, USA, 2003.

_____. **Idrisi Taiga**: Guide to GIS and image processing. Clark Labs, Clark university, Worcester, USA, 2009.

FARACO, M. T. L; CARVALHO, J. M. de A. **A metalogenia preliminar dos estados do Pará e Amapá**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., 1994, Belém, Pará. Anais...Belém, Pará: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 1994. p.83-85.

FERREIRA, A.B.H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 4. ed. Rio de Janeiro, Editora Positivo, 2009.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Índice FIRJAM de Desenvolvimento Municipal 2014**. Disponível em <http://IFDM%20-%20Índice%20FIRJAN%20de%20Desenvolvimento%20Municipal%20Resultado.html>. Acesso em: 08 Jul. 2015.

GEOBANK. **Banco de dados espaciais**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>. Acesso em: 16 Abr. 2015.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. Editora Atlas. São Paulo, 2008.

GRAÇA, I.G. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Santana-AP: Aplicação do princípio da prevenção**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá. Departamento de Pós-Graduação, Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, 2013.

GUERRA, S. Resíduos Sólidos: **Comentários à Lei nº 12.305/2010**. Rio de Janeiro. Editora Forense, 2012.

GUIMARÃES, A. **Prefeituras de Macapá e Santana assinam Termo de Cooperação para destinação de resíduos sólidos.** Prefeitura Municipal de Macapá. Macapá, 2014. Disponível em:< <http://www.macapa.ap.gov.br/noticia.php?cod=1418>>. Acesso em: 08 Jan. 2016.

HADDAD, J.F. **Disposição de lixo no solo, aterro sanitário e aterro controlado.** Curso Latino Americano de Limpeza Urbana e Administração de Resíduos Sólidos. UERJ / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1994.

HADDAD, J.F. **Projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e especiais. Indicadores operacionais. Análise de projeto para a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Rio de Janeiro, 1999.

HAMADA, J. **Concepção de aterros sanitários: análise crítica e contribuições para seu aprimoramento no Brasil.** (Tese de Livre Docência). UNESP/FEB. Bauru, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160060&search=||infoqr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em: 20 Mai. 2015.

_____. **Manual Técnico de Pedologia.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2007. (Série Manuais Técnicos em Geociências,4).

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2 ed. rev. amp. Rio de Janeiro, 2012. (Série Manuais Técnicos em Geociências,1).

_____. **Banco de dados georreferenciado da Amazônia Legal – Vegetação.** Rio de Janeiro. IBGE, 2008. Disponível em:< <http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 15 Abr. 2015.

_____. **Banco de dados georreferenciado da Amazônia Legal – Solos.** Rio de Janeiro. IBGE, 2012. Disponível em:< <http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 02 Jun. 2015.

_____. **Banco de dados georreferenciado da Amazônia Legal – Geomorfologia.** Rio de Janeiro. IBGE, 2009. Disponível em:< <http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 19 Mai. 2015.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro, IBGE, 2008.

IEPA – INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ. **Diagnóstico Sócio-Ambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá.** Relatório Técnico, GERCO-AP. Macapá, IEPA, 2004. Disponível em:http://www.iepa.ap.gov.br/estuario/arq_vol_3.htm. Acesso em: 18 Jul. 2015.

_____. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: Primeira aproximação do ZEE.** 3 ed. rev. amp. Macapá, IEPA, 2008.

IKEGUCHI, T. **Progress in sanitary landfill technology and regulations in Japan: a review.** Waste Management & Research. vol. 12, Washington, DC, USA, 1994.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lixo Municipal:** Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo, IPT, 2010.

KATAOKA, S.M. **Avaliação de áreas para disposição de resíduos: proposta de planilha de gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial.** Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

KAUARK, F.S.; MANHÃES, F.C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia da Pesquisa: guia prático.** Ed. Via Litterarum. Itabuna. Bahia, 2010.

KHANLARI, G.; ABDILOR, Y.; BABAZADEH, R.; MOHEBI, Y. **Land fill site selection for municipal solid waste management using GSI method, Malayer, Iran.** Advances in Environmental Biology. vol. 6. Hamadan, Iran, 2012.

KIJKAMP, P; VOOGD, H. **Multicriteria analysis for development planning.** International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1983.

LANZA, V.C.V.; CARVALHO, A.L. **Orientações Básicas para operação de aterro sanitário.** Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEMA)/Projeto Estruturador de Revitalização e Desenvolvimento Sustentável na Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte, 2006.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Técnicas da Pesquisa.** 7. ed. Editora Atlas. São Paulo, 2008.

