

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

WESLEY MIGUEL BRAZ

**DETERMINAÇÃO DE PERFIL DE COTAS VINCULADO AO SISTEMA
GEODÉSICO BRASILEIRO PARA ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA
FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Itaqui - RS

2017

WESLEY MIGUEL BRAZ

**DETERMINAÇÃO DE PERFIL DE COTAS VINCULADO AO SISTEMA
GEODÉSICO BRASILEIRO PARA ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA
FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura.

Orientador: Prof. Me. Robert Martins da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

**Itaqui - RS
2017**

B823d Braz, Wesley Miguel

DETERMINAÇÃO DE PERFIL DE COTAS VINCULADO AO SISTEMA
GEODÉSICO BRASILEIRO PARA ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA
FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL / Wesley Miguel Braz.

53 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE AGRIMENSURA, 2017.

"Orientação: Robert Martins da Silva".

1. Geodésia. 2. Altimetria. 3. Sistema Geodésico
Brasileiro. 4. Classificação de Riscos. I. Título.

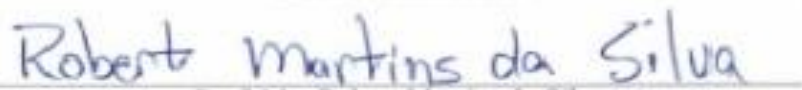
WESLEY MIGUEL BRAZ

**DETERMINAÇÃO DE PERFIL DE COTAS VINCULADO AO SISTEMA
GEODÉSICO BRASILEIRO PARA ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA
FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 05 de Dezembro de 2017

Banca examinadora:



Prof. Me. Robert Martins da Silva
Orientador
Unipampa



Prof. Ma. E. Conard Niero da Silveira
Unipampa



Prof. Grad. Natália Carvalho de Amorim
Unipampa

Dedico este trabalho à minha mãe, *Neca*, razão de minha existência e motivação para todos os meus ideais. À minha avó *Olivia*, cujos cuidados nunca poderão ser recompensados..

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. Alexandre Lopes pela imensurável contribuição na formação acadêmica desde os primeiros semestres do curso e pela ideia geradora deste trabalho.

Ao Prof. Me. Robert Martins, pela orientação e dedicação prestada para que este trabalho fosse realizado, especialmente pelo acompanhamento á campo, sem medidas de esforços.

Ao Prof. Me. Leonard da Silveira, cuja contribuição nos aspectos técnicos foi imensurável e pela atenção prestada nas inúmeras vezes que solicitada ajuda.

Á Prof^a. Grad. Natália Carvalho de Amorim, pelo constante incentivo e pela amizade que perdura desde nossa infância.

Ao corpo docente da Engenharia de Agrimensura do campus Itaquí, pela contribuição direta e indireta na formação solidificada dos alunos, em especial ao Prof. Me. Marcelo de Oliveira e Prof. Dr. Sidnei Bonn Gass, pelos quais tenho grandíssima estima.

Aos meus amigos pelo companheirismo e paciência, em especial ao Erik Moscardini e Gregory Lippert, também graduandos neste curso, pela contínua cumplicidade e parceria, tanto nos estudos quanto na vida social e pessoal. Ao Helionai Andrade, Raí Alencar e ao Kelwin Silveira, que perto ou longe, sempre estiveram presentes, e que por cuja amizade jamais poderia recompensá-los.

À minha família, pela compreensão nos dias ausentes e por sempre estarem dispostos com seu cuidado e apoio, em especial ao meu irmão e amigo Wasley Miguel Braz, cujo amor e reciprocidade são imensuráveis.

“Eu sou um universo de átomos e, ainda assim,
um átomo no universo.”

