



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - UERN
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - FACEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS**

SAMUEL RODRIGUES DE FREITAS MOURA

**GERAÇÃO DE UM MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA A IDENTIFICAÇÃO
DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ/RN**

**MOSSORÓ - RN
2014**

SAMUEL RODRIGUES DE FREITAS MOURA

**GERAÇÃO DE UM MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA A IDENTIFICAÇÃO
DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ/RN**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais. Área de concentração: Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grigio.

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Diodato.

**MOSSORÓ - RN
2014**

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Moura, Samuel Rodrigues de Freitas.

Geração de um modelo digital de terreno para a identificação das áreas de risco à inundação na área urbana de Mossoró/RN. / Samuel Rodrigues de Freitas Moura. – Mossoró, RN, 2014.

88 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grigio.

Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais.

1. Geotecnologia - Dissertação. 2. Modelo digital de terreno. 3. Inundação e enchentes. I. Grigio, Alfredo Marcelo. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/ BC

CDD 910

SAMUEL RODRIGUES DE FREITAS MOURA

GERAÇÃO DE UM MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA A IDENTIFICAÇÃO
DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ/RN

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grigio
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. Marco Antonio Diodato
(MEMBRO INTERNO)

Prof. Dr. José Mairton Figueiredo de França
(MEMBRO EXTERNO)

MOSSORÓ – RN

2014

À minha amada mãe, Francina Felix,
minha namorada, Ana Medeiros, e todos
que me ajudaram a realizar essa
conquista.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, ao meu Deus, por me dar forças nos momentos em que tentei desistir; quando, a noite, deitava com a cabeça no travesseiro, triste, com pouca fé em conseguir concluir uma determinada etapa da pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Alfredo Marcelo Grigio, que iniciou sua valorosa ajuda a mim desde a graduação, passando pela especialização e, hoje, no mestrado em Ciências Naturais. Às vezes me cobrava grandemente, mas me auxiliou em momentos ímpares, sempre com a preocupação de um amigo que continuamente buscou as melhores maneiras de contribuir tanto na minha vida acadêmica quanto no pessoal.

Ao meu co-orientador, Dr. Marco Antônio Diodato, sempre com as palavras certas em momentos certos, me acalmando em situações de extrema preocupação e buscando direcionar-me do modo mais correto.

À Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e ao Fundo de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte (FAPERN), pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), pelo seu corpo docente, técnico e administrativo e suas contribuições; e o secretário do programa, Tiago Mendes, por sua dedicação e eficiência nos auxílios prestados.

Aos amigos do PPGCN, com os quais tive momentos inesquecíveis em pesquisas e trabalhos de campo. Foram horas de descontração regadas com muitas gargalhadas e momentos de sufoco com as matérias. A eles meus sinceros agradecimentos.

A todos os bolsistas e agregados do Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais (NESAT) da UERN, pelas conversas, ajudas e incentivo.

A minha família, que é a base de tudo, com a representação de minha querida e amada mãe, Francina Felix Rodrigues. Mesmo com os problemas de saúde por ela enfrentados, nesses dois anos de pesquisa, nunca me olhou com ar de desconfiança

e muito menos solicitou para que eu desistisse dos sonhos, sendo sempre para ela um orgulho como filho e como homem.

A minha companheira e namorada, Ana Glicia de Souza Medeiros, sempre presente ao meu lado, apoiando, ajudando e contribuindo com seu olhar e seu sorriso, além de demonstrar o quanto posso ser forte para conseguir tudo que quero.

Aos amigos que cultivei no decorrer desses anos na UERN, como Francisca Kelia e Luiz Tavernard. A eles o meu sincero obrigado pela amizade que me acompanha desde a graduação e especialização, através dos conselhos e do apoio incondicional nas angústias, nas alegrias das comemorações e carinhos que partilhamos durante nosso caminhar. Sou grato, também, por todo tempo dedicado para me ouvirem.

À empresa PROGEL, na figura do Geógrafo Gutemberg, pela fundamental ajuda e parceria, emprestando os equipamentos necessários para a realização da pesquisa, como também ao profissional Sérgio Coelho, pelo apoio técnico com o processamento dos dados.

Ainda desejo expressar meus mais sinceros agradecimentos ao apoio nas coletas de pontos em campo dado pelos motoristas da UERN; pela educação, dedicação e pelos seus conhecimentos das áreas mais afastadas dos limites urbanos.

À Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, por dispor de equipamentos de transporte da instituição para ajuda no campo de pesquisa. Sem esquecer dos seus funcionários (motoristas), que sempre foram solícitos em determinadas situações.

Estendo meus agradecimentos aos companheiros que se dispuseram a ajudar nos trabalhos de campo que foram realizados, Anderson Silva, Maykon Targino e Inácio.

Agradeço ainda a primordial e valorosa ajuda do Professor Doutor Antônio Conceição Paranhos Filho, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, por ter se disponibilizado em nos acompanhar na coleta de dados cotados por GPS geodésico na cidade de Mossoró, no período de 30/09/2013 a 04/10/2013, quando de sua visita. Outrossim, quero agradecer por ter disponibilizado o laboratório de Geotecnologias

durante a visita técnica, entre os dias 14 a 18 de novembro de 2013, para aplicações ambientais na UFMS, e todos os seus componentes, Zé Renato, Leandro, Luciana, Anny, Camila Mito, Alessana.

Ao professor doutorando José Marcato Júnior, pela sua contribuição nas análises dos dados coletados com o GPS geodésico, verificando sempre a melhor alternativa para um produto final de confiabilidade e credibilidade para a pesquisa.

Por fim, a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para conclusão deste trabalho os meus mais sinceros e profundo agradecimentos.

“Sempre que te perguntarem se podes fazer um trabalho, responde que sim e te ponhas em seguida a aprender como se faz.”

F. Roosevelt

RESUMO

A presente investigação tem como principal eixo discursivo a identificação de locais que possam vir a sofrer com inundações e enchentes na faixa urbana de Mossoró-RN. Contudo, o objetivo primordial é a geração de modelo digital de elevação, onde, com a aquisição de dados geográficos, ficará caracterizado o relevo. Os procedimentos metodológicos que subsidiaram este trabalho seguem desde a exploração bibliográfica de estudos que versam sobre a temática em questão; passando pela realização de pesquisa em campo, com obtenção de dados geográficos, realização de trabalhos com apoio de programas para a construção de um sistema de informações geográficas e interpolação dos dados obtidos em coleta com GPS geodésico; até a construção de um modelo digital de elevação, como também a caracterização da região de estudo e a caracterização da bacia do rio Apodi-Mossoró. Para efeito de análise, adotamos como referencial teórico estudos sobre modelos digitais de elevação; aquisição de dados com GPS geodésico; informações sobre desastres naturais, entre eles inundações e enchentes urbanas; informações sobre regiões de riscos naturais e ambientais; e as geotecnologias que se voltam para fazer análise de áreas de risco. A compilação dos estudos realizados e análises elaboradas ao longo do processo investigativo nos conduziram a inferir que a cidade está inserida em uma região suavemente plana, com características que se encontram abaixo dos quinze metros de altimetria. Com base na construção do modelo digital de elevação, destacamos, a partir do nível de cotas métricas de inundação, a disposição e identificação dos bairros centrais do município que tendem a serem penalizados pelos efeitos das enchentes e, conseqüentemente, das inundações. Consideramos, sobremaneira, que o presente estudo tende a contribuir de maneira significativa com o desenvolvimento de ações preventivas com relação ao risco de enchentes e inundações na área urbana do município de Mossoró – RN.

Palavras-chave: Modelo Digital de Terreno, Geotecnologias, Inundação e Enchentes.

ABSTRACT

The present investigation was related with the identification of areas susceptible to flooding and floods in urban zones of the Mossoró city, Rio Grande do Norte state. The study was performed using an elevation digital model, where the relief was characterized by the acquisition of declivity geographic data. Basically, bibliographic reviews and field studies, i.e., obtainment of preliminary geographic informations, identification and interpolation of the critic points using a geodesic global positioning system, and characterization of the study area, were used as methodological procedure of the research. According the results, this city is located on a gently flat region, with features that are below fifteen meters altitude. Based on information obtained from the elevation digital model employed, the levels of metric dimensions identified the neighborhoods of downtown as the most likely to flooding and floods. This work can be used to avoid problems related with flooding and floods in Mossoró city.

Passoword Key: Flooding and Flood, Elevation Digital Model, Geotecnologie

LISTA DE TABELA E QUADRO

Tabela 01. Remanescentes vegetais em km ² e %, no município de----- Mossoró, 2009.	18
Quadro 01: Diferenciação de termos e terminologia usualmente empregada-	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Etapa do Trabalho	06
Figura 02: Base do IBGE localizado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN	08
Figura 03: Coleta em Região Urbana de Mossoró-RN.	09
Figura 04: Demonstração da melhor constelação de PDOP.	10
Figura 05: Layout Software de Processamento para dados de GPS.	11
Figura 06: Processamento de Dados Brutos.	12
Figura 07: Software MapGeo-Versão1.0 IBGE.	13
Figura 08: Medição de Dados Altimétricos.	15
Figura 09: Mapa de Localização do Município de Mossoró-RN.	17
Figura 10: Inundação em Mossoró no ano de 1974.	20
Figura 11: Problemas ocorridos com inundações de 1984.	21
Figura 12: Estado de calamidade pública em Mossoró.	22
Figura 13: Municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi – Mossoró-RN.	23
Figura 14: Perfil Longitudinal da Bacia do Rio Apodi-Mossoró-RN.	24
Figura 15: Histórico Pluviométrico de Luiz Gomes – RN.	25
Figura 16: Histórico Pluviométrico de Pau dos Ferros – RN.	26
Figura 17: Histórico Pluviométrico de Apodi – RN.	27
Figura 18: Histórico Pluviométrico de Mossoró – RN.	28
Figura 19: Relação de Evento e Desastre Natural.	34
Figura 20: Espacialização dos Desastres Naturais no Mundo, entre os anos de 1900-2006.	36
Figura 21: Representação dos Aspectos de Inundação Urbana.	37
Figura 22: Coleta em Campo com Procedimento Estático.	45
Figura 23: Análise dos pontos em Gabinete.	46
Figura 24: Mapa de pontos e sua distribuição.	47
Figura 25: Mapa de perfil topográfico.	50
Figura 26: Simulação de inundação, cota 8 metros.	53
Figura 27: Simulação de Inundação, cota 9 metros.	54
Figura 28: Simulação de Inundação, Cota 10 metros.	56
Figura 29: Simulação de Inundação, Cota 11 metros.	57
Figura 30: Simulação de Inundação, Cota 12 metros.	59
Figura 31: Simulação de Inundação, cota 13 metros.	60
Figura 32: Simulação de Inundação, cota 14 metros.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Departamento de Gestão Ambiental (DGA)

Programa de Pós Graduação de Ciências Naturais (PPGCN)

Gerências Executivo de Gestão Ambientao (GGA)

Núcleo de Estudo Socioambientais e Territoriais (NESAT)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)

Modelo Digital de Terreno (MDE)

Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Diluição de Precisão (DOP)

Internation Strategy for Disaster Reduction (ISDR)

Jornal Oficial de Mossoró (JOM)

Triangulation Irregular Network (TIN)

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN)

Agência Nacional das Águas (ANA)

Modelo Numérico de Terreno (MNT)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Objetivos	3
Objetivo Geral.....	3
Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO 1	5
1.1 Fundamentação teórica, documental e cartográfica.	7
1.2 Coleta em Campo com GPS Geodésico	7
1.3 Processamento de dados com Software	10
1.4 Simulação de Inundação	13
1.5 Modelo Digital de Elevação – MDE	14
CAPÍTULO 2	18
2.1 Mossoró: Histórico da cidade com seu rio e suas inundações	20
2.2 Característica da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN.....	23
CAPÍTULO 3	32
3.1 Modelos digitais de elevação e levantamento de dados a partir de dados de GPS	32
3.2 Desastres naturais: Inundação e Enchentes Urbanas	33
3.3 Risco: Natural e Ambiental	38
3.4 Geotecnologias voltadas à análise das áreas de risco	41
CAPÍTULO 4	45
4.1 Qualidades de Coleta dos Pontos de GPS Geodésico	45
4.2 Modelo digital de elevação e perfil topográfico	49
4.3 Regiões Inundáveis - Simulação	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS.....	66

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais, do Programa de Pós-Graduação de Ciências Naturais (PPGCN) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

As atividades realizadas estão vinculadas ao Projeto para a Geração de um Modelo Digital de Elevação para a Identificação das Áreas de Risco a Inundação na Área Urbana de Mossoró (RN), financiado pela CNPq, através do Edital Universal 14/2012.

Aqui são apresentadas as informações resultantes da pesquisa do mestrando, desenvolvidas com o apoio do Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais (NESAT/UERN).

Dessa forma, a dissertação está dividida em cinco partes, quais sejam:

Introdução: No primeiro momento, são apresentados o objetivo principal e os específicos da pesquisa, buscando, sempre, uma melhor condução para os resultados esperados.

Capítulo 01: Posteriormente, são exibidos os métodos utilizados, a abordagem para o embasamento da pesquisa, estudos de desastres, os riscos que possam ser gerados, como também o uso de geotecnologias e a contextualização histórica de Mossoró.

Capítulo 02: A terceira etapa busca caracterizar, da melhor forma, o local de estudos, demonstrando feições específicas do município, destacando-se geologia, geomorfologia, solos e suas associações, vegetação e dados pluviométricos em período temporal.

Capítulo 03: Esse capítulo fica reservado aos aspectos literários que estão sendo abordados sobre assuntos aqui presentes, com maior ênfase e ponderação sobre os temas de inundações e enchentes; riscos; modelamento digital e geotecnologias voltadas a regiões de risco.

Capítulo 04: A quarta etapa refere-se à evidenciação dos resultados alcançados no transcorrer da pesquisa, com a geração do MDE da zona urbana de Mossoró.

Considerações Finais: Nesse momento da pesquisa, foram apresentados os resultados finais da pesquisa, apresentados os locais que sofrem com inundações,

como também o modelo digital de terreno, desta forma os resultados gerados, responderam o questionamento inicial da pesquisa sendo está feita através de uma análise crítica discursiva.



INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO

A proximidade com o corpo hídrico, em determinadas regiões, se tornou essencial para o crescimento e desenvolvimento das cidades. Dados históricos revelam que cidades nas proximidades das margens dos rios (corpos hídricos) tiveram seu crescimento elevado, tendo em vista o constante desenvolvimento nas áreas ligadas ao comércio, transporte de alimentos e transporte humano. Por outro lado, cidades que se encontram em regiões mais afastadas dessas áreas desenvolveram-se menos.

Assim, Oliveira *et al* (2007) aborda que, historicamente, a humanidade se desenvolveu e fixou residência no entorno de corpos hídricos, principalmente em virtude da necessidade do uso da água, tanto para o consumo direto quanto para atividades voltadas à agricultura, à pecuária e à indústria.

Todavia, essas localizações privilegiadas das cidades em regiões de várzeas trazem consigo fatores de risco, tais como as elevações naturais do nível de água dos rios circunvizinhos. Autores como Regis Filho e Oliveira (2010), versam que as inundações urbanas são tão antigas quanto às construções das próprias cidades ou qualquer aglomeramento urbano, um dos principais problemas encontrados quando se fala de expansão urbana nas margens de rios.

Ao abordar os principais problemas encontrados em regiões urbanas, observando e assinalando os desastres naturais, podemos citar as inundações e enchentes, que se distinguem em situações distintas. Segundo Castro (1998), as enchentes consistem na elevação do nível de água de um rio, acima de sua capacidade natural de escoamento, podendo causar inundações que atingem diferentes magnitudes. Ao dissertar sobre inundação, o autor observa que são consideradas a partir do extravasamento desse leito maior e provocadas por fatores diversos como: impermeabilização, retirada de vegetação das margens, entre outras.

Dessa forma, Regis Filho e Oliveira (2010), apontam que a ocupação desorganizada e a expansão do perímetro urbano traçam a nova dinâmica dessas cidades. Isso devido à falta de planejamento adequado, que gera riscos urbanos provenientes da ocupação irregular e do mal uso de espaço, tornando-se, assim, os locais como iminentes áreas de risco. De tal modo, é possível verificar que uma falta de política de monitoramento e controle das inundações, atrelados à falta de planejamento do espaço ocupado e o desconhecimento do risco das áreas passíveis

à inundação, têm aumentado os prejuízos e as perdas nas cidades, o que não é muito interessante para esferas políticas/públicas, responsáveis pela a solução desse problema.

Contudo, o homem, por sua vez, pode potencializar a ocorrência de fenômenos como as enchentes e inundações, fazendo alterações próximas aos corpos hídricos, modificando, então, o curso de sua dinâmica natural baseada nos fenômenos descritos acima. Conforme Tucci (2005), os períodos com chuvas abundantes fazem com que os rios saiam do seu leito menor e ocupem o leito maior com frequência média de, aproximadamente, dois anos, trazendo prejuízos às populações.

De acordo com *Internation Strategy for Disaster Reduction - ISDR* (2003), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes, causando impactos desastrosos nas áreas afetadas e provocando perdas humanas e materiais das mais variadas dimensões.

As ocupações desordenadas às margens dos rios configuram, nos períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública, marcado por ocorrências de desabamentos de moradias. Isso ocasiona um aumento do número de desabrigados, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenç as de veiculação hídrica, enfim, fatores agravantes para a sociedade de um modo geral.

O crescimento de determinadas cidades tem sua vinculação   existência de um corpo hídrico local. Destarte, as regiões adjacentes ao rio são ocupadas pela população que se encontra na localidade, sem que exista um planejamento urbano com comprovada eficiência na busca pela diminuição dos riscos aos desastres naturais que possam inferir na comunidade.

O município de Mossoró tem um cenário que nos remete aos problemas de inundações e enchentes, pois as regiões de várzeas se encontram ocupadas por populares, indústria e comércio. Outrossim, há também a diminuição das áreas florestadas e das áreas de escoamento, entre outros aspectos que podem agravar a situação do município.

Por conseguinte, na zona urbana do município de Mossoró, em anos em que a pluviometria   elevada, a ocorrência de inundações se observa bastante frequente, podendo ser oriunda da elevação do rio Apodi-Mossoró ou do acúmulo das  guas em locais mais planos.

Para uma melhor representatividade geográfica da região, foi proposta a confecção de um Modelo Digital de Elevação, que abordasse os aspectos da zona urbana do município, apresentando os locais com altimetria elevada e regiões de feições planas.

A geração de Modelo Digital de Terreno é de extrema relevância tanto para a identificação de regiões de risco como para a espacialização das regiões que apresentam pontos críticos. De posse desses dados, a população pode vir a buscar locais protegidos das inundações que possam acontecer no município de Mossoró com um tempo hábil. Para tanto, a base para confecção do mapa temático haver deve ser feita em algumas etapas que partem da análise cartográfica existente até a obtenção de dados de informações com o Sistema de Posicionamento Global - GPS geodésico.

Objetivos

Objetivo Geral

Gerar um modelo digital do terreno da área urbana de Mossoró – RN, a partir de levantamentos geodésicos, a fim de mapear as áreas de risco a inundações.

Objetivos Específicos:

1. Mensurar a aquisição das cotas altimétricas da área urbana, por meio de levantamento geodésico de pontos efetuado com receptor GPS;
2. Construir um modelo digital do terreno da área urbana de Mossoró - RN;
3. Levantar dados históricos de inundações na área urbana.
4. Cruzar os dados obtidos para a identificação das zonas com riscos potenciais significativos de inundações;



MATERIAIS E MÉTODOS



CAPÍTULO 1

O presente trabalho está desmembrado em etapas, as quais facilitarão a compreensão do delineamento da pesquisa, análise e apresentação dos resultados e geração do modelo digital de terreno, tornando possível a identificação das áreas, no centro urbano, passíveis aos riscos de enchentes e inundações.