LEAL, C.C.L.V. **Análise de viabilidade técnico-econômica, jurídica e ambiental de geração de energia elétrica pela unidade de disposição final de RSU de Macapá.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá. Departamento de Pós-Graduação, Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, 2012.

LEITE, P. F.; VELOSO, H. P.; FILHO, L. G. **Vegetação.** In: Brasil Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 Macapá. Levantamento de recursos naturais, vol.6, Rio de Janeiro, 1974.

LIMA, M. I. C. de; MONTALVÃO, R. M. G. de; ISSLER, R. S; OLIVEIRA, A. S; BASEI, M. A. S; ARAÚJO, J. F. V.; SILVA, G. G. da. **Geologia.** In: Brasil Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 Macapá. Levantamento de recursos naturais, vol.6, Rio de Janeiro, 1974.

LIMA, M. I. C. de; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, J. E. T. de. **Sistematização da geologia do Estado do Amapá.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém, Pará. Anais...Belém, Pará: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 1991. p.332-335.

LIMA, G.S. **Seleção de áreas para implantação de aterro sanitário**: Uma proposta baseada na análise do valor e lógica fuzzy. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1999.

MADERS, G.R. **Gestão e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em um hospital de médio porte em Macapá/AP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá. Departamento de Pós-Graduação, Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, 2013.

MALUTA, C. **Método de apoio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários utilizando a lógica fuzzy**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MARÍN, L. E.; TORRES, V.; BOLONGARO, A.; REYNA, J.A.; PHOLE, O.; HERNÁNDEZ-ESPRIÚ, A.; CHAVARRÍA, J.; GARCÍA-BARRIOS, R.; TABLA, H.F.P. **Identifying suitable sanitary landfill locations in the state of Morelos, México, using a geographic information system**. Physics and Chemistry of the Earth. Bristol, UK, 2012.

MATOS, M.F.A.; AMARO, V.E.; SILVEIRA, O.F.M.; TAKIYAMA, L.R. **Análise multitemporal da morfodinâmica dos lagos meridionais da Reserva Biológica do Lago Piratuba, planície costeira do Amapá, norte do Brasil**. Revista de Geologia. Vol. 25. HIDROSEMA-UFRN, 2012.

MELO, A.L.O. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando lógica fuzzy e análise multicritério**: Uma proposta metodológica. Aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MESQUITA, M. **Mundo que te quero limpo. Como lidar com o nosso lixo e viver no mundo mais sadio**. CREA-RJ. Rio de Janeiro, 1999.

MONTEIRO, J.H.P. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NASCIMENTO, V.F. **Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, utilizando análise multicritério de decisão e técnicas de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012.

NUNES, J.O.R.; IMAI, N.N.; MARTINS, E.S.; SAMIZAVA, T.M.; KAIDA, R.H. **A importância do conhecimento geomorfológico na análise espacial: escolha de áreas para a construção de aterro sanitário no município de Presidente Prudente – SP**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, 2006.

OAKLEY, S.M.; JIMENEZ, R. **Sustainable sanitary landfills for neglected small cites in developing countries: The semi-mechanized trench method from Villanueva, Honduras**. Waste Management, vol. 32. Washington, DC, USA, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. D.; RABELO, B.V; SOUZA, C.B.; TARDIN, A. T. **Solos do Estado do Amapá, área prioritária I: características e potencialidades.** (Relatório Técnico). Macapá, 1998. 24p.

OLIVEIRA, M. J. **Diagnóstico do Setor Mineral do Estado do Amapá.** Macapá, IEPA, 2010.

PALMARES. Fundação Cultural Palmares. **Tabela das Comunidades Remanescentes de Quilombos Certificadas.** Brasília, 2015. Disponível em:< http://www.palmares.gov.br/wp-content/uploads/2016/01/TABELA_CRQs_COMPLETA-Atualizada-31-12-2015.pdf>. Acesso em: 08. Jan. 2016.

PERES, R. N.; SERRUYA, N.M.; VIEIRA, L. S. **Levantamento Exploratório de Solos.** In: Brasil Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 Macapá. Levantamento de recursos naturais, vol.6, Rio de Janeiro, 1974.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.** Disponível em <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download/>. Acesso em: 12 Jul. 2015.

RAMOS, R.A.R; MENDES, J.F.G. **Avaliação de aptidão do solo para localização industrial: O caso de Valença.** Universidade de Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, 2001.