Richard P. Feynman

RESUMO

As cidades que margeiam a região hidrográfica do Rio Uruguai, na fronteira gaúcha, são atingidas por eventualidades de ordem natural como cheias e inundações. Tais eventos trazem consigo, devido sua intensidade, extensão e repetibilidade, muitos problemas e desconforto social, que submetem o município a inúmeras situações que exigem intervenções tanto imediatas, quanto de longo prazo, por parte das autoridades competentes. É neste contexto que entram os estudos e aplicações das ciências geodésicas aliadas à topografia, apresentando soluções reais, baseadas no conhecimento prévio de situações, e a garantia de êxitos na aplicabilidade de seus recursos práticos. Dentre muitas ferramentas existentes, este trabalho apresenta um perfil topográfico de uma seção próxima às margens do Rio, vinculado ao Sistema Geodésico Brasileiro para as cidades em estudo, cuja metodologia se deu através de um nivelamento e contranivelamento geométrico da RN mais próxima e as réguas linimétricas e seu posterior cálculo em planilha, técnicas de rastreamento das RRNN e de pontos estratégicos por GNSS/GPS, bem como o pós – processamento de dados para a obtenção da ondulação geoidal e a determinação da altitude ortométrica dos pontos através do método de combinação de dados. Foram estudadas e analisadas as cotas máximas de leituras da ANA, do ano 1940 a 2017, e junto ao conhecimento do campo de estudo, estas cotas foram separadas em três intervalos para possibilitar a posterior classificação de risco. Para a classificação do Alto, Médio e Baixo Risco, consideraram-se os critérios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e da Defesa Civil Nacional, a partir do conceito de perigo e vulnerabilidade. Para a cidade de São Borja, o perfil, cujo nivelamento foi 558,1m, compreende a cota do zero da régua linimétrica, com $H = 47,347\text{m}$ à cota de um ponto P2, com $H = 66,7316\text{m}$. Em Uruguiana, o perfil, com distância nivelada de 401,9m, apresenta a cota zero da régua correspondente $H = 38,6624\text{m}$ e a cota da RN cuja $H = 60,4254\text{m}$. O perfil obtido é representado de forma gráfico-numérica e mostra que a metodologia aplicada foi eficiente para a determinação e classificação do risco nesta seção, uma vez que a precisão obtida em suas etapas foi satisfatória. Assim, a zona de risco definida concorda com a realidade observada em eventos de enchentes, e as cotas da ANA vinculadas ao SGB representam as feições topográficas nesta seção limitada para áreas atingidas.

Palavras-Chave: Geodésia, Altimetria, Sistema Geodésico Brasileiro, Classificação de Riscos.

ABSTRACT

The cities bordering the hydrographic region of the Uruguay River, on the border of the state of Rio Grande do Sul, are affected by natural eventualities such as floods and overflow. These events bring with them, due to their intensity, extension and repeatability, many problems and social discomfort, which subject the municipality to several situations that require both immediate and long-term interventions by the competent authorities. It is in this context that the studies and applications of the geodesic sciences allied to the topography enter, presenting real solutions, based on the previous knowledge of situations, and the guarantee of successes in the applicability of its practical resources. Among the many existing tools, this work presents a topographic profile of a section near the banks of the River, linked to the Brazilian Geodetic System for the cities under study, whose methodology was based on a geometric leveling and counter-leveling of the nearest RN and the linimetric rules and its subsequent computation in spreadsheet, techniques for tracing the NRNN and strategic points by GNSS / GPS, as well as the post - processing of data to obtain the geoidal undulation and the determination of the orthometric point of the points through the method of data combination . The maximum dimensions of ANA readings from the year 1940 to 2017 were studied and analyzed, and next to the knowledge of the field of study, these dimensions were separated into three intervals to allow the subsequent classification of risk. For the classification of High, Medium and Low Risk, the criteria of the Institute of Technological Research and National Civil Defense were considered, based on the concept of danger and vulnerability. For the city of São Borja, the profile, which leveling was 558.1m, comprises the zero bound of the linimetric rule, with $H = 47,347\text{m}$ at the height of a point P2, with $H = 66.7316\text{m}$. In Uruguaiana, the profile, with a level distance of 401.9 m, shows the zero dimension of the corresponding rule $H = 38.6624\text{m}$ and the RN quota which $H = 60.4254\text{m}$. The obtained profile is represented in graphical-numerical form and shows that the applied methodology was efficient for the determination and classification of the risk in this section, once the precision obtained in its stages was satisfactory. Thus, the defined risk zone agrees with the reality observed in flood events, and the ANA quotas linked to the GBS represent the topographical features in this section limited to affected areas.