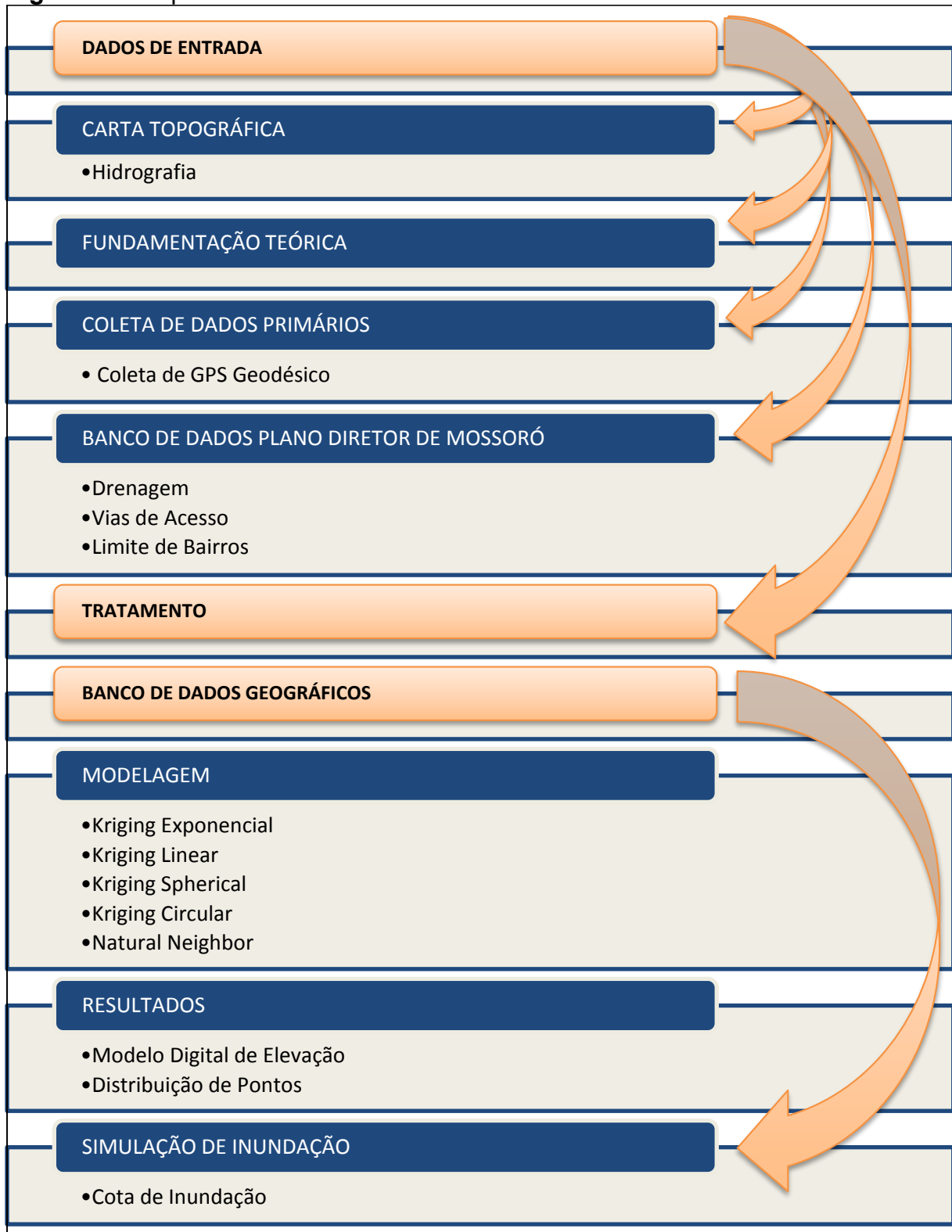
A etapa inicial se deu com a busca por materiais e coleta de dados, oriundos de sensoriamento remoto do Plano Diretor de Mossoró; coleta em campo de dados geográficos; e tratamento em espaço laboratorial, todos dando subsídio para a composição de banco de dados geográficos.

Na sequência, pode-se observar os seguintes passos necessários para a realização deste trabalho:

- 1) Fundamentação teórica, documental e cartográfica** – compreendeu o levantamento da literatura e informações preliminares de materiais cartográficos, imagens de satélite e dados secundários, encontrados no Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais;
- 2) Coleta em Campo com GPS Geodésico** – realizado em toda zona urbana, cujos dados serviram para a confecção de mapas futuros de MDE, Declividade e Hipsometria;
- 3) Processamento de Dados com Software** – etapa de utilização de software para o processamento das informações obtidas em campo, geração de grades e construção dos resultados finais.
- 4) Modelo digital de Elevação – MDE** – composto pela realização de testes com modelos de interpolação de informações obtidas em campo, efetivados em etapa anterior. Com os cruzamentos dos dados confeccionou-se o mapa; e
- 5) Resultados** – abrange a geração e interpretação final da intersecção realizada na etapa anterior.

Na Figura. 01, são apresentadas as etapas do trabalho de forma ilustrativa e simplificada.

Figura 01: Etapa do Trabalho



Fonte: Dados da pesquisa.

1.1 Fundamentação teórica, documental e cartográfica.

Nessa fase, buscamos um aprofundamento do tema estudado através de material bibliográfico, incluindo: livros, artigos, reportagens, os quais remetem ao melhor entendimento sobre as temáticas da pesquisa.

A busca pelo entendimento dos assuntos abordados vem ao encontro de uma melhor inter-relação da pesquisa bibliográfica com o tema proposto: inundações, enchentes, medidas de controle para inundações, geotecnologias e o histórico sobre a cidade de Mossoró-RN.

A pesquisa documental foi realizada por meio de visitas a órgãos públicos, tais como a Prefeitura Municipal de Mossoró, a Gerência Executiva da Gestão Ambiental (GGA) e a Subsecretária de Defesa Civil. Também foram realizadas buscas no Jornal Oficial de Mossoró (JOM), na internet, em jornais de grande circulação da cidade. O intuito foi coletar informações sobre as inundações ocorridas nos períodos históricos. Igualmente, investigamos a legislação municipal, que menciona ações sobre a contenção de inundações e enchentes.

Dados e indicadores referentes ao município também foram consultados, a saber: população, clima, pluviometria. Estes foram retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A base cartográfica de hidrologia, vegetação e morfologia foram resgatadas do Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais – NESAT, que se encontra agregado ao Departamento de Gestão Ambiental – DGA, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN.

1.2 Coleta em Campo com GPS Geodésico

Para a aquisição de dados geográficos, foi utilizado GPS geodésico da marca ProMark3, tendo características de receptores L1, os quais permitem realizar trabalhos topográficos e cartográficos/GIS. Os aparelhos foram divididos entre os pesquisadores para uma melhor obtenção das informações.

O primeiro equipamento disposto para servir como base no rastreamento, foi posicionado no marco do IBGE, localizado no IFRN, descrito com as seguintes

características: cilindro de concreto, medindo 1,20 m de altura, com 0,30 m de diâmetro, elevado sobre plataforma de concreto quadrangular medindo 1,00 m x 1,00 m x 0,30 m de altura, segundo Figura. 2.

Figura 02: Base do IBGE localizado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN



Fonte: Acervo Moura, S.R.F, 2013.

O segundo dispositivo foi direcionado para a realização de coleta dos dados em campo. A colocação do equipamento foi no intuito de representar de forma mais fiel as características do relevo do município de Mossoró – RN, como é demonstrado na Figura. 03, que mostra uma das coletas realizadas em bairros do município de Mossoró – RN, no ano de 2013.

Figura 03: Coleta em Região Urbana de Mossoró-RN.



Fonte: Acervo Moura, S.R.F, 2013.

A duração da coleta dos dados é definida a partir da precisão exigida e da distância entre os pontos (base e móveis), portanto se faz necessário conhecer essas distâncias e a precisão necessária para estabelecer o tempo de permanência do receptor em cada um dos pontos. A duração de coleta de dados pode variar de 15 minutos a 1 hora, com linhas de bases até 50km (MONICO, 2000).

Para a consideração dos pontos, foi observado, primeiramente, um raio de cinco quilômetros da base. Nessa extensão territorial o tempo de espera para fixação do ponto foi de quinze minutos, depois foi destacado um raio de dez quilômetros, respeitando-se o tempo de vinte minutos. Em seguida, foi observado o raio de quinze quilômetros, mantendo em média o tempo de definição do ponto de trinta minutos.

Neste tipo de posicionamento, dois receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo. Devido ao longo período de ocupação das estações, este método utiliza mais a fase de onda portadora, cuja precisão é superior, sendo utilizada somente no pré-processamento. Este método é o mais preciso e mais adequado para levantamentos geodésicos e geodinâmicos.

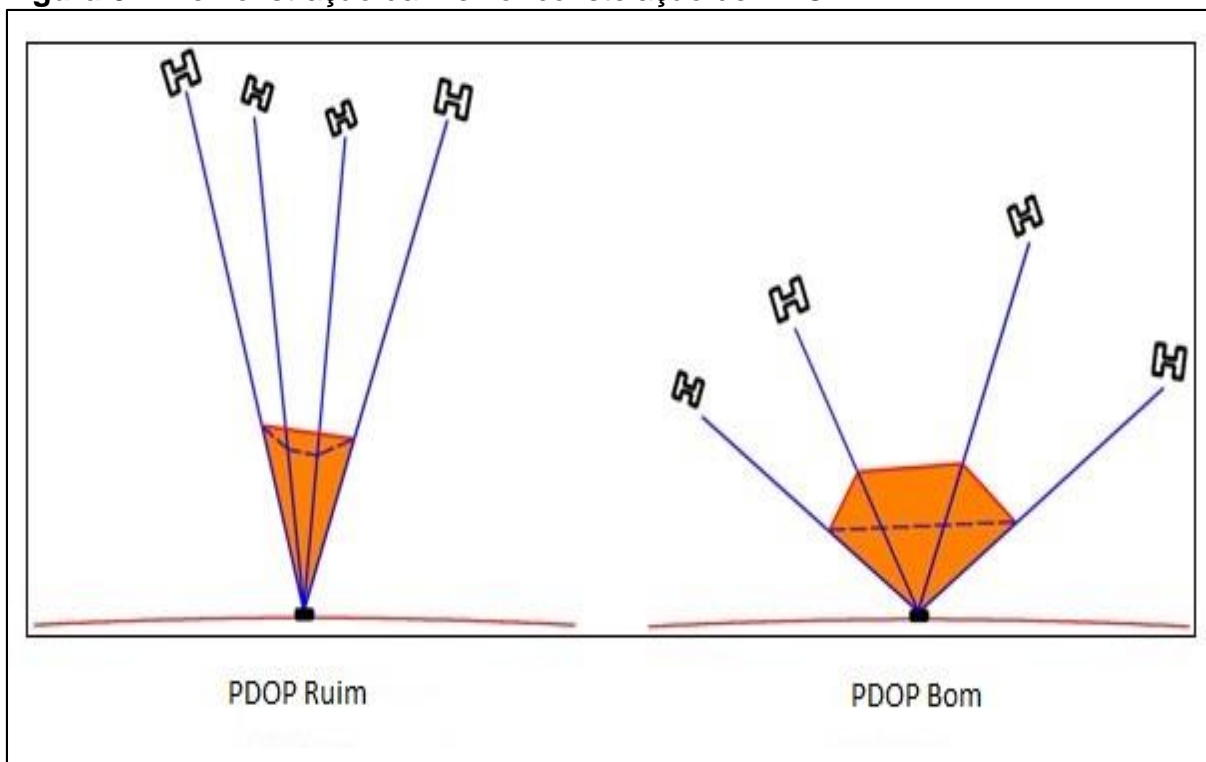
Para a verificação da afixação dos pontos, foram observadas duas características de coleta, a primeira refere-se à diluição da precisão - DOP na forma

de *Posição (PDOP)* – medições horizontal e vertical (Latitude, Longitude e altitude); a segunda é que a distância aproximada das duas unidades (linha de base) tem que ser conhecida.

Assim, Silva (2010) menciona que DOP são valores numericamente escalados, expressando um fator de exatidão das soluções de posição, ao qual são agregados valores que trazem confiabilidade à coleta.

Bernardi (2002), por sua vez, expressa que, em resumo, pode-se dizer que, quanto menor for o valor dos diferentes DOP's, melhor a configuração dos satélites para realizar o posicionamento, como representado na Figura. 04. Tem-se que, quanto maior for o número de satélites sendo rastreados, menores seriam os DOP's.

Figura 04: Demonstração da melhor constelação de PDOP.



Fonte: www.digiterra.hu, 2013

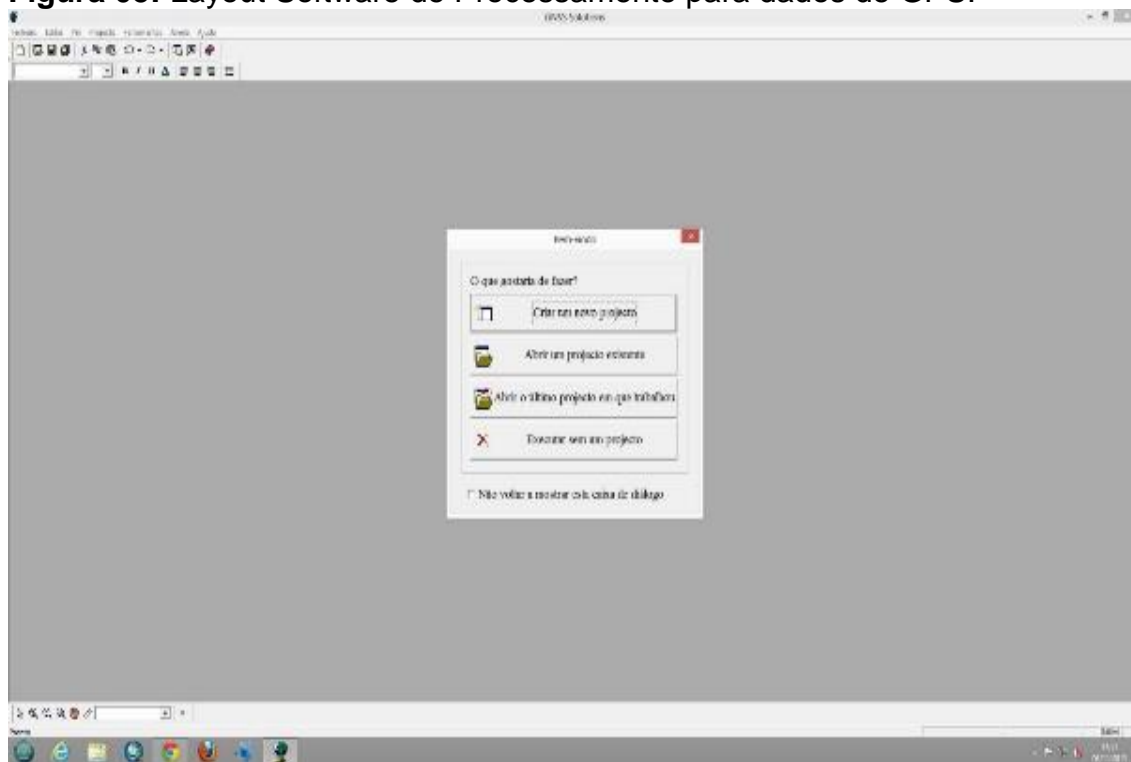
1.3 Processamento de dados com Software

Para o processamento dos dados obtidos anteriormente, foi utilizado como suporte ao *software GNSS Solutions*®, aproveitado para realizar o download dos dados obtidos em campo e pela base.

O programa representa os pontos coletados, fazendo a validação dos locais coletados e a verificação dos pontos, apresentando os erros que possam ter ocorrido no momento da fixação dos pontos.

No *layout* existem os modos tanto para a criação de um novo projeto, como para abrir um projeto já existente. A criação de uma nova repartição é atribuída à entrada de dados da base e do *rover*, com os dados cotados sendo apresentados na Figura. 05.

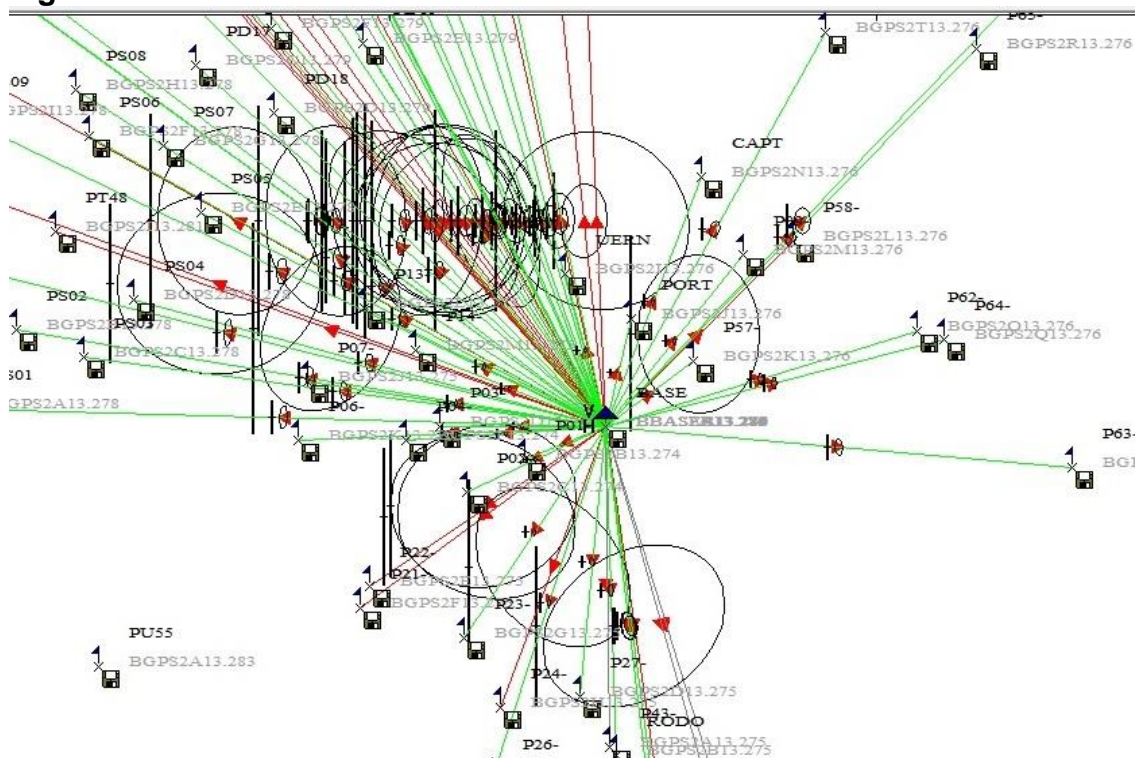
Figura 05: Layout Software de Processamento para dados de GPS.



Fonte: *GNSS Solution*

Na representação, o programa mostra, em verde, os locais que tiveram uma fixação confiável. Demonstra também o erro planimétrico, sendo processado de forma independente em cada local de coleta, tendo sempre como base um marco já conhecido. Ademais, o programa revela os locais que não tiveram uma fixação esperada, indicados por um feixe na cor vermelha, Figura. 06.

Figura 06: Processamento de Dados Brutos.



Fonte: NESAT, 2014

O programa também produziu o suporte para termos os dados oriundos do *GNSS Solutions* na tabela, base para a construção de mapa de altimetria do município.

Com a obtenção de dados, a partir dos quais foram geradas as altitudes Ortométricas, utilizamos o MapGeo 2010, Figura 07 para a conversão de dados do *GNSS Solutions*. Tal informação vem em uma órbita elipsoidal¹ e, segundo o IBGE (2013), o MAPGEO2010 é um programa com modelo de 5' de arco, através do qual os usuários podem obter a ondulação geoidal² em um ponto ou conjunto de pontos, com coordenadas tanto em Sirgas2000 como em SAD69.

¹ Matemática Superfície convexa de segundo grau que admite três planos de simetria ortogonais, dois a dois, e três eixos de simetria também ortogonais, dois a dois, planos e eixos esses que se cortam em um mesmo ponto, que é o centro do elipsóide. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/conceitos.html>>. Acesso em: 30/10/2013.

² Superfície média do nível dos mares (feita a abstração das marés), idealmente prolongada através dos continentes e perpendicular, em qualquer ponto, à direção da gravidade, apontada pelo fio de prumo. Termo universalmente adotado para designar a forma matemática da Terra. <<http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/conceitos.html>>. Acesso em: 30/10/2013.

Figura 07: Software MapGeo-Versão1.0 IBGE.



Fonte: IBGE

O software MAPGEO, versão 1.0, traz o resultado para a medição de alturas ortométricas, a base para a construção do Modelo Digital de Elevação da zona urbana de Mossoró.

Para geração e construção da interpolação dos dados de GPS foram empregadas técnicas com o *Arcgis 10.1*®, disponibilizado pelo Núcleo de Estudos Socioambientais – NESAT.

1.4 Simulação de Inundação

O Global Mapper permite: a reprojeção e a exportação em batch, o cálculo de distâncias e áreas, na combinação raster, nos recobrimentos, nas análises espectrais e ajustes de contraste, os cálculos de volume; bem como a capacidade avançada para correção de imagens e geração de curvas de nível.

Para a realizar a simulação de inundação no município de Mossoró-RN, usamos o programa Global Mapper 11, onde podem ser inseridos dados como MDE,

permitindo a visualização de imagens em 3D, nas quais pode vir registradas as características de elevação do município.

Para a simulação de inundação se realizou o procedimento no software global Mapper, onde as cotas foram confeccionadas através do *Change Display Properties*, nesse local pode ser incrementado dados sobre inundação na propriedade *increase water level* onde pode-se aumentar o nível da mancha de água do local estudado.

A partir da inserção dos dados, foi possível realizarmos a simulação de inundação, com valores variantes entre oito a quatorze metros, tirando como base a maior distância de inundação do rio Apodi-Mossoró.

1.5 Modelo Digital de Elevação – MDE

Para a representação topográfica de uma determinada região é confeccionado o Modelo Digital de Elevação, onde se dá a definição numérica do terreno e é construída sua geração, a partir da interpolação de pontos topográficos.

Santos (2010) versa sobre a situação em que se pode utilizar o MDE, afirmando que deve-se:

[...]calcular volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e exposição, gerar fatiamentos em intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (SANTOS, 2010, pág. 38).

Assim posto, neste estudo, para a representação topográfica foram utilizados algoritmos que fazem uso da técnica de triangulação. A técnica, geralmente, usada é a TIN (*Triangulated Irregular Network*), a qual consiste numa estrutura em que pontos cotados com distribuição irregular são conectados por uma rede de arestas que formam triângulos não sobrepostos.

Para a confecção da elevação do terreno da zona urbana de Mossoró foi utilizado o ArcGIS *Geostatistical Analyst*, nesta ferramenta pode se modelar espacialmente regiões de risco, fenômenos espaciais como também realizar interpolações de dados geoestatísticos de uma determinada área.