ROCHA, A.A. **A história do lixo.** In: Resíduos sólidos e meio ambiente. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente/Coordenadoria de Educação Ambiental, 1993.

ROCHA, C.H.B; BRITO FILHO, L.F.; XAVIER DA SILVA. J. **Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para implantação de aterros sanitários: O caso de Mangaratiba – RJ.** In: Jorge Xavier da Silva, Ricardo Tavares Zaidan (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

RODRIGUES, W.C. **Metodologia Científica.** FATETC/IST. Paracambi, Rio de Janeiro, 2007.

RUMOS. **Relatório de Monitoramento Ambiental do Aterro Sanitário de Macapá.** Relatório Técnico. Macapá, 2014.

SAATY, T.L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures.** Journal of Mathematical Psychology, v.15, n.3, p. 234-281, 1977.

_____. **The Analytic Hierarchy Process:** planning, priority setting, resource allocation. New York, MacGraw-Hill,1980.

SAATY, T.L; VARGAS, L.G. **Decision Making with the Analytic Network Process:** economic, political, social and technological, applications with benefits, opportunities, costs and risks. 2. ed. New York, Springer, 2013.

SAATY, T.L.; VARGAS, L.G. **Prediction, Projection and forecasting**. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 1991.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2013.

SANEBAVI. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Prefeitura Municipal de Vinhedo. São Paulo, 2012.

SANTIAGO, A. **Lixeira pública de Santana vai ser desativada em 2014, diz prefeitura**. Portal de Notícias G1 AP. Macapá, 2013. Disponível em:< <http://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2013/11/lixeira-publica-de-santana-vai-ser-desativada-em-2014-diz-prefeitura.html>>. Acesso em 08. Jan. 2016.

SANTOS, V. F. **Ambientes costeiros amazônicos: Avaliação de modificações por sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Fluminense, Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Niterói, 2006.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE/AP. **Mapa de Bacias Hidrográficas do Amapá**. Macapá, 2012. Disponível em: <http://www.sema.ap.gov.br/index.php/institucionalmenu1/coordenadorias/cgtia/mapas/hidro-cgtia>. Acesso em: 04 Ago. 2015.

SEMA/GTZ. **Estudo de viabilidade econômica, técnica e operacional de sistemas de reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos em Macapá e Santana**. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Projeto Gestão Ambiental Urbana no Amapá – SEMA/GTZ, 2001.

SILVA, A. N. R. et.al. **SIG – uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transporte: uma ferramenta 3D para análise ambiental, urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais**. São Paulo, SP. Ed. dos Autores, 2004.