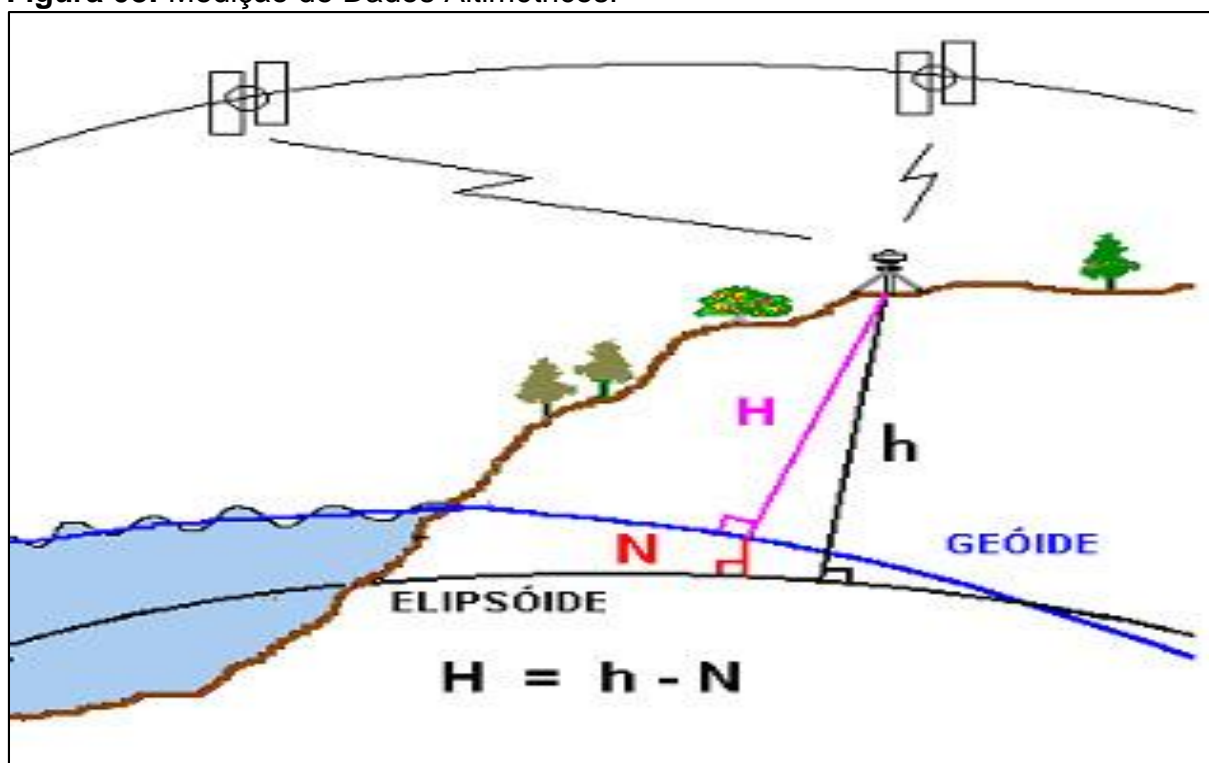
O passo seguinte é a utilização da *Spatial Analyst Tools*, onde são inseridos os dados coletados em campo, com o procedimento de coleta dos dados do GPS geodésico, posterior a inserção dos dados é realizada o procedimento de Krigagem,

onde é realizado na ferramenta de *Interpolation*, nesse local são observadas diferentes formas de interpolação dos dados, dentre elas o *Kriging*, logo após selecionar a ferramenta aparecerá a caixa de diálogo onde serão inseridos os dados (pontos, altura). Nesse local também pode ser definida o modelo de semi-variograma, que são apresentados cinco formas de Krigagem (*Spherical, Circular, Exponential, Gaussian e Linear*), diante dessas formas será observado o melhor modelo ao qual seja representado do terreno estudado.

A técnica de modelagem utilizada foi o de *Kriging* (Krigagem). Conforme Santos (2010), o método parte do princípio de que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados.

Para o cálculo da elevação da elipsóide, Eckhard (2008) descreve que o GPS obtém, além das coordenadas X e Y, a elevação do terreno com base no elipsóide. A fim de que as altitudes elipsoidais ou geométricas (h) (referentes ao elipsóide oriundas de levantamentos com DGPS) possam ser utilizadas, é necessário que sejam convertidas em altitudes "ortométricas" (H), aludidas ao geóide e que apresentam significado físico conforme a figura 08.

Figura 08: Medição de Dados Altimétricos.



Fonte: IBGE 2013

Segundo Carvalho e Leite (2009) *apud* Moura (2003), os usos mais específicos

dos MDE's para a gestão urbana referem-se à noção da morfologia da cidade, incluindo: insolação (estudo da incidência solar); aspecto (estudo dos efeitos do sombreamento no terreno); hipsometria (estudo das faixas altimétricas); e declividades (estudo de faixa de declividade no terreno, importante na decisão de áreas propícias à ocupação urbana e áreas não edificante). Todas essas informações têm sua devida relevância para o município.



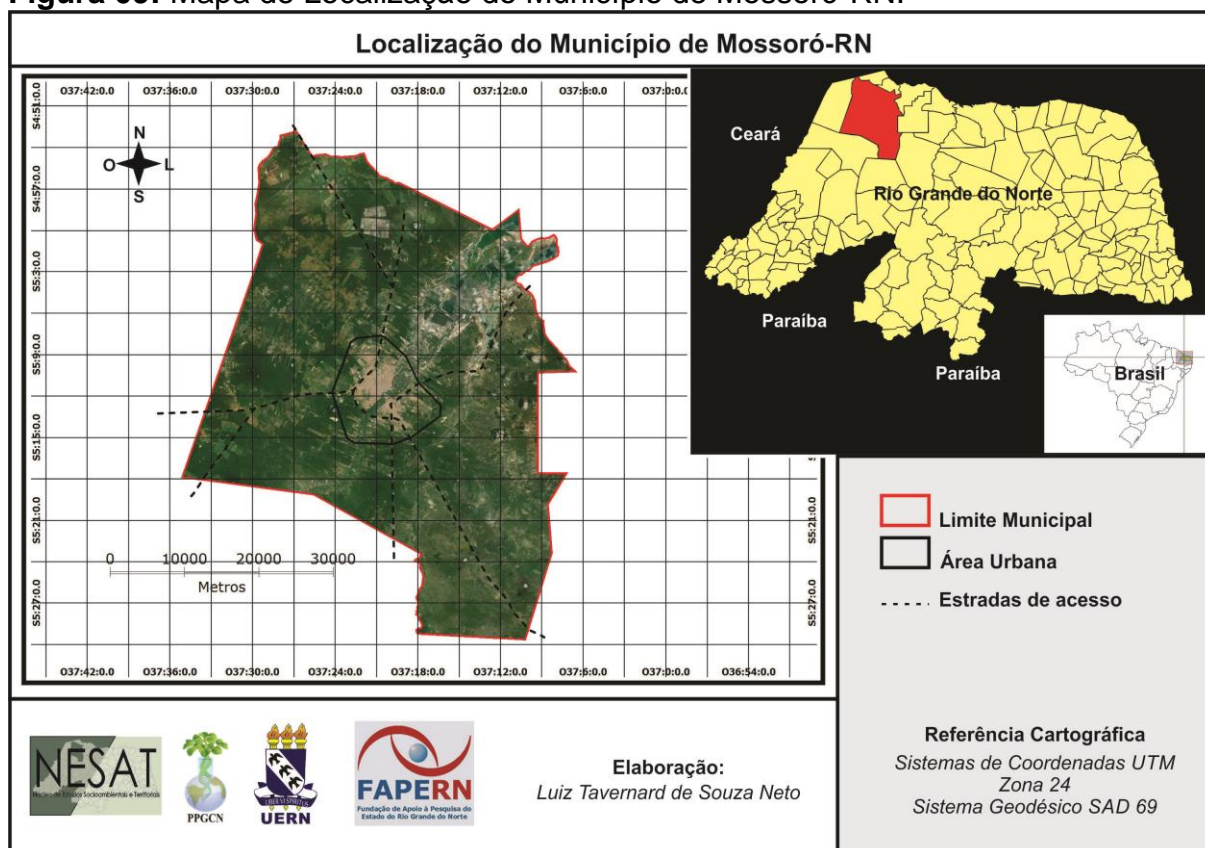
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



CAPÍTULO 2

O município de Mossoró se encontra na mesorregião oeste potiguar, onde se limita com os municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca, Serra do Mel, Açú, Upanema, Governador Dix-sept Rosado, Baraúna e o estado do Ceará. Possui uma abrangência de 2.100 Km², distante de Natal por, aproximadamente, 290 km, Figura 9.

Figura 09: Mapa de Localização do Município de Mossoró-RN.



Fonte: Souza Neto, 2013.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com a realização do censo no ano de 2010, a população de Mossoró é estimada em 259.815 habitantes, tendo sua área um total de 2.110,21 km², equivalente a 4,00% da superfície estadual.

Segundo o IDEMA (2005), o clima encontrado em Mossoró é do tipo muito quente e semiárido, com média anual de 27,4°C e tempo de insolação que chega a 2.700h. Com sazonalidade bem marcada, Mossoró encontra-se sob a influência do clima tropical semiárido, apresentando uma precipitação média anual variando em 696 mm. Apresenta seu período chuvoso entre os meses de fevereiro a abril.

Os estudos geomorfológicos realizados pelo projeto RADAMBRASIL (1981) e Plano Diretor de Mossoró (2006) demonstram que no município de Mossoró prevalecem três tipos de unidades geomorfológicas, destacando-se às seguintes unidades: Superfícies Pediplanadas, Planície Fluvial e Formas tabulares.

A descrição dos tipos de solo do município baseou-se em parâmetros do Sistema brasileiro de classificação de solos, registrados nos estudos realizados pela Embrapa (2008), Ministério das Minas e Energia (2006) e Mossoró (2006).

Ao pormenorizar a cidade de Mossoró em sua pedologia, esta pode ser restrita com nove tipologias de solos, havendo associações entre eles. A exemplo, citamos: Argissolos Vermelho-Amarelo; Cambissolos; Latossolos Vermelho-Amarelo; Neossolos Litólicos; Neossolos Quartzarênicos; Neossolos Flúvicos; Vertissolos; Gleissolos e Chernossolos

Moura (2011), com base na realização do levantamento dos remanescentes florestais do município de Mossoró, fez a observação de cinco classes de ocorrência no município, quais sejam: muito rala, rala, aberta, densa e muito densa. Essa classificação pode ser visualizada na Tabela 01, que determina o tipo de vegetação, sua área e o seu percentual.

Tabela 01 - Remanescentes vegetais, em km² e %, no município de Mossoró, 2009.

Tipo de vegetação	Superfície (em km²)	% da vegetação	Superfície do município (em km²)	% do município
Muito rala	59,3	14,5	2.099,3	2,8
Rala	86,4	21,1		4,1
Aberta	122,0	29,7		5,8
Densa	84,7	20,6		4,0
Muito densa	57,9	14,1		2,8
TOTAL	410,2	100,0		19,5

Fonte: Moura S.R.F (2011)

2.1 Mossoró: Histórico da cidade com seu rio e suas inundações

A utilização navegável do rio Apodi-Mossoró vem datada de três séculos, para a realização de comércio (charqueado da cidade), transporte populacional e pesca. Segundo Souza (1995), os primeiros relatos de sua navegação comercial vêm desde o início do século XVIII, com a fundação da ribeira do, então, povoado de Mossoró, sendo a navegação feita para transportes de mantimentos.

Como a população mossoroense fazia uso das margens do rio Apodi-Mossoró, existem relatos de obras estruturantes para a distribuição comercial que entrava e saía do município. Souza (1995) relata que, em dados históricos, as primeiras obras realizadas no corpo hídrico ocorreram entre os anos de 1877 – 1879, com a abertura de novo traçado para o rio, objetivando encurtar a distância entre as cidades de Mossoró e Areia Branca, pois, na época, existia uma grande movimentação náutica no rio, entre os portos da ilha e o de Areia Branca.

Ao fazer uso do rio Apodi-Mossoró para deslocamento flúvio-marinho, em diversas modalidades de transporte, como também (comercial, industrial, populacional, entre outros), a industrialização, de acordo com Amaral (2009), parte da década de setenta, no referido município. Esta causou grandes impactos sobre o processo de urbanização e sobre a estrutura ocupacional da cidade, como também na convivência com o rio Apodi-Mossoró e suas enchentes. Por outro lado, Costa (2008) diz que as grandes enchentes se tornaram de difícil convivência, visto que os prejuízos eram incalculáveis naquela época.

Essas inundações eram frequentes naqueles anos. Sobre isso, Costa (2008, p. 246) relata que:

Depois de tantas inundações, em 1976, o inolvidável Jerônimo Dix-Huit Rosado Maia, prefeito então, resolveu dividir o rio em três segmentos para conter a fúria das enxurradas que vinham atormentando boa parte da população mossoroense.

Lima Neto (2009) descreve tal ação ocorrida em 1976, quando foi realizada a obra de abertura de um canal dicotomizador, a fim de desviar as águas do rio na tentativa de acabar com os problemas das cheias. Na figura 10 pode-se visualizar o fenômeno das inundações, na cidade de Mossoró, no ano de 1974

Figura 10: Inundação em Mossoró no ano de 1974.



Fonte: http://telescope.blog.uol.com.br/arch2010-05-01_2010-05-31.html

Os trabalhos estruturantes, realizados no corpo do rio Apodi-Mossoró, foram ações com a tentativa de diminuição das inundações e enchentes ocorridas no município, em especial na zona urbana da mesma. Relatos históricos versam que a população estava inserida em regiões de risco, onde situações se tornaram mais graves a partir da década de setenta, quando foram realizadas modificações na calha do rio Apodi-Mossoró.

Lima Neto (2009) discute que, devido aos danos ambientais e econômicos em consequência das cheias do rio Apodi-Mossoró, tornou-se necessário a intervenção no corpo hídrico, a tricomotização, pois já existia uma intervenção anterior, a dicomotização. A segunda operação buscou sanar o erro acometido, visto que já estava comprovado que o primeiro canal não era suficiente para resolver o problema das inundações, principalmente no centro da cidade e nos bairros ribeirinhos.

Dados históricos retirados de um jornal local trazem a reportagem que demonstra qual foi a importância das obras feitas no rio Apodi-Mossoró. Por meio da matéria é possível entender a real intenção da dicotomização e da tricotomização.

A dicotomização e a tricotomização do rio Mossoró merecem um destaque especial. Ao construir os “braços” do rio, na década de 1980, o prefeito solucionou em definitivo o problema das enchentes que tomavam o centro comercial da cidade, arrastando a nossa economia a cada período de chuvas intensas, provocando prejuízos irrecuperáveis. Saúde, educação, cultura e o desenvolvimento social tiveram, pelas mãos de Dix-huit, o zelo que precisavam. (JORNAL DE FATO, 2012)

Os problemas encontrados no município de Mossoró são ilustrados em reportagens que foram produzidas na época, verificando que os bairros atingidos são os que têm uma maior proximidade com o corpo hídrico. Na Figura 11 é apresentada uma das reportagens de 1984, que relata uma das maiores inundações ocorridas, incluindo histórico dos agravos sofridos pela população mossoroense.

Figura 11: Problemas ocorridos com inundações de 1984.



Fonte: Jornal Gazeta do Oeste, 1984.

Outro período de grande inundação é datado no ano de 2008. Na época, se registrou um elevado número de desabrigados na cidade, em virtude das inundações, girando em torno de quatrocentas famílias e dois mil desabrigados. A Figura 12 apresenta os problemas ocorridos no ano, deflagrando estado de emergência.

Figura 12: Estado de calamidade pública em Mossoró.



Fonte: Jornal Gazeta do Oeste, 2008.

A representação histórica aqui apresentada demonstrou que os trabalhos foram dirigidos exclusivamente no corpo hídrico, sem buscar dissoluções ao seu entorno, como trabalho de medidas não estruturantes.

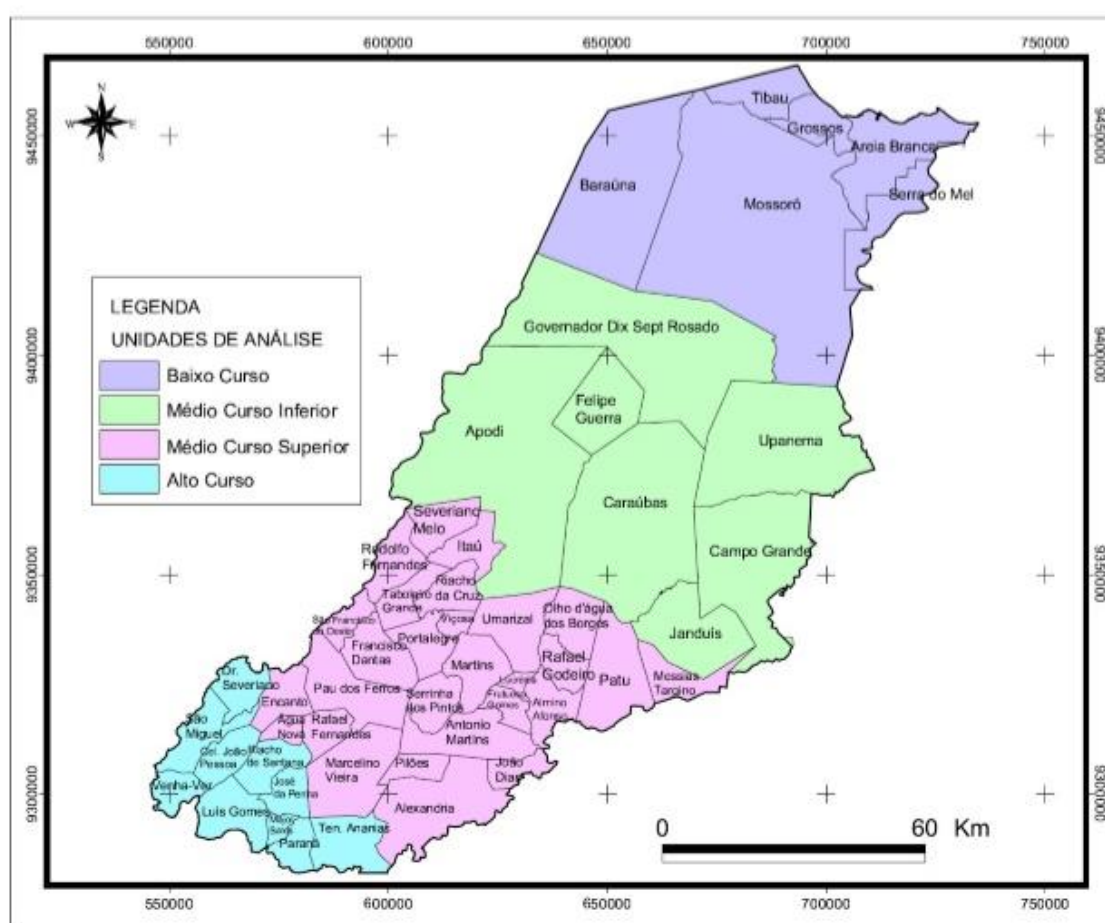
Ao fim, é importante ressaltar que a conscientização da população, o monitoramento e os sistemas de alertas, também são aplicáveis na questão de um rio urbano como o Apodi-Mossoró. Nesse sentido, a agregação dos dois trabalhos, estruturantes e não estruturantes, visa uma melhor convivência entre a população local e o rio existente na cidade.

2.2 Característica da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN

A bacia hidrográfica do Apodi/Mossoró é considerada a segunda maior do Estado do Rio Grande do Norte. Tem seu manancial de nascentes na cidade de Luiz Gomes, mas o rio percorre uma faixa de 210Km de extensão por cinquenta e um município, existindo influências de outros corpos hídricos do estado Figura. 13, dentre eles Apodi, Pau dos Ferros, Mossoró. Seu desague se dá entre as cidades de Grossos e Areia Branca.

Dito isso, Nunes (2006), corroborado por Maia e Bezerra (2012), descreve que a bacia tem extensão territorial em torno de 14.271 km², que vêm a corresponder 27% de área no estado, Figura 13. Nela são encontradas várias indústrias com um amplo ramo comercial. Carvalho (2011) fala dessa variação existente no decorrer da bacia, a qual transcorre da extração de petróleo, produção de sal marinho, agricultura e fruticultura irrigada, pecuária extensiva, mineração de calcário, entre outras atividades socioeconômicas.

Figura 13: Municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi – Mossoró-RN.



Fonte: Carvalho R.G, 2011

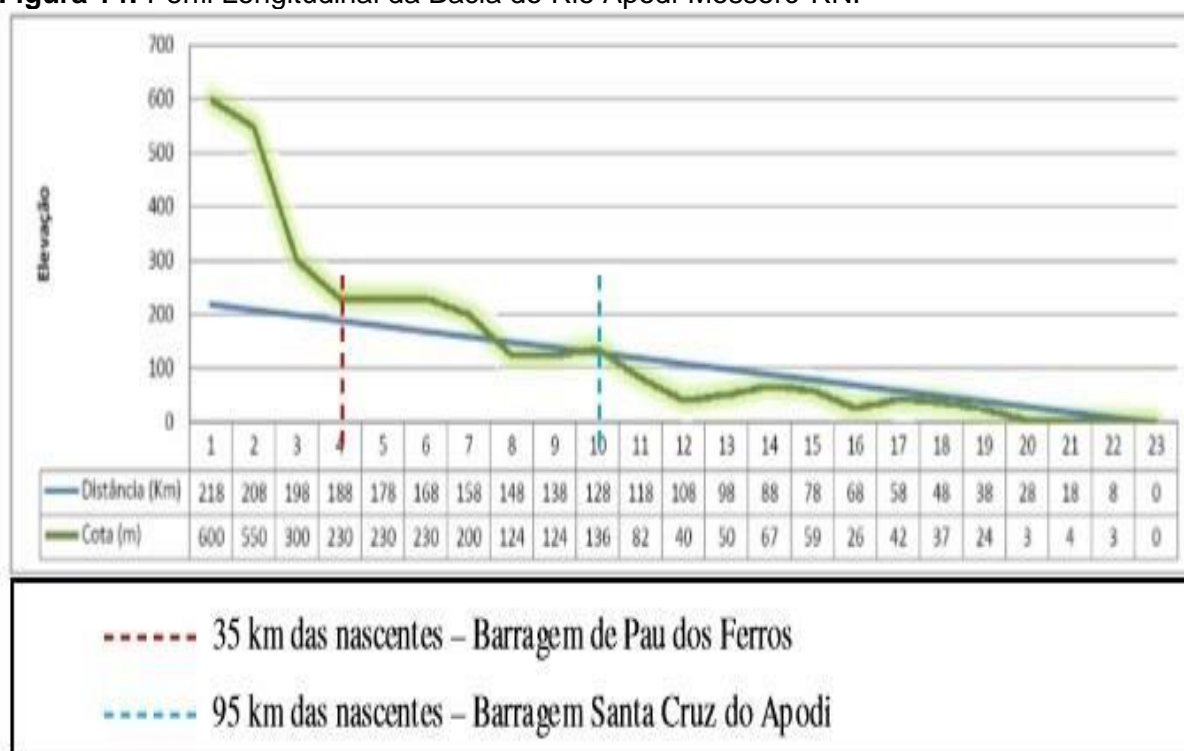
Segundo Rocha (2011), a região encontra-se inserida entre duas formações geomorfológicas da bacia, a chapada do Araripe (800 a 1100m) e o planalto da Borborema (670 a 1100 m).

Ainda, de acordo com Rocha (2011), a geologia da região pertence, em parte, ao escudo cristalino brasileiro, representado por rochas do Pré-cambriano; ao Complexo Presidente Juscelino; e ao Complexo Caicó, Jucurutu e Ceará.

Segundo Ab'saber (2003), a origem do sertão semiárido reside num complexo feixe de atributos climáticos, hidrológicos, e ecológicos.

Na questão de altimetria, Maia e Bezerra (2012) versam que a da bacia do Apodi/Mossoró tem uma variação entre 350 e 500 m. Entretanto, no baixo e médio curso, desenvolve características de um rio de planície, demonstrado por Carvalho (2011) a partir do desenho do perfil da bacia Figura. 14. Nele pode-se observar que o decaimento do perfil na conta de 40. É comum a deposição de sedimentos e a dilatação dos leitos dos rios nos períodos de maior pluviometria, ocasionando a inundação periódica, caracterizando-se com o um rio de planície.

Figura 14: Perfil Longitudinal da Bacia do Rio Apodi-Mossoró-RN.



Fonte: Carvalho, R.G, 2011

Segundo a EMPARN (2013), na maior parte da bacia, as chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 700 mm, havendo pequena área, nas proximidades da foz e na região a leste do trecho médio do rio do Carmo, onde diminuem a 600 mm

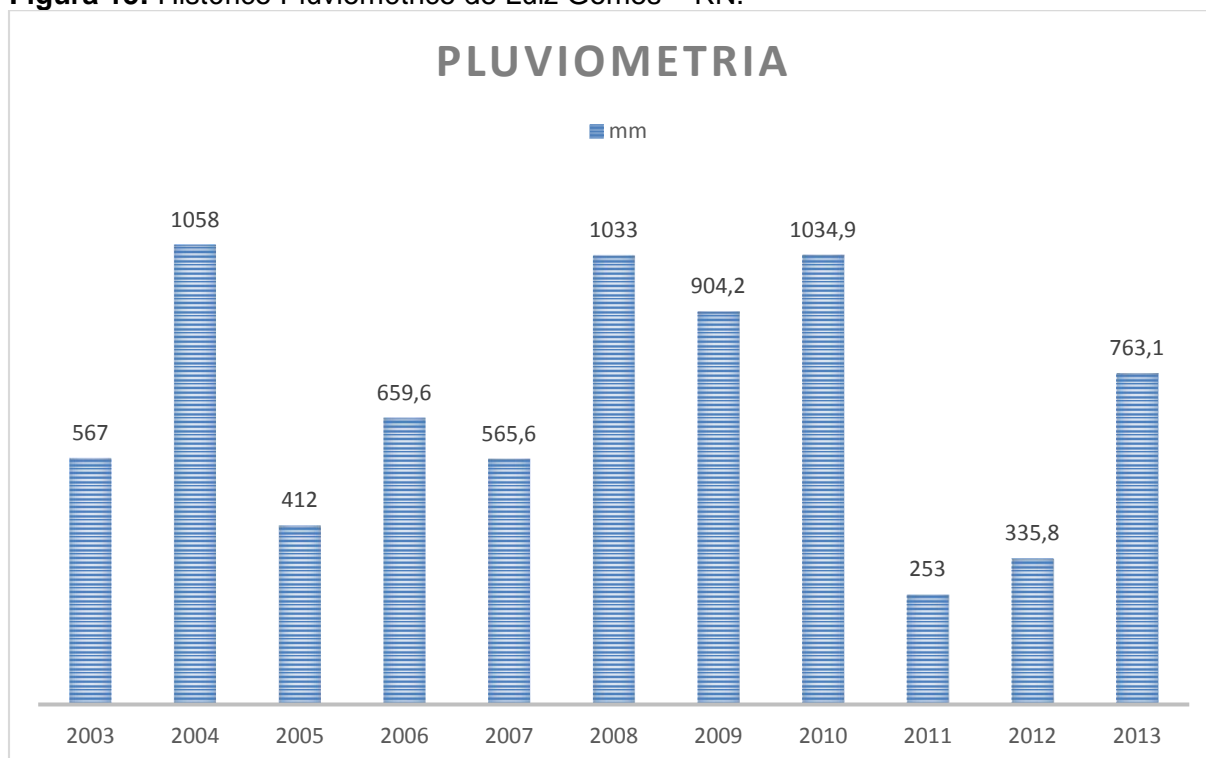
O ciclo de chuvas sazonais é, pois, um importante fator para o estudo de possíveis riscos de inundações e enchentes, sendo de suma importância analisar os dados das regiões da bacia hidrográfica.

Conseqüentemente, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN disponibiliza os índices pluviométricos do Estado, podendo ser agrupados por municípios. Foram verificadas, portanto, quatro cidades: Luiz Gomes, por ser a nascente do rio; Pau dos Ferros, por estar inserida no médio curso superior; Apodi, que se localiza no médio curso inferior; e o município de Mossoró, que se apresenta no baixo curso. Os dados são referentes aos últimos dez anos.

A pluviometria da bacia do Rio Apodi-Mossoró-RN pode ser demonstrada por algumas cidades no decorrer do rio. No alto curso da bacia está a cidade de Luiz Gomes, onde houve uma média pluviométrica, na década de 2003 a 2013, de 758,62 mm, sendo menos chuvoso o ano de 2011, com 253mm, e seu maior período chuvoso o ano de 2010, quando registrou-se 1034,9mm, como está apresentado na Figura 15.

Os dados pluviométricos são referentes à nascente do Rio Apodi-Mossoró, no município de Luiz Gomes, onde se destacam quatro anos com um período de fortes chuvas, 2004, 2008, 2009 e 2010. Pode-se verificar, também, quatro anos com períodos de chuvas abaixo da média, 2003, 2005, 2011 e 2012.

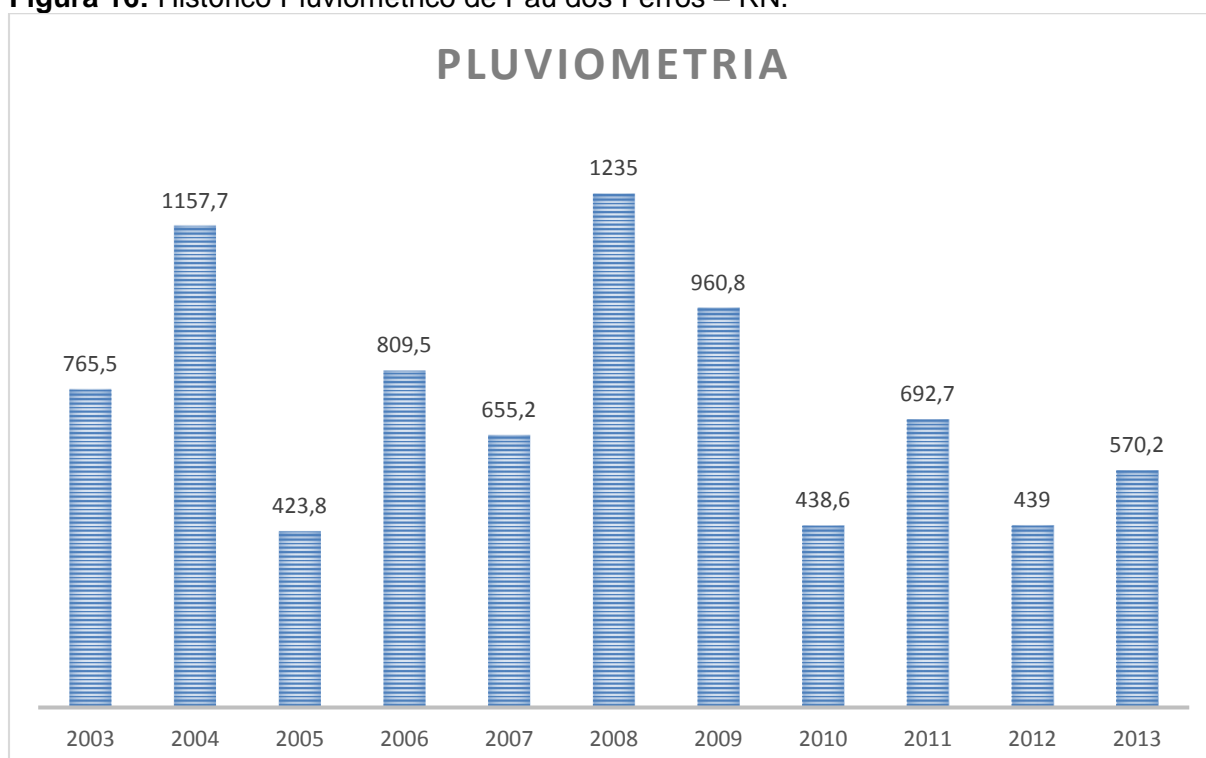
Figura 15: Histórico Pluviométrico de Luiz Gomes – RN.



Fonte: Emparn, 2013

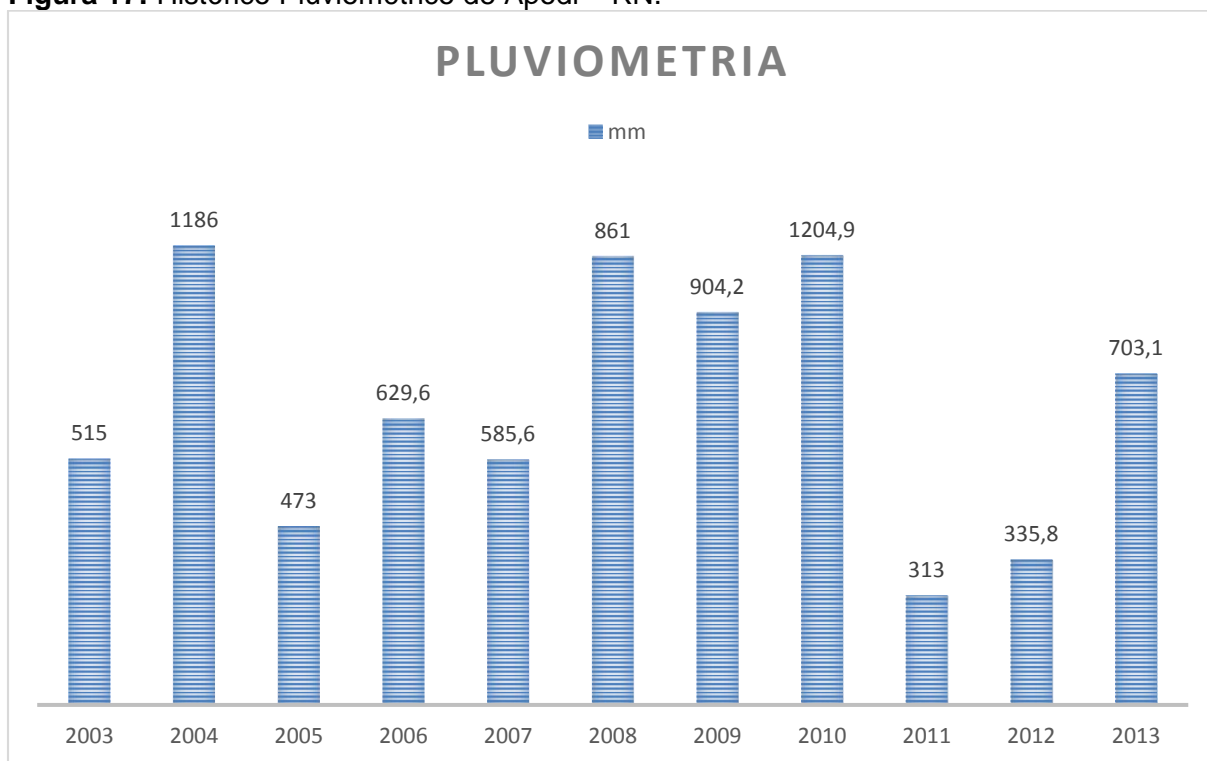
No médio curso superior, se destaca o município de Pau dos Ferros, Figura 16. Lá a média pluviométrica da década referida é de 815,85mm. Nesse recorte temporal é possível constatar que os anos de maiores precipitações foram 2004, 2006, 2008 e 2009, com chuvas que ultrapassaram os 750mm, figura 16. Já, os anos com baixos índices pluviométricos foram 2005, 2010 e 2012, nos quais a captação de dados não excederam a 500mm.

Figura 16: Histórico Pluviométrico de Pau dos Ferros – RN.



Fonte: Emparn, 2013

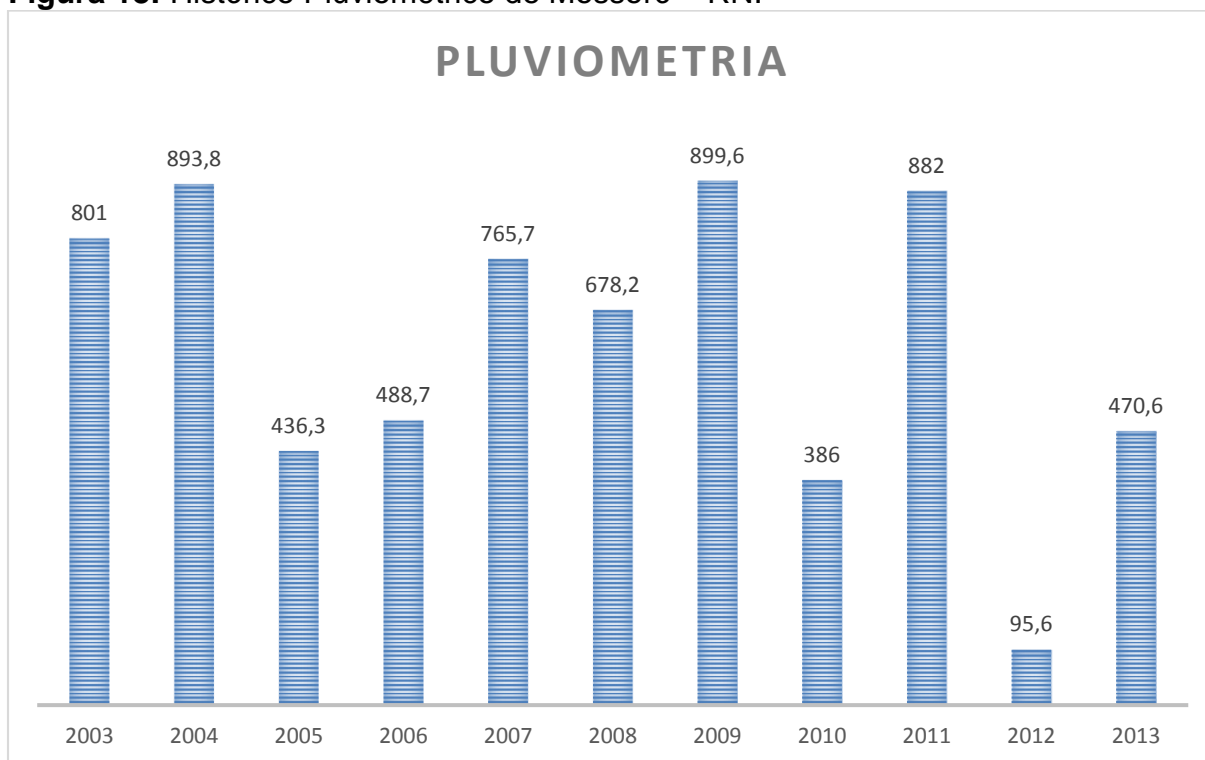
Por sua vez, no médio curso inferior, os dados pluviométricos do município de Apodi, Figura 17, foram analisados pela representatividade do município nessa região. Na década, obteve um média de 702,06mm, destacando-se os anos de 2004, 2008, 2009, 2010 e 2013 como os mais chuvosos. Outro destaque são os anos com menor índice pluviométrico, 2005, 2011 e 2012, cujo índice foi abaixo de 500mm.

Figura 17: Histórico Pluviométrico de Apodi – RN.

Fonte: Emparn, 2013

Observando-se o município de Mossoró no período de dez anos, apresentado no gráfico da Figura 18, verifica-se que os períodos mais chuvosos foram 2003, 2004, 2007, 2009 e 2011. Nesses anos, os dados pluviométricos ultrapassaram a faixa dos 700 mm anuais, porém, em momentos concentrados, já que, para a região, a estação chuvosa vai de fevereiro a abril, segundo IDEMA (anos referidos).

Já o período com menor identificação de chuvas foram os anos de 2005, 2006, 2012 e 2013, nos quais não ficaram acima de 500mm, destacando o ano de 2012, quando obteve-se o menor índice, com apenas 95,6 mm.

Figura 18: Histórico Pluviométrico de Mossoró – RN.

Fonte: Emparn, 2013

Nesses quatro municípios podemos ver que os anos mais chuvosos foram 2004, 2008, 2009. Tais dados nos levam a inferir o possível risco de um acúmulo e aumento do nível do rio, podendo vir a ocasionar inundações em algumas cidades.

Autores, como Christofolletti (1980), vêm fazendo análise da dinâmica de bacia hidrográfica, através da associação da forma da bacia com sua área, englobando índices, como o de circularidade. O índice de circularidade proposto por Miller (1953) *apud* Christofolletti (1980) é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro, representado pela fórmula:

ÁREA DO PERÍMETRO

$$660 = 2\pi \cdot r$$

$$r = 660/6,28 = 105$$

ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

$$I_c = \frac{A}{A_c}$$

I_c = índice de circularidade

A = área da bacia

A_c = área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada

$$A_c = \pi \cdot r^2$$

$$A_c = 3,14 \cdot 105^2$$

$$A_c = 3,14 \cdot 11.025$$

$$A_c = 34.618 \text{ Km}^2$$

$$I_c = 14.650/34.618 = 0,41$$

Segundo o autor, quando os valores obtidos forem próximos de 1,0, mais a bacia de drenagem terá uma forma circular. Assim, quanto maior for o valor do índice de circularidade, maior o perigo de enchentes, como acentua Vieira e Furtado (2004), pois haverá uma maior concentração de água no tributário principal quando se tem chuva intensa, citando o exemplo da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, no Rio Grande do Norte, a qual possui um valor de 0,41.

Com os resultados obtidos, verificamos que a bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró se encontra com um índice de circularidade mediano, onde se evidenciam áreas inundáveis em suas cotas mais baixas, que ocorrem devido ao transbordamento do Rio Apodi-Mossoró.



REVISÃO DE LITERATURA



CAPÍTULO 3

3.1 Modelos digitais de elevação e levantamento de dados a partir de dados de GPS

Ao tentar representar a superfície real em um ambiente computacional é indispensável a concepção de um Modelo Digital de Terreno, o qual inclui dados analíticos ou por uma rede de pontos adquiridos na região. Assim, Silva (2007) versa que o processo de modelagem numérica de terreno pode ser desconexo em três etapas distintas: aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas.

Nesse sentido, podem ser dadas características diferenciadas aos estudos relacionados ao terreno, buscando-se uma melhor adequação ao estudo a ser realizado. Logo, Silva (2010) observa que:

A característica do terreno, geralmente referenciada, é o relevo estimado pela sua cota ou altitude. Além da elevação, podem ser incluídas, nos modelos, muitas outras feições do terreno. Essas referem-se a tipo de solo, posse, valor da propriedade, profundidade do leito da rocha matriz, uso da terra e outros. Daí, surgiu a expressão Modelo Digital de Elevação ("Digital Elevation Model", DEM), para se referir aos modelos que consideram, como característica do terreno, somente a elevação (SILVA, 2010, p. 38).

Em pesquisa elaborada pela Agência Nacional de Águas – ANA (2004), o mapeamento das planícies de inundação através de um SIG consiste, basicamente, no relacionamento entre o Modelo Digital de Terreno (MDT) da área em estudo, também chamado de Modelo Numérico de Terreno (MNT), e os perfis da linha d'água dos eventos de cheia, com diferentes probabilidades de extrapolar sua margem maior.

Com a modelagem dessas áreas, pode-se calcular dados como volume, áreas a confecções de perfis, mapas de declividade, curvas de níveis e cotas de inundações em formato tridimensional.

Eckhardt (2008) descreve que o uso do GPS em modo diferencial (Differential Global Positioning System - DGPS) tem sido a base para a coleta de coordenadas em estudos que demandam alta precisão de resultados.

Silva (2013), por seu turno, ratificam que os erros nos modelos digitais de elevação são, em geral, função do método de obtenção dos dados utilizados e do tipo de modelagem empregada em sua confecção.