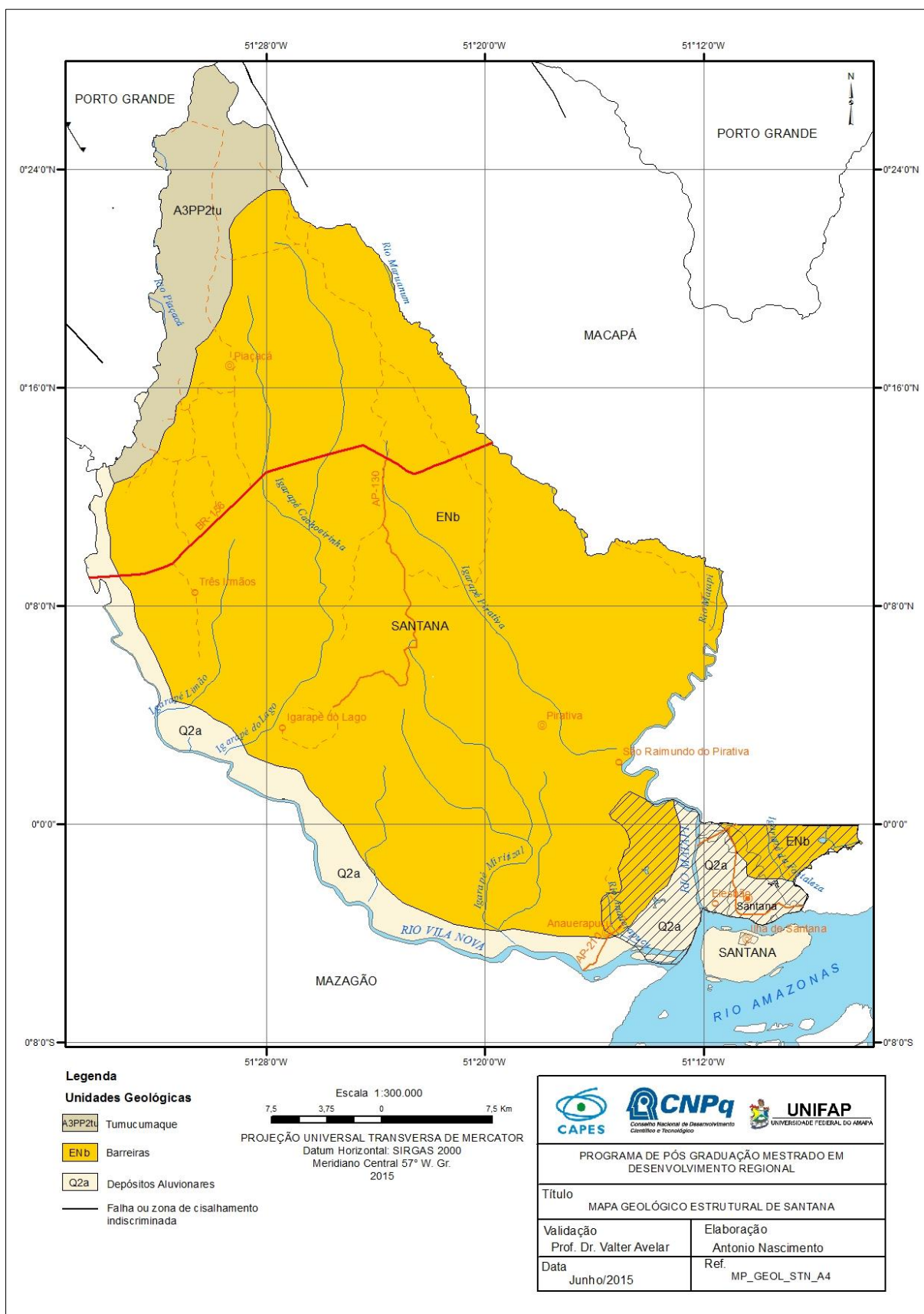
SILVEIRA, O. F. M. da. **A planície costeira do Amapá: Dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 1998.

SISINNO, C.L.S; OLIVEIRA, M.R. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 2000.

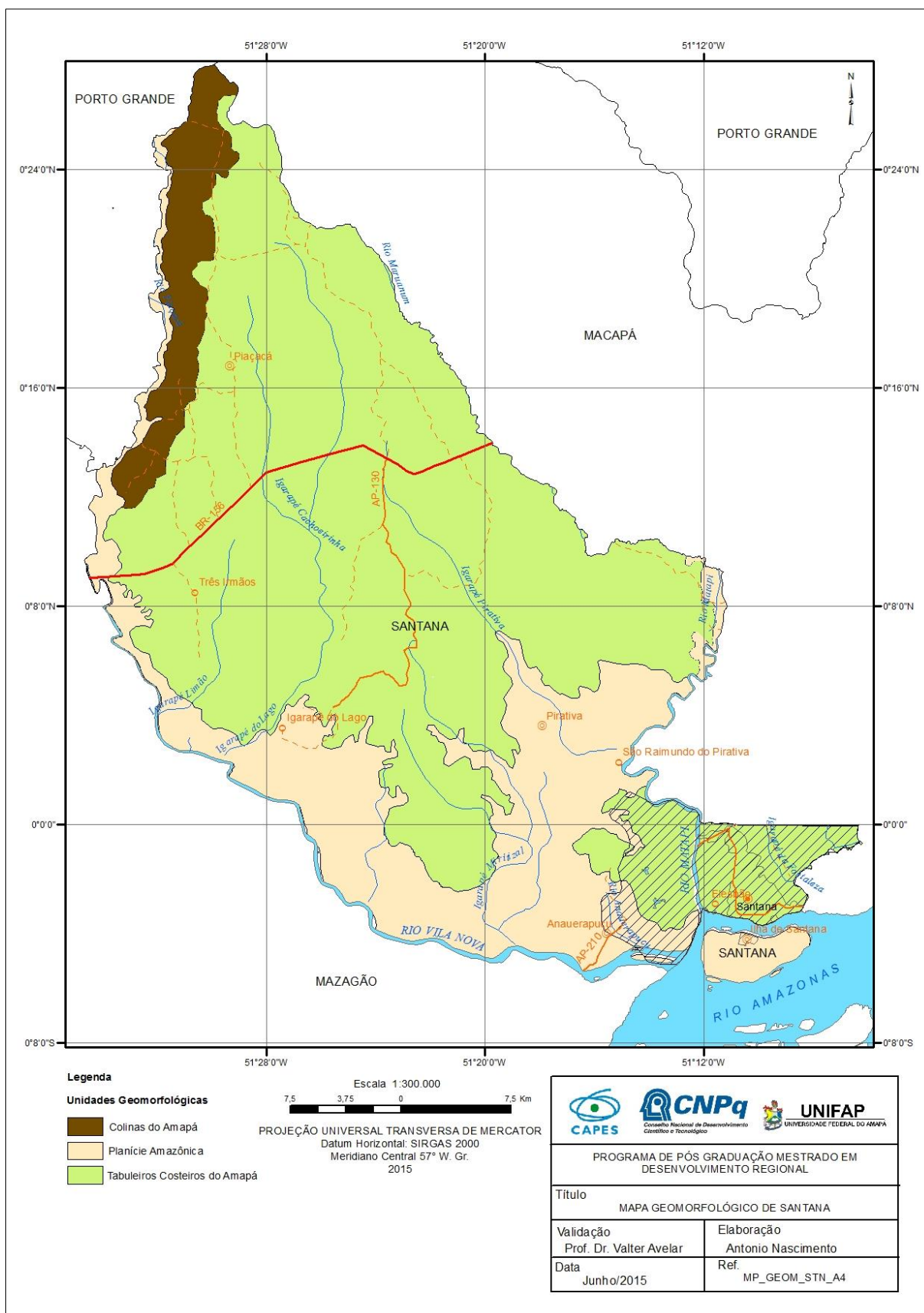
TAKIYAMA, L.R. et. al. **Projeto zoneamento ecológico econômico urbano das áreas de ressacas de Macapá e Santana, estado do Amapá: relatório técnico final**. Macapá, IEPA, 2012.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation with mixed qualitative and quantitative data**. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxemburg, Austria, 1983.