A interferência, possível de ser causada por fatores físicos, tem uma grande relevância na obtenção dos dados de GPS, afetando ou não em sua coleta. Ainda de acordo com Barros et al. (2005), a correção desses modelos pode ser efetuada por meio de pontos de controle, obtidos com técnicas de maior precisão, sendo o uso do DGPS (GPS Diferencial) indicado para esse levantamento.

3.2 Desastres naturais: Inundação e Enchentes Urbanas

Todo o processo que envolve modificação de um meio ambiente equilibrado, com ações de desmatamento, alterações de um terreno, canalização de um rio, pode causar algumas consequências danosas, sejam elas em uma escala temporal de curto, médio ou longo prazo. O assoreamento de rios, impermeabilização do solo urbano, retirada de vegetação marginal dos rios e a ocupação de locais de risco, como planície de inundação, apresenta características que possam vir a aumentar a velocidade a desastres, dentre os quais citamos as inundações e enchentes.

Tais ações podem transformar os panoramas naturais das paisagens, ocasionando prejuízos tanto na esfera ambiental quanto na social. Reis; Santos e Lopes (2012) afirmam que o risco de desastre natural é formado, basicamente, pela conjunção de dois fatores independentes, existindo entre eles a “probabilidade de ocorrência de fenômenos meteorológico-climatológicos de forma extrema e de fatores de vulnerabilidade física, social, econômica ou ambiental do sistema humano”.

Já, Tomynaga (2009, p. 15), demonstra que um evento climatológico pode acontecer naturalmente, sem a influência das sucessivas ações humanas:

Em geral, considera-se como desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. Exemplo: chuvas intensas provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão; etc.

No manual de capacitação da Defesa Civil Nacional (2012, pág. 52), desastre é tratado como sendo resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

Posto isso, os eventos de elevação das águas dos rios são fenômenos naturais, mas modificações oriundas da ação do homem expõem a sociedade do local a possíveis prejuízos que vêm no sentido de perdas e danos.

Os desastres naturais podem ocorrer das mais diferentes maneiras e com intensidades distintas, a depender de muitos aspectos que englobam contextos políticos, econômicos, sociais, culturais e, sobretudo, os naturais. Sob o mesmo ponto de vista, Merengo (2005) ressalta que os desastres podem ocorrer de formas diversas, incluindo enchentes, secas prologadas, ondas de calor, tufões e tornados.

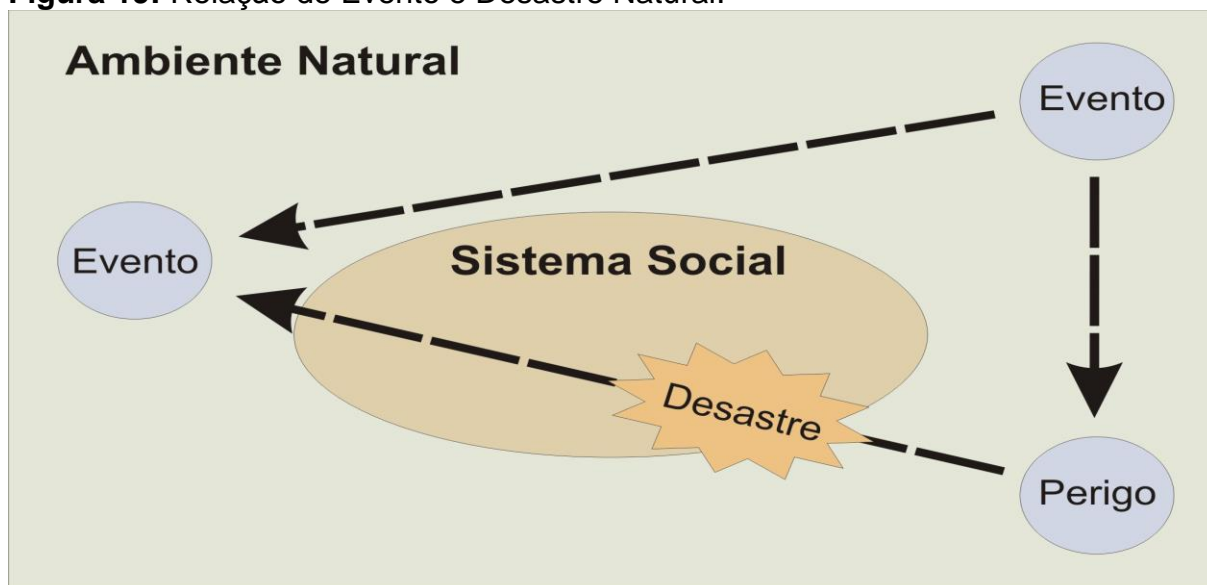
Contudo, sabe-se que o desastre natural é constituído de algumas classes ou itens e, por isso, em busca de compreendermos seu sentido, nos reportamos aos estudos de Burton *et al* (1978) *apud* Kobiyama *et al* (2006), que discute as características de magnitude. Para o autor, o desastre natural tem suas feições definidas em seis aspectos: magnitude (alta – baixa); frequência (frequente – rara); duração (longa – curta); extensão areal (ampla – limitada); velocidade de ataque (rápida – lenta); dispersão espacial (difusa – concentrada); e espaço temporal (regular – irregular).

Partindo dessa premissa, percebemos que são várias as óticas a serem analisadas, objetivando constatar esses aspectos climatológicos que venham gerar o desastre natural.

Ao observamos os desastres naturais que ocorrem com maior frequência em áreas urbanas, como inundações, enchentes e alagamentos, entendemos que esse evento pode ocorrer de duas formas distintas: com uma duração longa e sua velocidade de ataque lenta; ou de curta duração e seu ataque de maneira rápida.

Na alocação de Marcelino (2007, p. 06) podemos observar que a combinação entre eventos de extrema relevância meteorológica e a presença de uma sociedade próxima ao local de possível ameaça, como margens de rio, encostas de morro ou em locais que façam parte da área de influência de corpos hídricos, pode caracterizar um desastre natural, como mostra a figura: 19.

Figura 19: Relação de Evento e Desastre Natural.



Fonte: Marcelino (2007)

Essa conjuntura de fatores se torna característica e de grande evidência para um possível desastre natural, o qual pode trazer prejuízos extremos a uma determinada região, como abalo de construções, desabamentos e perda de vidas.

Conforme Marengo (2005, p. 06), a intervenção do homem no ambiente pode ser um agravante para o desastre natural, posto que:

Um desastre natural pode ser decorrente de atividades humanas, como o desmatamento de encostas próximas a áreas urbanas ou construções em áreas de risco, que pode intensificar as consequências de chuvas fortes. As chuvas dificilmente causam a morte de pessoas por si só, mas os deslizamentos produzidos por elas em áreas próximas a leitos de rios ou abaixo de inclinações desmatadas podem causar danos às populações.

Os desastres naturais são causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área ou região povoada, podendo ou não ser agravado pelas atividades antrópicas, como nos alertam os estudos de Castro (2003).

Desta forma, Zamporini e Nunes (2011) discorrem que os desastres de origem hidro meteorológicas (enchentes e inundações, secas, ciclones tropicais) e suas consequências devastadoras se tornaram fenômenos corriqueiros no mundo. Esse aumento tem duas razões principais: o crescimento populacional e a ocupação de áreas de risco.

Com a caracterização do que seja inundação, se sobressaem dois fatores como os principais problemas que são encontrados nas regiões urbanas quando se designa

desastres naturais: as inundações e as enchentes. Estas são mais recorrentes. Sendo assim, de acordo com Amaral (2011), a ocorrência de enchentes e inundações está, muitas vezes, ligada à impermeabilização do solo, à disposição inadequada de lixo, à ocupação das margens dos cursos d'água e ao desmatamento, por exemplo.

Distinguindo características das formas como esse evento de inundação pode ocorrer, Tucci (2005) expressa que nas inundações as águas dos corpos hídricos ultrapassam seu leito maior, podendo este estar ocupado pelas populações, para moradia, transporte, recreação, comércio e indústrias. Eventualmente, com essa ocupação do leito maior os efeitos das inundações urbanas ganham uma proporção maior.

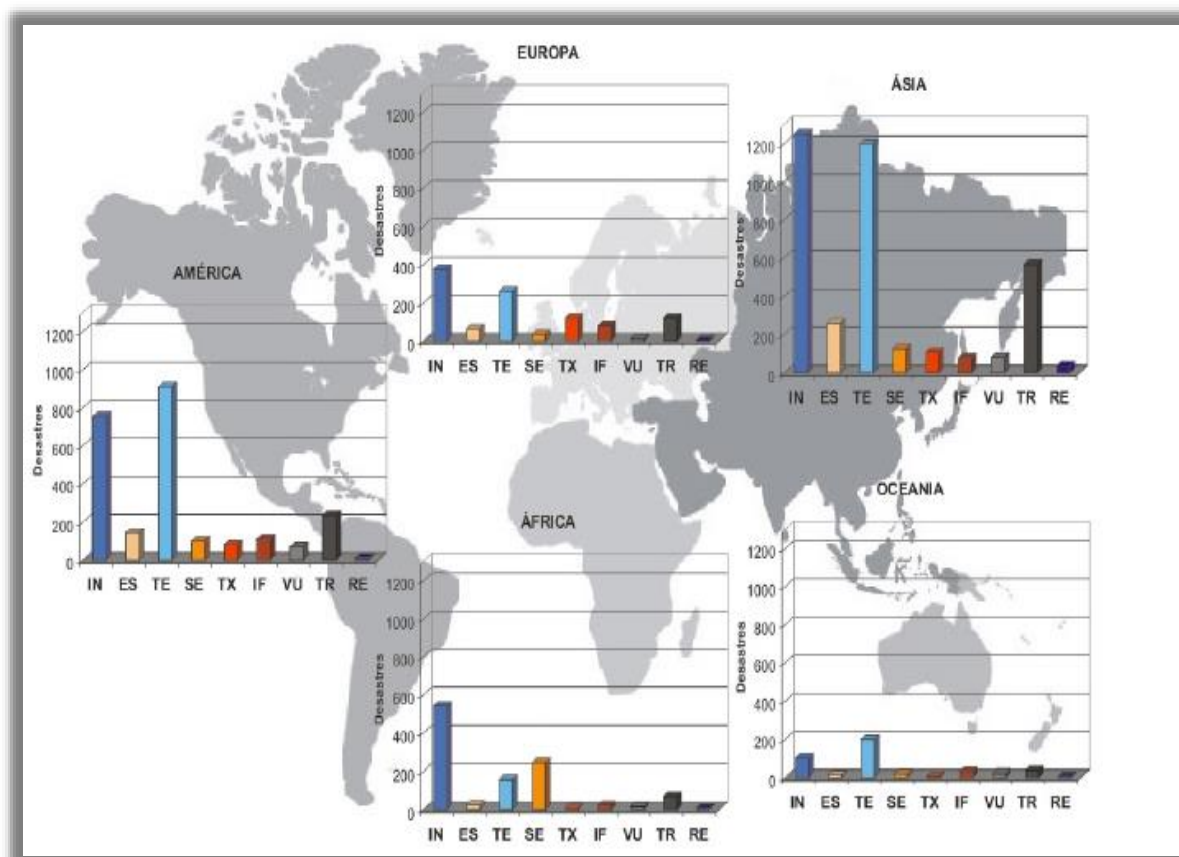
A dificuldade na detecção dos possíveis afetados, da magnitude do evento e da frequência em que pode ocorrer um possível desastre natural, faz com que poderes públicos, como a defesa civil, tenham o retardamento nas ações a serem tomadas a priori.

De acordo com o *International Strategy for Disaster Reduction - ISDR* (2003), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes e causando impactos desastrosos nas áreas afetadas, além de provocar perdas humanas e materiais; fatores majoritariamente irreversíveis.

Já no Brasil, Secretaria Nacional de Defesa Civil e governos estaduais (2012), apresentam dados estimados com relação aos quatro maiores eventos de inundação entre 2008 e 2011: Santa Catarina 2008, Pernambuco e Alagoas 2010 e Rio de Janeiro 2011. Os prejuízos dos desastres alcançaram a cifra de R\$ 15,5 bilhões, o que indica a real necessidade de engajamento entre o governo e sociedade civil com o tema, apontando, também, para um moroso e difícil processo de recuperação econômica e social das áreas atingidas.

Quando observa todos os processos de dados de desastres globais, que incorporam inundações, vendavais, escorregamentos, tempestades, entre outros, Marcelino (2008) apresenta o relatório da *Emergency Events Database (EM-DAT)*, demonstrando que os locais mais afetados por esses efeitos são do continente asiático, seguido pelo continente americano. A figura 20 apresenta dados sobre os mais representativos eventos entre os anos de 1900 e 2006, em toda a Terra.

Figura 20: Espacialização dos Desastres Naturais no Mundo, entre os anos de 1900-2006.



Legenda:

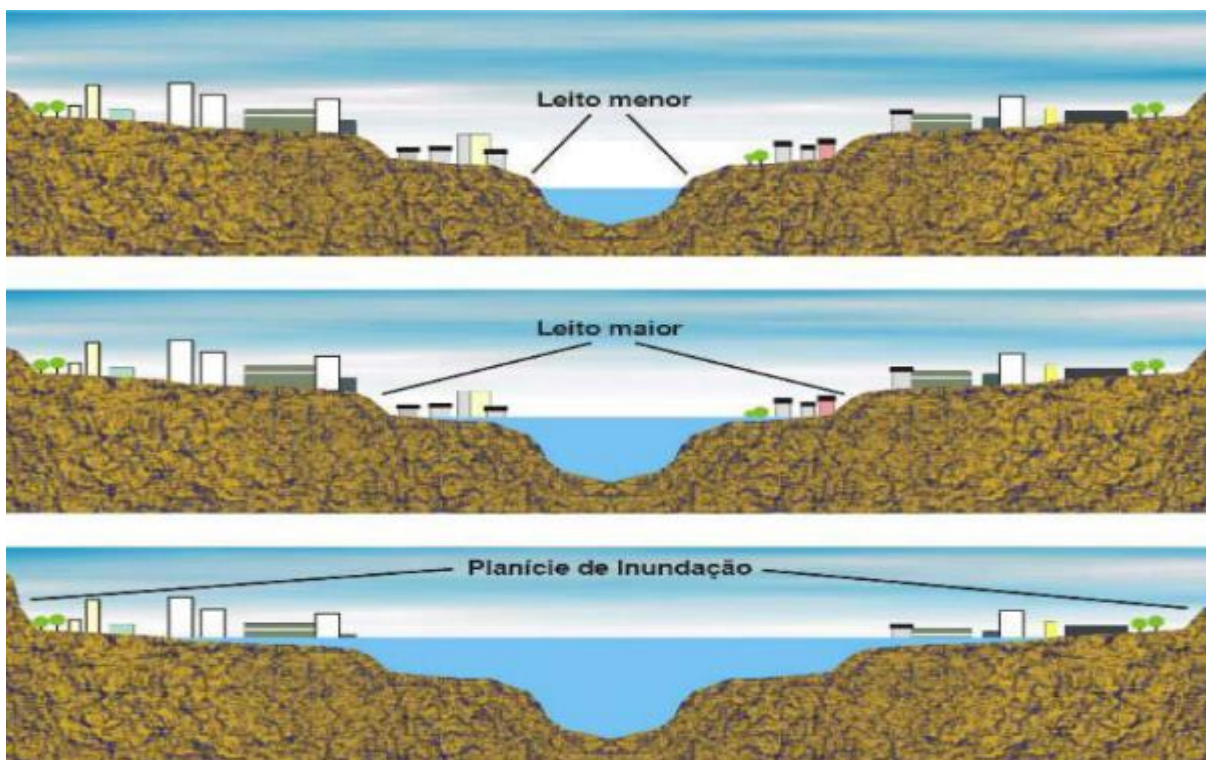
IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestade, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal, VU – Vulcanismo, TR – Terremoto e RE – Ressaca.

Fonte: MARCELINO (2008).

A maior parte das cidades que se encontram próximas aos rios tem a sua expansão a partir do corpo hídrico para dentro do território, sem um planejamento urbano eficiente que seja eficaz para o caso de acontecer um desastre natural em sua porção urbana.

Para Tucci (2005), as áreas ribeirinhas que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de inundação têm sido ocupadas pela população com construções em zonas ribeirinhas modificando assim os locais que serviriam para o escoamento das águas, reduzindo, assim, sua capacidade de escoamento. A ocupação dessas áreas de risco podem resultar em prejuízos, como representado pela figura 21.

Figura 21: Representação dos Aspectos de Inundação Urbana.



Fonte: Tucci, 2001.

A ocupação de parte da população em locais que sofrem influência dos ciclo de cheias dos rios é considerada inapropriada. O uso desses espaços a serviço das populações, esses espaços padecem com as ações antrópicas, supressão de vegetação marginal, impermeabilização do solo e canalização de rios urbanos, fazendo com que as regiões ribeirinhas ou planície de inundação, provoquem um agrave nas condições naturais, havendo uma grande probabilidade de desastre.

3.3 Risco: Natural e Ambiental

O termo “risco” é utilizado em diversas áreas do saber. Por conseguinte, ao tentarmos responder perguntas como o “O que é?” e “Como é?” Podemos obter um número muito grande de definições e conceitos. É possível, então, termos várias caracterizações de pesquisa que nos permitam o entendimento. De acordo com o que foi observado em estudos, constatamos que risco pode ter características de cunho social, tecnológico, industrial, econômico, natural e ambiental.

Assim, faz-se necessário termos um entendimento técnico do sentido e do significado de risco nos mais diferentes contextos. Nos estudos que têm propiciado o crescente avanço técnico-científico em relação à área de conhecimentos sobre riscos naturais, como os mapeamentos das áreas, estudos de prevenção, tecnologias utilizadas para evacuação em uma região em circunstância de crise, essa é uma terminologia usualmente empregada pelos profissionais.

Por existirem estudos em diversas áreas do saber com relação ao termo acima especificado, ficamos diante de uma gama de distinções e atribuições de sentido, entre eles: evento, acidente, desastre, ameaça, suscetibilidade, vulnerabilidade, e o muito discutido “hazard”. Visualizamos, pois, que ainda não existe uma unanimidade entre essas áreas de estudo, verificando no quadro 01 as nomenclaturas usuais.

Quadro 01: Diferenciação de termos em terminologia usualmente empregada.

EVENTO	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais.
PERIGO (HAZARD)	Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.
VULNERABILIDADE	Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
SUSCETIBILIDADE	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
RISCO	Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.
ÁREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Fonte: Brasil. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

Hora (2009) reporta-se ao estudo do relatório da *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR, 2007), no qual o risco pode ser definido como a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental), resultante das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

Vêm a corroborar essa constatação as palavras de Veyret (2007, p. 45), “Não existe risco sem que uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer com seus efeitos”.

Ampliando esse conceito, o autor nos diz o seguinte:

O risco não pode ser evidenciado sem se avaliar o contexto histórico que o produziu, as relações com o espaço geográfico, os modos de uso e ocupação do solo e as relações sociais. Por reunir todos esses atributos, a cidade concentra um grande número de riscos, sobretudo em função da densidade da ocupação do solo, da natureza e da tipologia das construções, da existência de tipos de redes de água, eletricidade, esgoto, etc. (VEYRET & RICHEMOND, 2007, 45).

Sendo assim, podemos referenciar duas configurações de risco. O primeiro é o natural, quando o ambiente natural sofre com processos de modificações, fazendo com que eventos naturais (chuva, vendavais, tombamentos de árvores) tenham sua relação de acontecimentos com os perigos naturais ampliada.

O risco natural é, então, aquele derivado da própria instabilidade dos sistemas, como os deslizamentos de encostas e inundações, sendo, objetivamente, relacionados “a processos e eventos de origem natural ou induzida por atividades humanas” (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005, p. 22).

Também de acordo, Egler (1978) ressalta que o risco natural é associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, considerando o seu grau de estabilidade/instabilidade, expresso na sua vulnerabilidade a eventos críticos de curta ou longa duração, tais como inundações, desabamentos e aceleração de processos erosivos.

A conjuntura de fatores ocasionados por ações antrópicas podem agravar processos de risco ambiental. Sobre isso, Yvette (2007) argumenta que os riscos ambientais decorrem, em sua gênese, dos processos naturais, sendo agravados por atividades humanas decorrentes de ocupação de território.

Tal exemplo é ratificado por Egler (1978), quando discute que o risco ambiental deve ser visto como um indicador dinâmico entre as relações dos sistemas naturais, estrutura produtiva e as condições sociais de reprodução humana em um determinado local.

Podemos, pois, considerar que o risco ambiental é a junção de eventos extremos com modificações causadas pelo ser antropogênico. Sendo válido ressaltar,

ainda, que seus impactos têm uma causa mais efetiva na sociedade residente no local onde o evento natural acontece.

3.4 Geotecnologias voltadas à análise das áreas de risco

O ambiente natural se encontra cada vez mais modificado por ações antrópicas, caracterizadas pelas mais diversificadas ações possíveis. A análise desses ambientes requer, portanto, estudos específicos que contenham técnicas mais apuradas para a busca de um melhor manejo das áreas, sempre com o foco para a prevenção, monitoramento e planejamento de regiões modificadas. Entretanto, não apenas as ações antrópicas causam preocupação, mas também temos que atentarmos para possíveis modificações climatológicas, como chuvas, vendavais.

Tais preocupações vêm ao encontro dos problemas encontrados por populações contemporâneas (aumento dos desastres ambientais, como inundações, enchentes, furacões entre outros fatores climatológicos), no intuito de solucioná-los.

Para tanto, as geotecnologias se tornam uma importante ferramenta para identificação, planejamento e tomada de decisões estratégicas para uma melhor gestão de riscos.

A construção de um banco de dados englobando várias informações que podem dar subsídios para fatores de risco extremo, como inundações e enchentes, torna-se necessária, além do uso de ferramentas na procura de uma melhor preservação dessas áreas, através de pesquisas técnicas.

As geotecnologias, representadas, em especial, por uma tríade de aspectos - sensoriamento remoto, Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o geoprocessamento - apresentam uma série de facilidades na geração de produtos, dados e informações para estudos de fenômenos como os desastres naturais (COPPOCK, 1995).

Estudos apontam o uso de geotecnologias voltadas para diversas áreas, sendo uma delas o planejamento e gestão de risco, mapeando, detectando e analisando regiões com maior ou menor susceptibilidade ao risco.

A conceituação do que sejam geotecnologias e quais fatores abordam é discutida por Matias (2006), o qual informa que se trata de um conjunto de ferramentas baseadas em ambiente computacional, com a finalidade de tratamento de

informações geográficas. Sendo assim, as geotecnologias contribuíram para o avanço rápido das análises e estudos ambientais.

Bolfe (2006) observa que o crescimento relevante das geotecnologias e os ambientes SIGs, em conjunto, oferecem mecanismos e técnicas relevantes na realização de planejamentos e execuções de ações de cunho técnico-científico dos recursos naturais.

Para Marcelino (2007), o SIG permite trabalhar com informações espaciais, integrando e sobrepondo vários elementos espaciais, o que permite o cruzamento de informações, tanto na esfera urbana quanto na esfera municipal, respeitando, assim, uma determinada localização geográfica, de modo que o mapeamento de áreas de risco exige a criação de um banco de dados em um ambiente SIG para uma melhor identificação dos diversos dados produzidos.

Nesse processo, são verificadas etapas para a construção de um banco de dados geográficos que perpassam a coleta de informações, atingindo o armazenamento, verificação de informações, compilação de dados e cruzamentos de informações para a geração de possíveis resultados de monitoramento.

Um importante aparato para esse monitoramento é a junção de associações do uso de programas com *GNSS Solutions* para tratamento de dados espaciais, que servem para o monitoramento, ajuda de coleta desses dados.

Um dos produtos da cotação de pontos geodésico é a representação do terreno estudado. Eckhardt (2008) aborda a confecção do MDE, versando que essas estruturas são definidas de forma a possibilitar uma manipulação conveniente e eficiente dos modelos pelos algoritmos interpolantes e de análise, contidos nos SIG, aonde a reprodução dos dados visam a representação do terreno.

Já Câmara e Davis (2001), falam que o SIG é uma ferramenta computacional que permite realizar análises complexas ao integrar dados de fontes diversas, criando um banco de dados georreferenciado. Marcelino (2007), por sua vez, fala que um banco de dados associado a um mapa da área urbana poderá fornecer informações completas sobre locais de abrigos, hospitais, polícia, bombeiros, entre outros, ajudando, dessa forma, ao poder público e à defesa civil na assistência às vítimas e ao monitoramento das áreas de risco.

O monitoramento dos locais que poderão ser afetados e os possíveis estragos causados pelo evento, delimitando as áreas com maior ou menor fragilidade e aquelas

que poderão servir de abrigo para a população afetada, fica vinculado ao banco de dados, visando um melhor trabalho de prevenção.

Sendo assim, Marcelino (2007) diz que planos preventivos envolvem uma grande quantidade de dados que precisam ser coletados, armazenados, organizados e analisados, a fim de serem transformados em informações que deverão ser aplicadas nos processos de prevenção.



RESULTADOS



CAPÍTULO 4

4.1 Qualidades de Coleta dos Pontos de GPS Geodésico

Para a representação do território urbano de Mossoró, foram cotados pontos em sistema de posicionamento geodésico, a partir de três dados específicos, latitude, longitude e altura.

Com o intuito obtermos uma melhor representação da espacialização territorial, coletamos cento e quatro pontos de coordenadas, no modo estático.

A coleta dos dados se deu através de uma análise preliminar, observando-se os locais com uma maior refletância na imagem. Esses locais, quando vistos na imagem, apresentavam diferenciações em suas cores, cooperando para uma melhor identificação posterior dos locais de captura dos pontos.

Nos locais escolhidos, foram respeitados os parâmetros de procedimentos estáticos definidos no manual de utilização do GPS ProMarc 3 onde está definido que: a distância, aproximadamente, das linhas de base tem que ser conhecida; o tempo de observação deve ser apurado pela última unidade estabelecida (início) e a primeira unidade antes do desligamento.

É recomendado que, durante a medida planimétrica, se inicie a base em primeiro lugar e a desligue por último, como também o tempo de observação necessário depende, principalmente, da distância entre as duas unidades (mais condições de recepção). Conforme figura 22, apresenta a forma de coleta em campo, para coleta de pontos cotados no município se tornando base para a realização dos dados planimétrico.

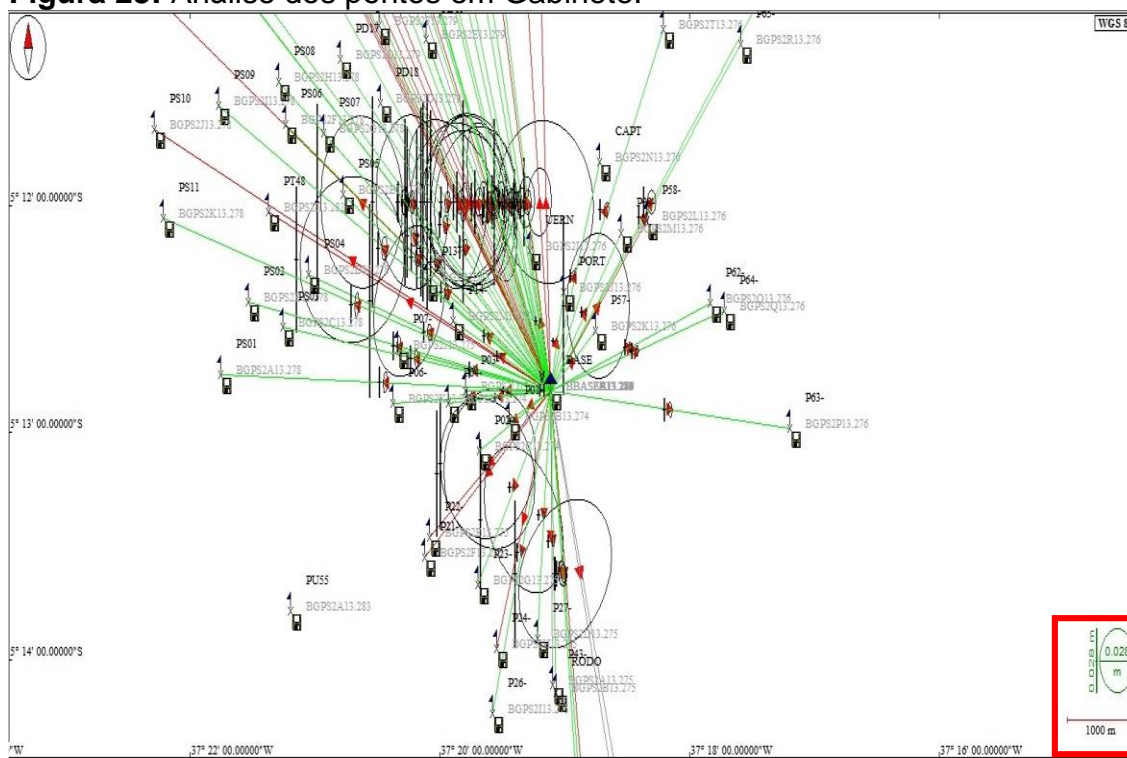
Figura 22: Coleta em Campo com Procedimento Estático.



Fonte: Acevo Moura 2013, Mossoró-RN.

A confiabilidade dos pontos se deu com ajuda de programa *GNSS Solutions*, que proporciona a identificação de erros durante as medidas planimétricas. Na pesquisa, figura 23, usamos cento e quatro pontos, considerando vinte elementos perdidos e oitenta e quatro em aproveitamento.

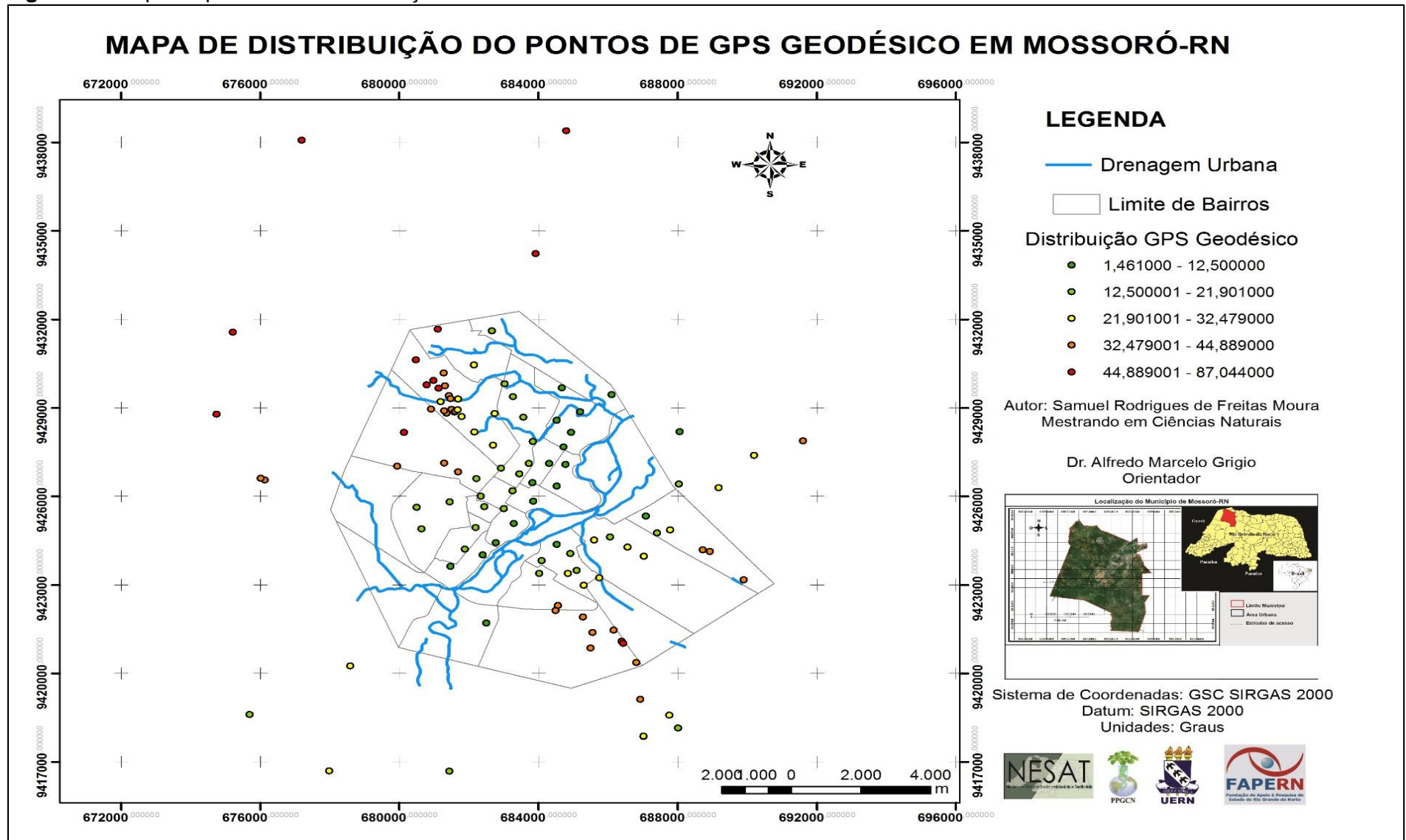
Figura 23: Análise dos pontos em Gabinete.



Fonte: Acevo Moura 2013, Mossoró-RN.

O programa *GNSS Solution*, pelo qual fizemos a análise dos dados coletados através de GPS Geodésico, identificou um erro nas medidas planimétricas por nós realizadas, o qual limitou-se a 0,029 milímetros. A figura 24 apresenta a distribuição dos pontos na zona urbana, os quais foram utilizados para a geração do Modelo Digital de Elevação.

Figura 24: Mapa de pontos e sua distribuição.



4.2 Modelo digital de elevação e perfil topográfico

A representação digital do território da zona urbana de Mossoró demonstra que a cidade se encontra em uma situação levemente aplainada, com uma maior predominância de locais com variações entre dois a trinta e dois metros de altitude ao nível do mar. Essas regiões mais centralizadas são regiões na zona urbana, destacando-se por conterem a influência do corpo hídrico que se faz presente na região.

Na cidade, também encontram-se locais com altitude mais expressiva, onde a elevação tem uma variação entre 32m a 44m, situados nas partes mais externas da zona urbana, com maior predominância na porção sudeste da cidade e uma menor concentração nas regiões noroeste e sul da zona urbana.

Uma porção mais elevada da cidade é localizada na zona noroeste, em um local mais extremo da zona urbana e uma pequena parcela encravada na região sudoeste, sendo estas menos susceptíveis a problemas dos efeitos das inundações que possam ocorrer.

A geração e identificação desses locais, através do Modelo Digital de Elevação proporcionou um melhor registro das áreas mais planas da zona urbana, determinando, igualmente, as regiões que sofrem influência direta do rio Apodi-Mossoró. Sendo assim, a extensão do alcance do corpo hídrico é relevante para determinar os locais que sofrem com inundação urbana.

Outro foco de análise é que não apenas regiões próximas ao rio tendem a sofrer com enchente ou inundação; locais com uma maior característica plana também tendem a ser localidades de riscos, por apresentarem probabilidade de acúmulo das águas pluviais.

Nesse panorama de regiões suavemente planas, existem locais que podem vir a sofrer problemas, caso ocorra um fenômeno de inundação, são os bairros mais próximos ao rio Apodi-Mossoró, como também regiões com uma maior proximidade com os canais de drenagem urbanizados ou com uma forte depressão perto de locais com níveis mais baixos figura 25.

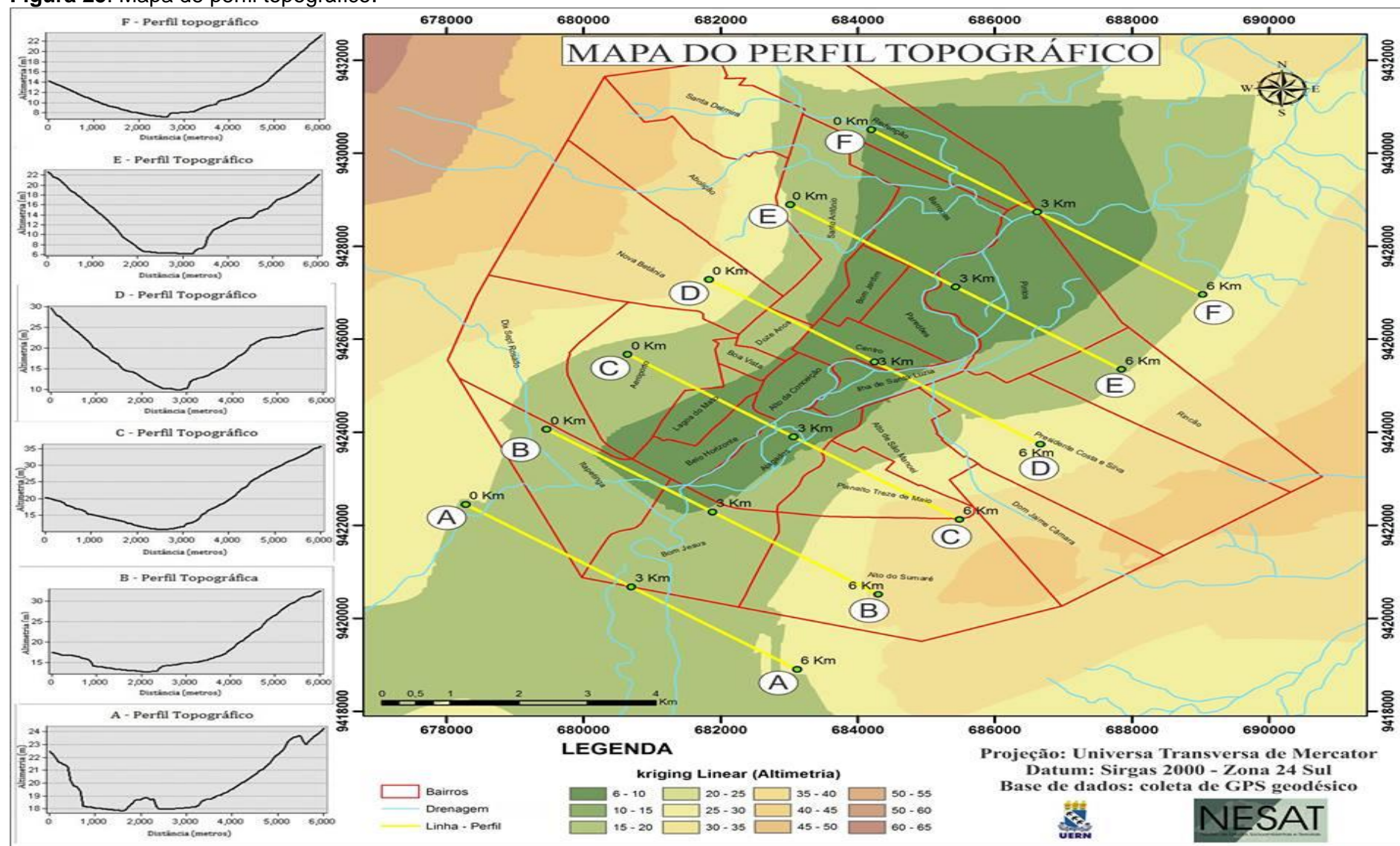
No primeiro perfil (Letra A), localizado ao sul do centro urbano de Mossoró, temos apenas parte do bairro Bom Jesus e Itapetinga. Observando o perfil

encontrado, nota-se que houve uma baixa na distância de 3 km, onde seria a parte do leito do rio, e caminhando em direção para o 1 km de linha, onde há, novamente, um rebaixamento do terreno. Ademais, foi observado no ponto 2 km uma elevação. Há uma segunda topografia baixa, devido, neste trecho, é visível a existência de um outro corpo hídrico, sendo um dos afluentes que alimenta o rio principal da bacia do Apodi-Mossoró.

O segundo perfil (Letra B), está localizado entre os bairros Alto do Sumaré, Bom Jesus e Itapetinga, aproximadamente na área do contorno da BR-304. Atentando para este perfil, observa-se que há uma declividade mais elevada entre o ponto de 6 km (Alto do Sumaré) e o de 3 km (próximo ao leito do rio). Já entre os pontos de início da linha (0 km) e o de 3 km, há uma baixa elevação na direção do bairro da Itapetinga.

No terceiro perfil (Letra C), temos os bairros Planalto Treze de Maio, Alagados, Belo Horizonte, Lagoa do Mato e Aeroporto. Apesar da ocorrência de uma bifurcação do rio entre os bairros Alagados e Belo Horizonte, a linha do perfil seguiu praticamente a mesma lógica do perfil B, onde temos uma declividade mais elevada no sentido entre o 6 km (Planalto Treze de Maio) até 3 km (próximo ao leito do rio), voltando a elevar-se, agora mais suavemente, em direção ao ponto 0 km (início do perfil), ou seja, em direção ao bairro Aeroporto

Figura 25: Mapa de perfil topográfico.



Acerto: Moura,S.R.F, 2013

No quarto perfil (Letra D), localizado entre os bairros Presidente Costa e Silva, Ilha de Santa Luzia, Centro, Doze Anos e Nova Betânia, observamos que na linha do perfil é visível uma grande variação entre os pontos 0, 3 e 6 Km, sendo uma declividade relevante, tendo no entanto entre os locais 2,0 e 3,0 uma faixa plana, a modificação do relevo tendo a ser retomada a partir de 4 km.

No quinto perfil (Letra E), entre os bairros Rincão, Pintos, na divisa com Paredões, Barrocas, Bom Jardim e por último no Santo Antônio, notamos que existe um aplainamento entre os pontos 2 km e o 3 km (próximo ao rio), vendo que, em uma extensão de, aproximadamente 1 (um) km, a topografia do terreno é praticamente a mesma. Posterior a estas áreas, a topografia segue o mesmo padrão do perfil D.

No sexto perfil (Letra F), situado entre os bairros Pintos, Redenção e uma parte da área rural, visualizamos que o padrão da linha se comporta como os do perfil A, B e C. Porém, entre os dados de 0 km a 2,5 km, na região do bairro Redenção é local de pouca altimetria, onde observa-se uma leve elevação ao longo da linha.