APÊNDICE A – Mapa Geológico do Município de Santana



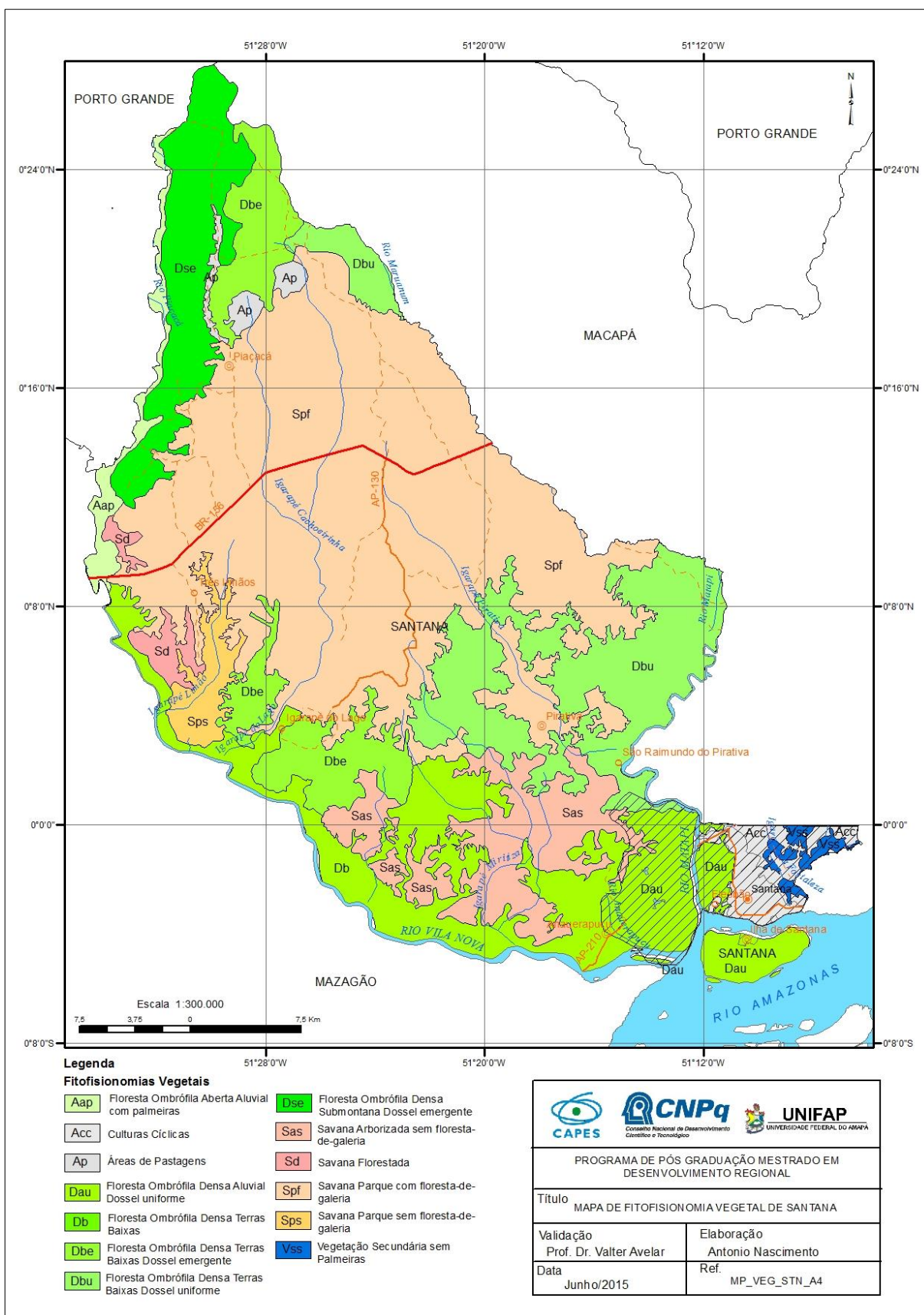
APÊNDICE B – Mapa Geomorfológico do Município de Santana