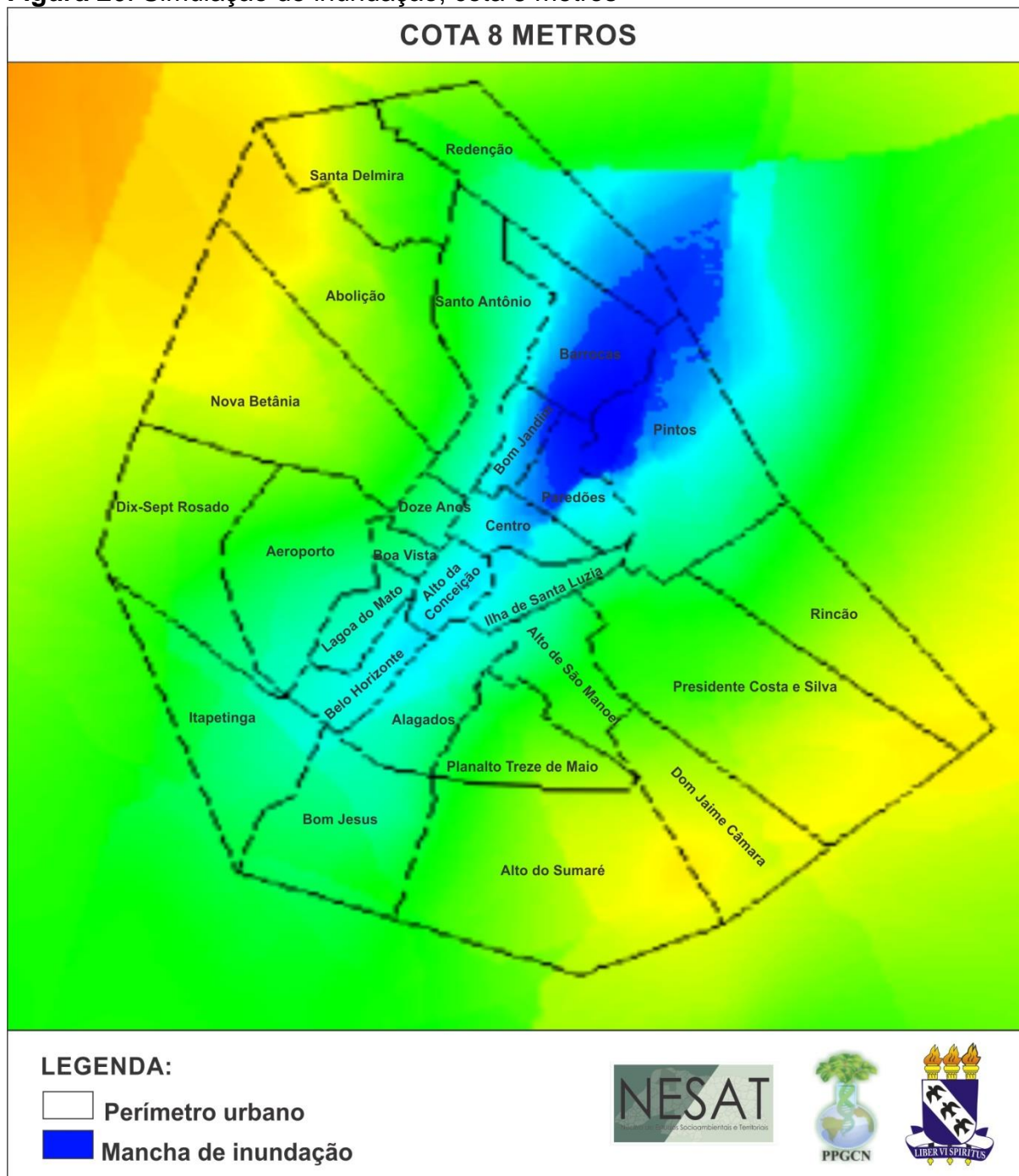
No geral, verificamos que existe uma tendência entre as linhas. Isto é, o lado direito do rio, no sentido montante a jusante, tem uma elevação um pouco mais acentuada em comparação com o lado esquerdo, no qual prevalece uma declividade menos acentuada. Desta forma, podemos considerar que as áreas mais baixas topograficamente e que tem longas extensões sem mudanças elevadas de altitude estão localizadas no lado esquerdo do rio, onde existe a concentração de áreas comerciais e residenciais.

4.3 Regiões Inundáveis - Simulação

Para a verificação dos locais que possam vir a sofrer com o risco de enchentes e inundações na zona urbana do município de Mossoró, realizamos simulações de elevação de nível de água do rio com o programa Global Mapper 11. Nesse procedimento, usamos sete variáveis de cotas, buscando evidenciar os primeiros locais atingidos, como também os bairros que podem ser efetivamente afetados pelas inundações.

Nos estudos realizados, sobre a cota de oito metros, observamos o acúmulo das águas inicialmente nas intermediações dos bairros Barrocas, Pintos e Paredões, figura 26. Outro fator que atestamos aqui, refere-se à não existência de pontos de inundações no sentido mais próximo ao centro urbano. Nesse primeiro nível de simulação, evidenciamos que nas regiões atingidas, há um número populacional mais efetivo no bairro Barrocas e Paredões. Já no que concerne ao bairro Pintos, notamos que não há existência de população nas áreas próximas da região atingida.

Figura 26: Simulação de inundação, cota 8 metros

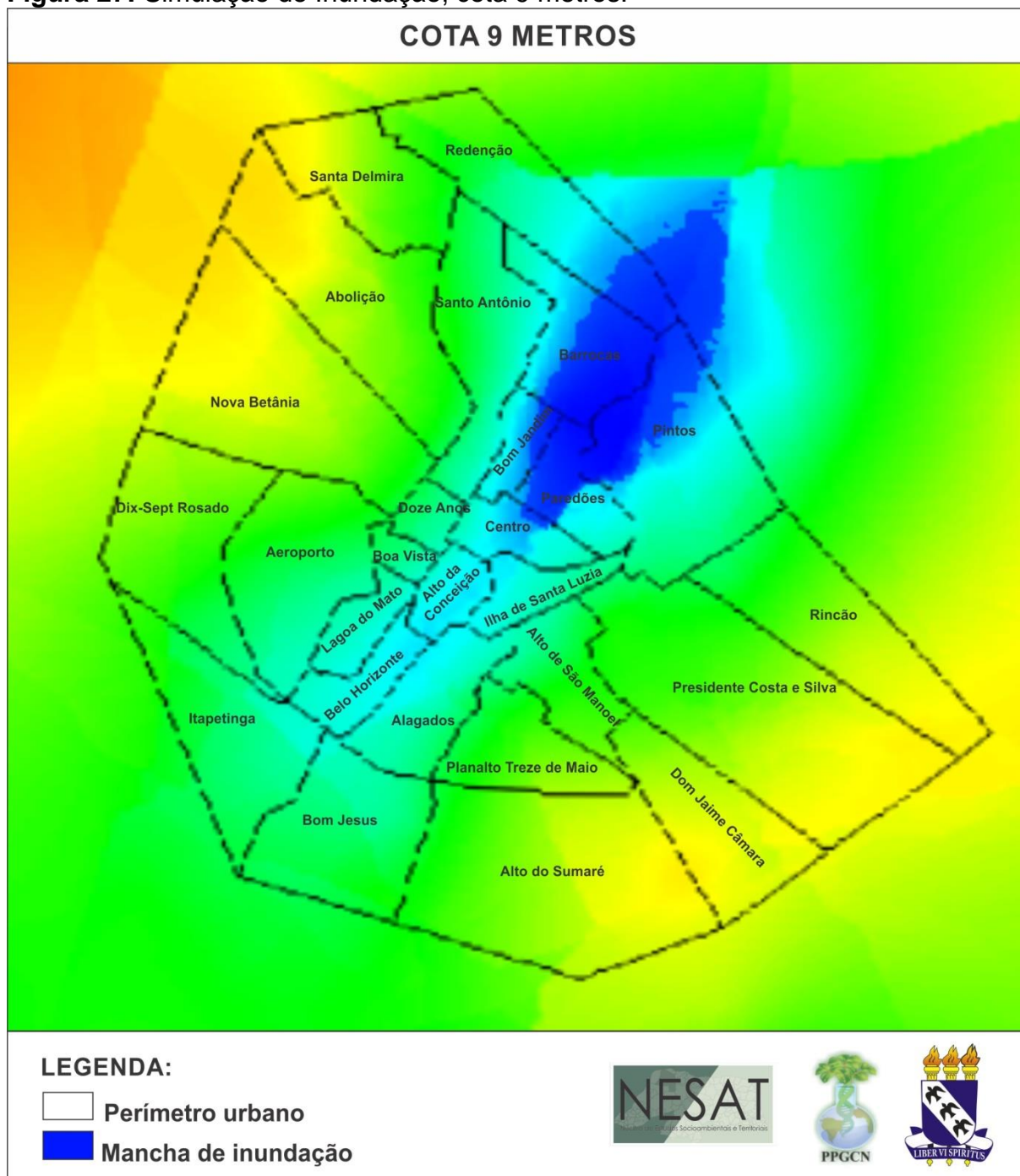


Fonte: Moura, S.R.F, 2014

Na segunda cota estudada, com dados de nove metros, foi evidenciado um aumento na mancha de inundação na região dos bairros anteriormente citados, com a diferenciação de que o rio tende a ter um acúmulo para o interior dos bairros. Porém, verificamos que tais acúmulos também ocorrem em localidades como o bairro Redenção, propagando-se em bairros centrais, como é o caso do Bom Jardim, figura 27. Nas duas novas áreas atingidas, observamos, com maior ênfase, que no bairro

Bom Jardim, por ter um número relevante de moradores, pode ser gerado, a partir desse processo de inundação, danos e perdas de grande intensidade no sentido das perdas que podem emergir dessa situação.

Figura 27: Simulação de Inundação, cota 9 metros.



Fonte: Moura, S.R.F, 2014.

Na simulação da cota de dez metros de elevação do rio Apodi-Mossoró, observamos um acúmulo ainda maior com relação ao bairro Bom Jardim. Como

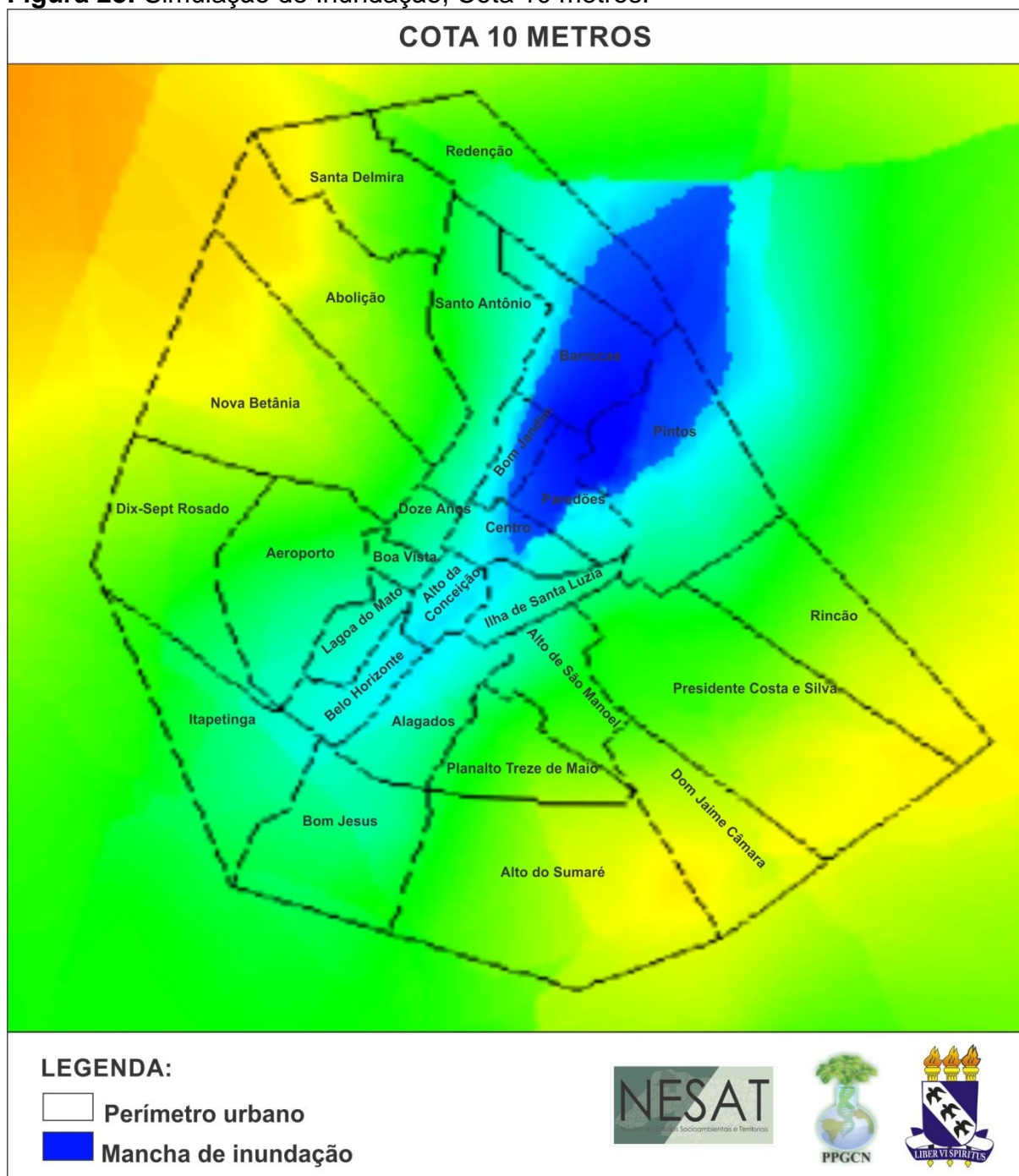
frisamos acima, existem locais onde destaca-se um número elevado de residências e, conseqüentemente, de pessoas que a habitam. Há de se considerar que existe um extravasamento maior no bairro Centro, região onde se concentra um número considerável de estabelecimentos e/ou centros comerciais do município, assim como escolas, podendo vir a causar um prejuízo para além do quesito financeiro, mas de nível estrutural e físico também, figura 28.

Na região central de Mossoró, quando verificamos anos considerados normalmente chuvosos, é recorrente existirem pontos de inundações, que ocasionam prejuízos de cunho financeiro, como também dificuldades no deslocamento da população, seja pedestre ou por transportes automotivos.

As cotas que estão com a mancha de oito e nove metros têm é perceptível uma vulnerabilidade na região noroeste do município de Mossoró, atingindo 6 bairros.

Já na cota de dez metros, existe o aumento da zona inundável, tendo uma maior expansão da mancha para maiores regiões dos bairros, mantendo o número de seis bairros, mas tendo uma maior área central inundada.

Figura 28: Simulação de Inundação, Cota 10 metros.

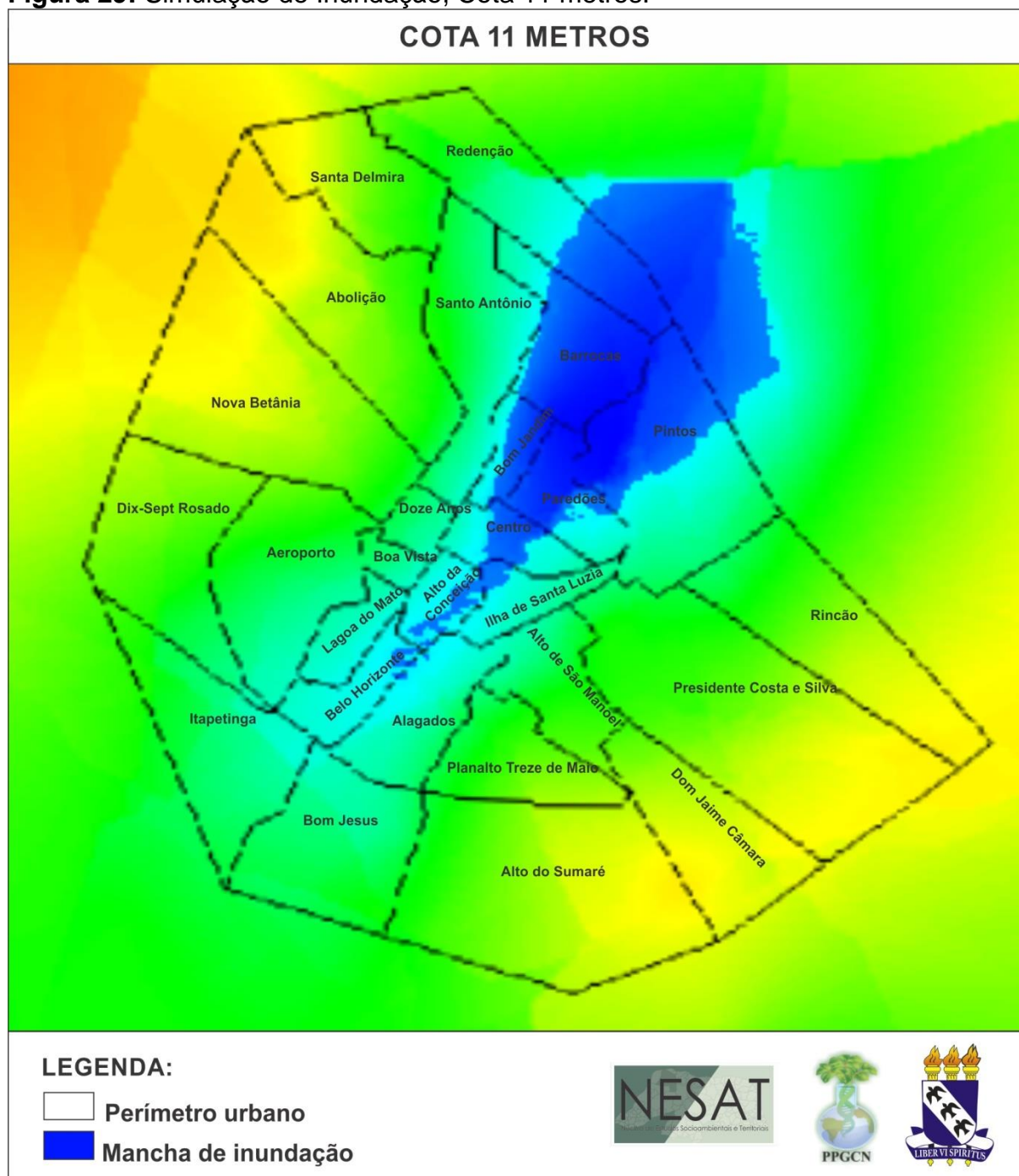


Fonte: Moura, S.R.F, 2014

À medida em que aumenta a cota de inundação, em particular para onze metros do nível do rio Apodi-Mossoró, observamos que, quase na totalidade, o bairro Paredões e Bom Jardim são atingidos nas adjacências essencialmente de moradias. Atestamos, a partir do modelo digital construído para esse fim, que cerca de 50% do bairro Paredões é atingido, caso o limite de cota assuma esse nível.

No bairro centro, por sua vez, é observado um acúmulo de água maior nas regiões próximas ao rio, assim como também é verificado os primeiros pontos de inundações nos bairros de Ilha de Santa Luzia, Alto da Conceição e Belo Horizonte, figura 29.

Figura 29: Simulação de Inundação, Cota 11 metros.



Fonte: Moura, S.R.F, 2014

Na análise da cota de doze metros observamos que o processo de inundação toma quase que 100% dos seguintes bairros: Bom Jardim, Alto da Conceição, Paredões e Barrocas, localidades intimamente ligadas ao rio Apodi-Mossoró.

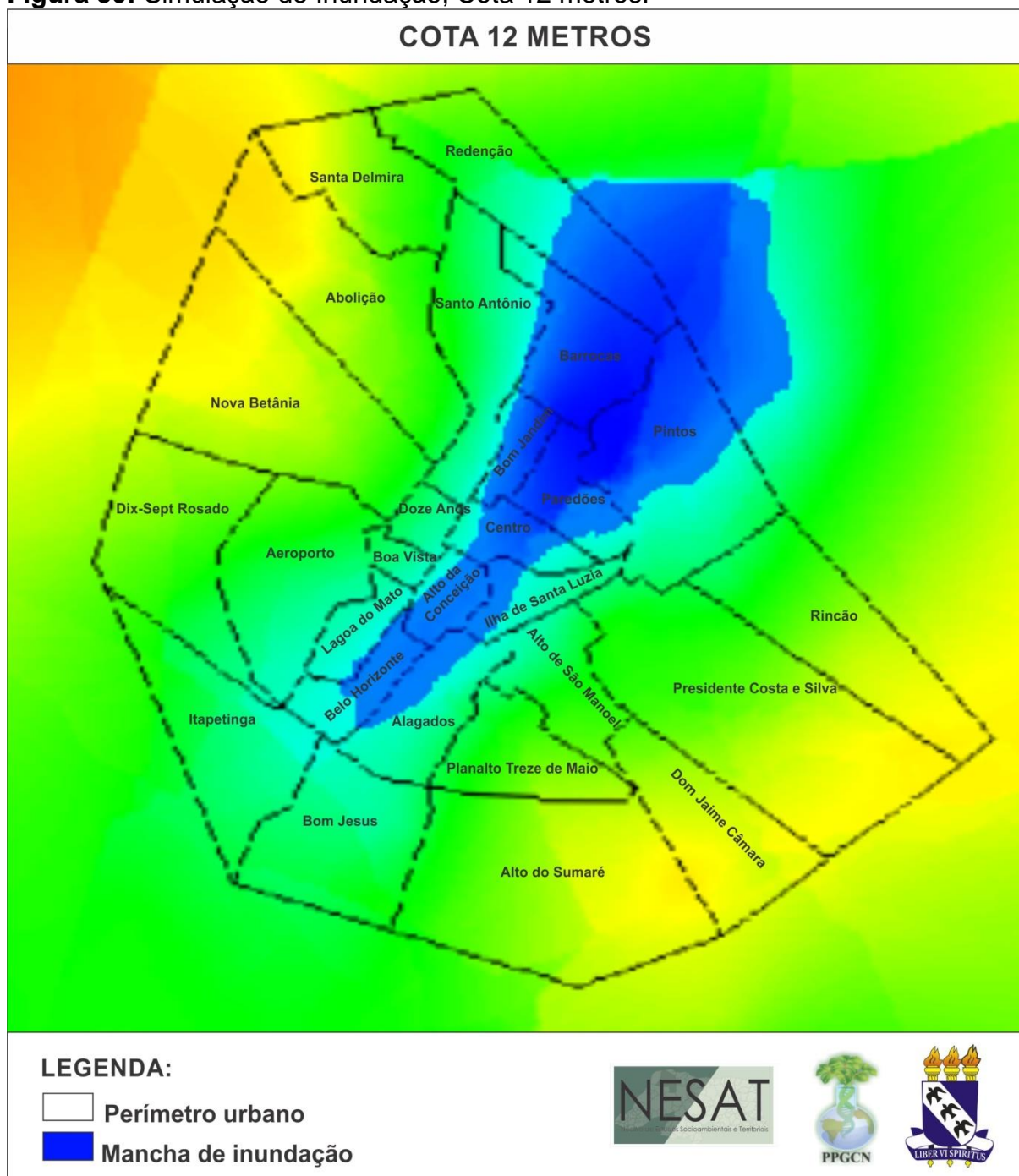
Com relação à parte central do município (bairro Centro), vimos que regiões como o bairro Ilha de Santa Luzia têm o início de pontos de inundações. Para efeito de análise, também destaca-se rápido avanço das águas para o interior do bairro Belo Horizonte, percebendo também que a mancha de inundação começa a incluir o bairro Alagados, figura 30.