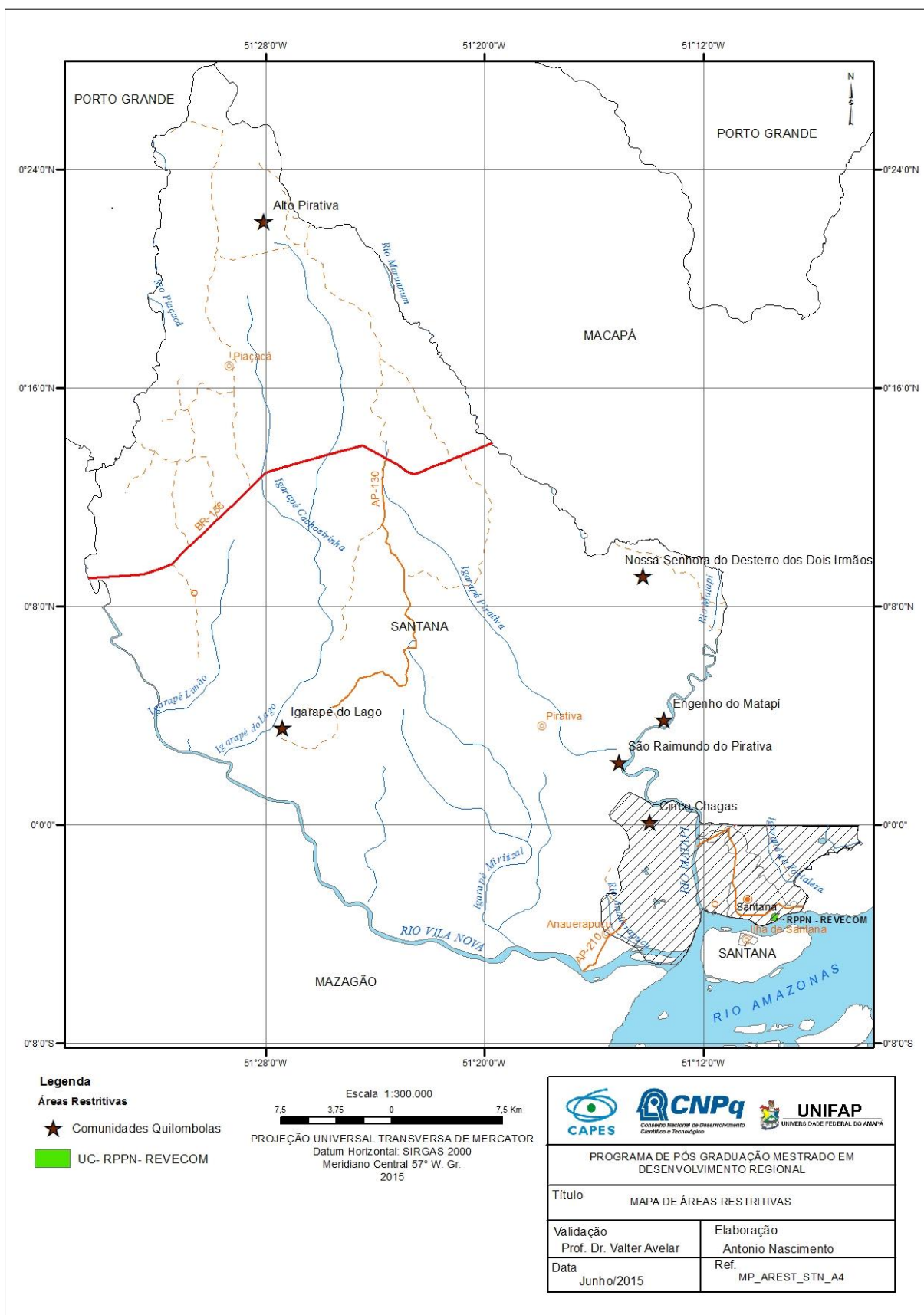
APÊNDICE C – Mapa Pedológico do Município de Santana



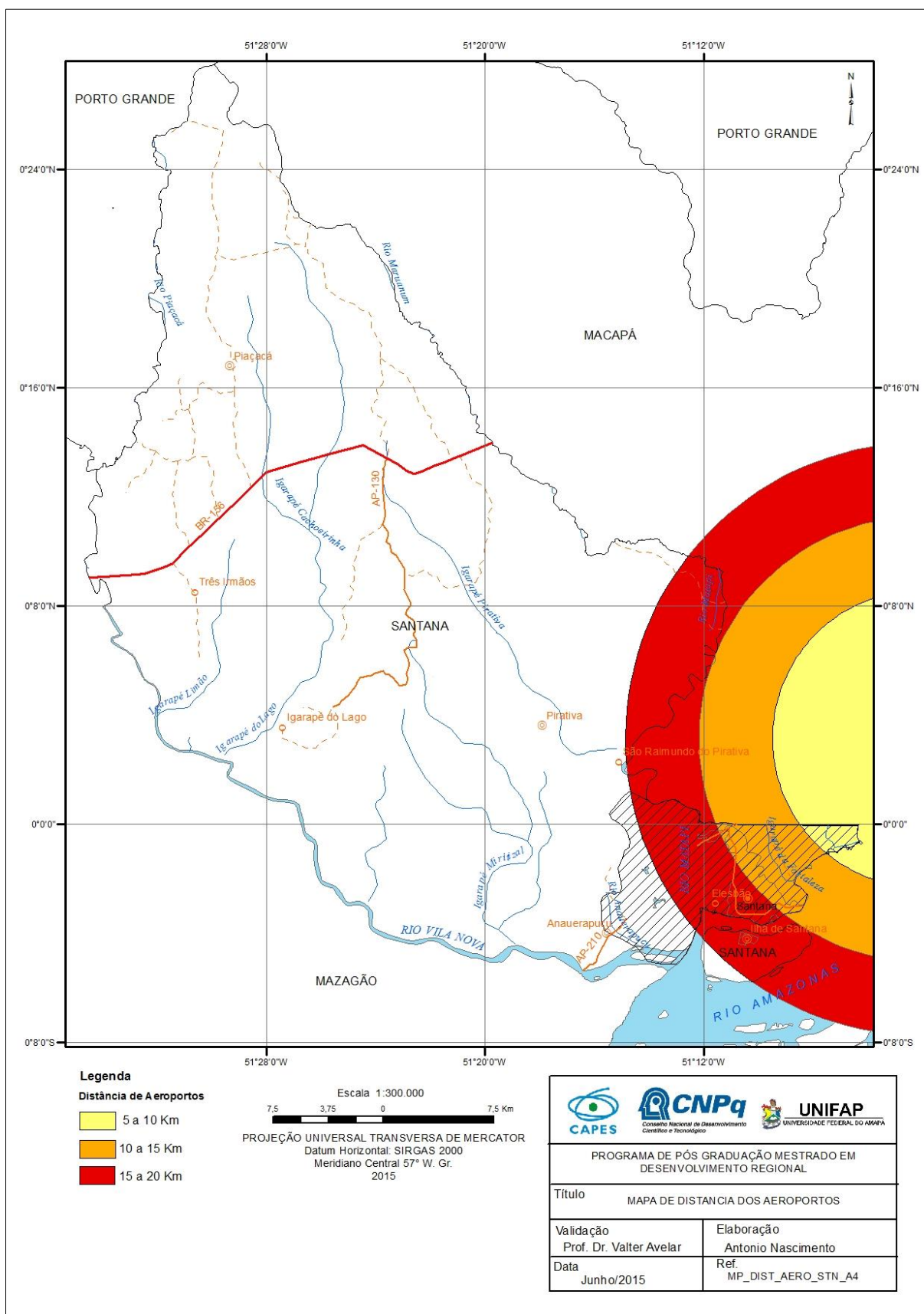
APÊNDICE D – Mapa de Vegetação do Município de Santana