Na cota de 11 metros houve ampliação nos bairros atingidos, ocasionando o aumento da vulnerabilidade, pois tem um acréscimo representativo na população atingida.

Sendo nove bairros inseridos nessa mancha, onde há intensidade populacional.

Os locais mais vulneráveis são observados na região central do município, sendo constatado quando é ressaltado nas cotas de doze, treze e quatorze metros, onde está inserido na mancha de inundação quase em totalidade, sendo verificado apenas dois bairros que se encontram fora da mancha de inundação.

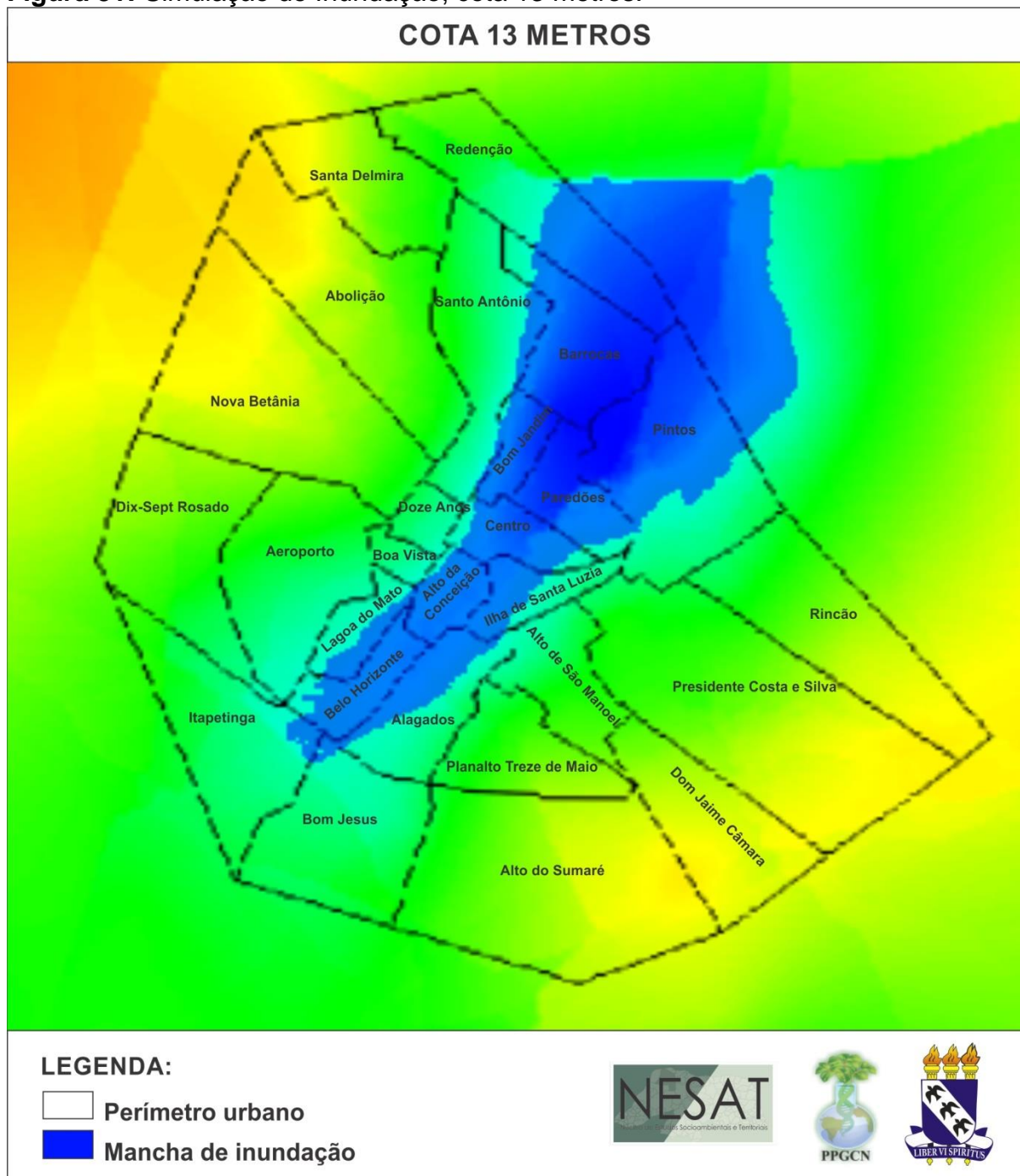
Figura 30: Simulação de Inundação, Cota 12 metros.



Fonte: Moura, S.R.F, 2014

Já na simulação de treze metros, notamos que alguns bairros já se encontram parcialmente ou totalmente inseridos nessa cota, como é o caso do bairro Barrocas, Bom Jardim, Paredões e o Centro. Tal simulação, permite-nos inferir que podem ser ocasionados prejuízos, danos ao patrimônio particular e público, problemas com desabrigados e, conseqüentemente, o surgimento de doenças, tendo em vista as condições sanitárias que desastre ocasiona, figura 31.

Figura 31: Simulação de Inundação, cota 13 metros.



Fonte: Moura, S.R.F, 2014

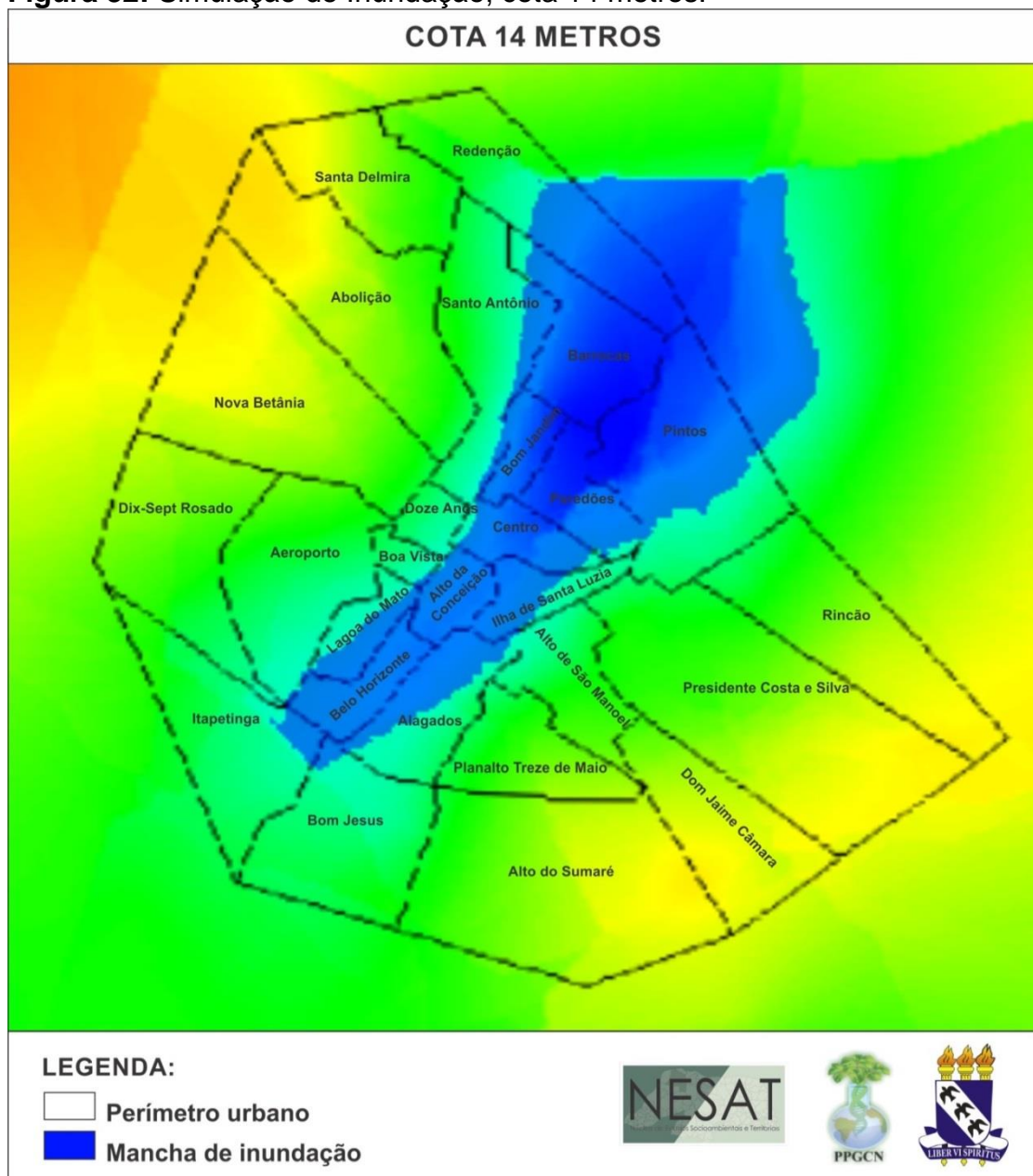
Por fim, analisamos a cota de quatorze metros, constatando que os bairros que sofrem com o agravamento dessa cota encontram-se todos próximos ao rio Apodi-Mossoró. Na mancha de inundação, verificamos, também, que aumentam consideravelmente o número de bairros inseridos nessa cota.

A preocupação recai, então, sobre a inserção de vários bairros populacionais na mancha de inundação apresentada, a saber: Centro, Bom Jardim, Alagados, Belo

Horizonte, Alto da Conceição, Ilha de Santa Luzia Paredões Barrocas e Redenção, figura 32.

Essas localidades, normalmente, são as mais atingidas quando acontecem eventos pluviométricos extremos. Geralmente, esses eventos intensificam o processo em que as águas do rio Apodi-Mossoró extravasam e ultrapassam margens maiores que seu leito.

Figura 32: Simulação de Inundação, cota 14 metros.



Fonte: Moura, S.R.F, 2014



COSIDERAÇÕES FINAIS



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com investigações que tratem da temática de enchentes e inundações geralmente marcam por seu caráter técnico, mas sobretudo social. Desde o desenvolvimento dessa investigação, com vistas à geração de um modelo digital de elevação e conseqüentemente o desdobramento deste estudo, propomos inúmeros aprofundamentos de nível técnico, teórico e metodológico.

Logo, afirmamos, diante do exposto, que as bases teóricas e metodológicas que nos guiaram na construção deste trabalho trouxeram, em seu interior, uma preocupação que extrapola os limites da literatura, transpondo reflexões e ensaios sobre o que pode vir a acontecer caso o município de Mossoró passe por eventos pluviométricos de grande intensidade.

A ênfase dada a geração do modelo digital de elevação centra-se em garantir que algumas medidas preventivas possam ser tomadas futuramente, tendo em vista que as imagens, assim como a disposição das áreas que podem sofrer grandes danos, estão devidamente descritas.

Sobre os resultados técnicos, demonstramos a importância de um trabalho mais específico sobre a captação de informações geográficas e as geotecnologias como uma ferramentas efetivas para análise.

Então, para a construção do estudo, foi realizada uma captação de dados geográficos, sendo o mesmo utilizado para uma interpolação de pontos obtidos com o GPS geodésico, que foi a premissa para a confecção do Modelo Digital de Elevação – MDE, importante para o entendimento do relevo municipal. Assim, verificamos que a região mais próxima ao rio se encontra em uma região bastante plana, não ultrapassando os quinze metros, o que é um fator relevante para quando acontecer um evento de extravasamento do rio Apodi-Mossoró, causando problemas de inundações à zona urbana.

Ao realizar as manchas de inundações do município de Mossoró, observamos observar que a partir dos dez metros de altitude, quase que em totalidade, a zona central urbana se encontra inserida dentro dessa mancha de inundação. Outro ponto de observação foi que com o aumento da elevação do rio Apodi – Mossoró, são atingidos, principalmente, bairros com predominância residencial. Vimos que nessas regiões são encontradas residências, fabricas (empresas, industrias) e comércio, o

que pode acarretar problemas físicos, estruturais e financeiros, tanto a população quanto ao município.

A geração do modelo digital de elevação deu subsídios para observarmos todo o relevo do município de Mossoró, identificando os locais que sofrem com os problemas de inundação e enchentes. As manchas de inundações, foram confeccionadas a partir da construção do MDE.

Por conseguinte, o estudo demonstrou as regiões nas quais precisam ser realizados trabalhos para prevenção de inundações e enchentes, a partir da verificação dos bairros atingidos e dos efeitos da elevação do rio. Ressaltamos, pois, que nessa prevenção os trabalhos não estruturantes são primordiais para as regiões atingidas.

Fornecendo trabalho de zoneamento das regiões de risco de enchentes e inundações na zona urbana do município de Mossoró-RN.

Assim, os resultados indicam a necessidade de se adotar política de prevenção ao risco que levem em conta o conceito de vulnerabilidade, demonstrando a necessidade de formulação de políticas públicas para a região, principalmente com relação às condições sociais locais e o público a ser assistido em suas diferentes carências.

Desse modo, outras pesquisas que se assemelhem devem ser incentivadas, considerando outras ameaças e áreas de estudo, além da importância dos resultados obtidos na utilização de escalas de estudo mais detalhadas (ex. por quadra) e a necessidade de atualização periódica em função das contínuas mudanças socioambientais existentes, assim estabelecendo parâmetros para o programa municipal de gestão de riscos e respostas a desastres.

Incorporando programas de monitoramento ambiental e estudos como batimetria do rio Apodi-Mossoró, na faixa urbana do município de Mossoró.

Nessa perspectiva, afirmamos que todo o levantamento feito para este fim coaduna-se com proposição de soluções futuras, visando um melhor aproveitamento das áreas centrais próximas ao Rio Apodi-Mossoró.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, L. H.; ZEILHOFER, P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso - Cáceres, MT. In: **Simpósio De Geotecnologias No Pantanal, 1.** (GEOPANTANAL), 2006, Campo Grande. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. p. 18-27. CD-ROM. ISBN 85-17-00029-3. Disponível em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.12.13.08>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

ANA, Agência Nacional De Águas - (Org.). **Definição Da Planície De Inundação Da Cidade De Governador Valadares.** Belo Horizonte: Agência Nacional De Águas - Ana, 2004. 129 p.

ANDREADE FILHO, A.C; SZÉLIGA, M.R; ENOMOTO, C.F. **Estudos de Medidas Não-Estruturais para Controle de Inundação Urbanas,** Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias. 69-90, 2000.

ANEAS DE CASTRO, S.D. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.** Barcelona, n.60, 15 de março de 2000. Acesso 03/04/2008. Em:<<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB/Francisco de Assis dos Reis Barbosa.** João Pessoa, 2006. 116p. il.:

Barros, R.S.; Cruz, C.B.M.; Reis, R.B.; Costa Jr., N.A. Avaliação do modelo digital de elevação do SRTM na ortorretificação de imagens Landsat 7 – Área de aplicação: Angra dos Reis – RJ. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia:** INPE, 2005. p.3997-4004.

BERNARDI, J.V.E; LANDIM, P.M.B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados**. DGA/IGCE/UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>.

Bolfe, E. I. Geotecnologia Aplicada à Gestão de Recursos Naturais, **Anais III seminário Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**; Aracaju, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (Org.). **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Sobre a RBMC**. Disponível em: <WWW.IBGE.GOV.BR>. Acesso em: 06 ago. 2013.

Brasil. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT - **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, (orgs) – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, p.176.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretária-Geral. Projeto RADANBRASIL – **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, vol. 23, 1981.

CAMARA, G; CASANOVA, M. A; HEMERLY; MAGALHÃES, G. C; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográfica**. 2001, p. 205.

CARVALHO, G. A.; LEITE, D. V. B; Geoprocessamento na gestão urbana municipal – a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3643-3650.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. 2.ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998, p. 283.

CASTRO, A. L. C: **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: MIN, 2003. 174 pág.

CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.de O & PIRES DO RIO, G.A. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 28-2 / 2005. p. 11-30. ISSN 0101-9759.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2 edição, 1980.

COREDEIRO, A; MEDEIROS, P.A; TERAN, A.L. **Medidas de Controle de Cheias e Erosão**. Acesso: 07 de maio de 13. Desastres naturais: conhecer para prevenir / Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (org.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009. – 196 p.: il.; color. 24 cm.

ECKHARDT, Rafael Rodrigo. **Geração De Modelo Cartográfico Aplicado Ao Mapeamento Das Áreas Sujeitas Às Inundações Urbanas Na Cidade De Lajeado / RS**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2008.

EDGLE, C. A. G, **Risco Ambiental Como Critério de Gestão do Território: Uma Aplicação à Zona Costeira Brasileira**. Talbot Page, 1978.

Florenzano, T. G; Geotecnologia Aplicada ao Estudo de Objetos e Fenômenos do Meio Físico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR; **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.4, N.4, p.146 – 154 2012.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA. **Perfil do seu município**. Disponível em: www.idema.rn.gov.br. Acesso em 24 de Agosto de 2013.

KOBIYAMA, M; **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Organic Trading, 2006, p.109.

LOPES, F, C, A; SOUZA, R. M, **Análise de um Evento Extremo e Desastre Natural nas Cidades de Antonina/PR e Morretes/PR**, 2012, p.5

MAIA, Rúbson P.; BEZERRA, Francisco H. R.. Geomorfologia E Mapeamento Temático Da Bacia Hidrográfica Do Rio Apodi-Mossoró, Nordeste Do Brasil. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 2, n. 4, p.510-519, abr. 2012.

MARCELINO, V.E; **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Ministério da Ciência e Tecnologia – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE, São José dos Campos, 2008.

MARENGO, J.A; **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climático no Brasil**, in: MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; 2005.

MASATO, Kobiyama; Magaly Mendonça, Davis Anderson Moreno, Isabela Pena Viana de Oliveira Marcelino, Emerson Vieira Marcelino, Edson Fossatti Gonçalves, Letícia Luiza Penteado Brazetti, Roberto Fabris Goerl, Gustavo Souto Fontes Moller., Frederico de Moraes Rudorff. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos /** –Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.: il., tabs.

MATIAS, L. F; **Sociedade da Informação: advento das geotecnologias**; UNICAMP – Instituto de Geociências. 2006

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

MOSSORÓ. **Plano de Desenvolvimento Territorial do Plano Diretor de Mossoró**. 2006.

PASQUARELLI, M. L. R.; KRZYZANOWSKI, R. F.; IMPERATRIZ, I. M. M.; NORONHA, D. P.; ANDRADE, E.; ZAPPAROLI, M. C. M.; BONESIO, M. C. M.; LOBO, M. P.; ALMEIDA, M. S.; ARRUDA, R. M. A.; PLAZA, R. T. T. **Avaliação do uso de periódicos**. São Paulo: SIBi-USP, 1987.- SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Geração do MDT corrigido da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim** utilizando a base SICAD-DF e dados medidos com DGP.Parana: Inpe, 2013.

PESSOA Z. S. et al. **Como anda Mossoró**: análise da conjuntura sociourbana, ambiental e político-institucional. Natal: UFRN, 2011.p. 154 .

REGIS FILHO, D; OLIVEIRA, F. H. **Geotecnologias e o cadastro urbano para o mapeamento de áreas suscetíveis às Inundações**. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDES, 2010.

SANTOS, C. Jornal de Fato, Mossoró Toda Vida; postado em 21/05/2012, <http://www.defato.com/noticias/321/mossoro-toda-vida>

SANTOS, Flávio Augusto Altieri dos. **Alagamento e inundação urbana**: modelo experimental de avaliação de risco, 164 f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2010.

SEVERINO, A.J; **Metodologia do Trabalho Científico**, 22 Ed. São Paulo, 2002.

SILVA, André Escovino da. **Avaliação de levantamentos GPS, através de métodos de processamento e pós-processamento de dados brutos, realizados em Atafona**, São João da Barra, RJ. Rio de Janeiro: UERJ/FEN, 2010 iv, 124 p.: il.; 29,7 cm.

SILVA, F, D, M. **Análise Comparativa de Modelos Digitais de Elevação Obtidos a Partir de Sensores Orbitais: Estudo de Caso da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim**. Planaltina – DF, 2013. 53f.

SOUZA, F.F. **História de Mossoró**. Fundação Vingt-Um Rosado, Coleções Mossoroense. Série “c”, V. 857. 2. Ed. . 261p.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R, **Desastres Naturais: Conhecer Para Prevenir** – São Paulo, 2009, p.196.

TUCCI, C. E. M, **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. In: Carlos e. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciências e aplicação**. Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. Porto Alegre, RS. 2ª ed.: 2ª reimpressão. 2001. 943p.

VIEIRA, R.; FURTADO, S. M. A. **Caracterização dos aspectos físico-naturais intrínsecos da encosta e identificação das áreas susceptíveis a deslizamentos na sub-bacia do Ribeirão Araranguá** – Blumenau/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. GEDN/UFSC, 2004. p. 337-351. (CD-ROM)

YVETTE, V. **Os Riscos: O Homem Como Agressor e Vitíma do Meio Ambiente**. São Paulo, Contexto, 2007, p. 316.

ZAMPARONI, C.A.G.P.; NUNES, L. H. **Desastres naturais de origem atmosférica e seus impactos em Moçambique**, 2011, p. 375.