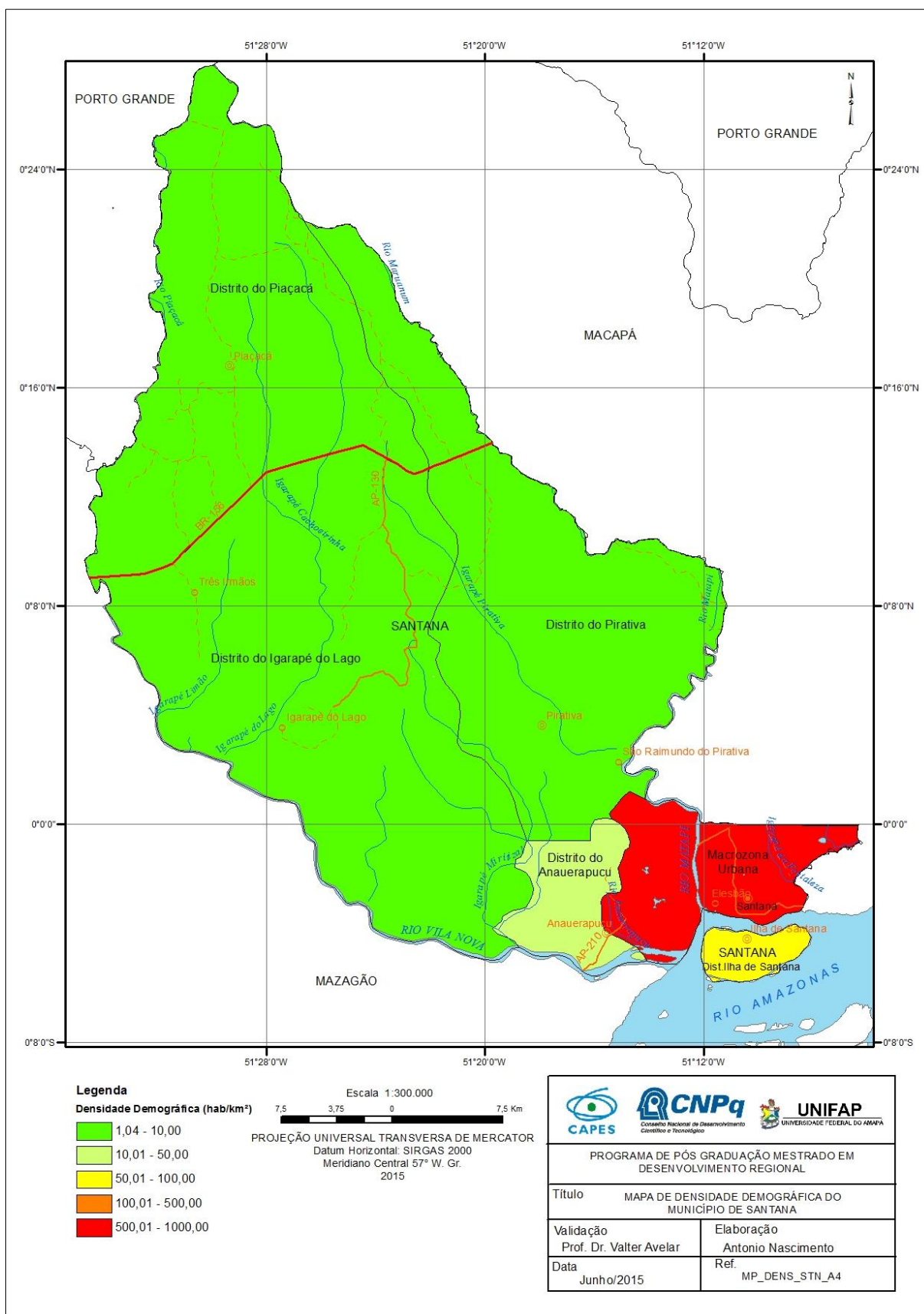
APÊNDICE G – Mapa de Áreas Restritas



APÊNDICE H – Mapa de Distância de Aeroportos



APÊNDICE I – Mapa de Densidade Demográfica do Município de Santana



APÊNDICE J – Mapa de Áreas Potenciais para Implantação de Aterro Sanitário no Município de Santana