Keywords: Geodesy, Altimetry, Brazilian Geodetic System, Risk Classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemática do Nivelamento Geométrico	17
Figura 2 – Superfícies geoidal, elipsoidal e seus relacionamentos.....	21
Figura 3 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	22
Figura 4 – Mapa de situação das cidades em estudo	26
Figura 5 – Disposições de estações RBMC e cidades de estudo.....	28
Figura 6 – Cotas máximas de leitura para a cidade de Itaqui vinculadas ao SGB	37
Figura 7 – Classificação de risco para as cotas de São Borja.....	37
Figura 8 – Classificação de risco para as cotas de Uruguaiana	38
Figura 9 – Perfil de nivelamento com intervalos de risco para São Borja	39
Figura 10 – Perfil de nivelamento com intervalos de risco para Uruguaiana.....	40
Figura 11 – Perfil de cotas máximas anuais para São Borja e sua classificação de risco	42
Figura 12 – Perfil de cotas máximas anuais para Uruguaiana e sua classificação de risco...	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados referentes ao nivelamento e contranivelamento	33
Tabela 2 – Dados altimétricos São Borja e Uruguaiana e suas respectivas fontes.....	34
Tabela 3 – Cotas do Rio e régua linimétrica vinculadas ao SGB.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional de Águas
APP – Área de Preservação Permanente
APA – Área de Preservação Ambiental
COBRADE – Codificação Brasileira de Desastres
CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DCN – Defesa Civil Nacional
DVB – *Datum* Vertical do Brasil
GLONASS - *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistem*
GNSS – Sistemas Globais de Navegação por Satélite
GPS – *Global Navigation Satellite System*
GRS 80 – *Global Reference System of 1980*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS – *International GNSS Service*
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITRS – *International Terrestrial Reference System*
MDE – Modelo Digital de Elevação
NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
NMN – Nível Médio dos Mares
NR Can – *Natural Resources of Canada*
PR – Plano de Referência
RAAP – Rede Altimétrica de Alta Precisão
RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RN – Referência de Nível
RRNN – Referências de Níveis
SCA – Sistema de Controle Ativo
SGB – Sistema Geodésico Brasileiro
SGR – Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – 2000
UTM – Universal Transversa de Mercator
WGS 84 – *World Geodetic System of 1984*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Topografia	16
2.2 Levantamento topográfico altimétrico	16
2.2.1 Nivelamento geométrico.....	16
2.2.2 Norma Brasileira de Regulamentação NBR – 13.133: Execução de Levantamento Topográfico	18
2.3 Sistema GNSS	18
2.3.1 Posicionamento relativo	18
2.3.2 Posicionamento por ponto preciso	19
2.4 Sistema Geodésico Brasileiro - SGB	19
2.5 Superfícies de referência	20
2.6 Conceitos para enchente e inundação.....	21
2.7 Critérios de classificação geral de risco.....	22
2.7.1 Grau de Perigo	22
2.7.2 Grau de Vulnerabilidade	23
2.7.3 Grau de Risco.....	24
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Obtenção de dados e campo de estudo	26
3.2 Rastreamento de pontos por GNSS	27
3.2.1 Pós - processamento de dados	27
3.3 Nivelamento e contranivelamento.....	28
3.4 Transporte de coordenadas de RRNN.....	29
3.5 Determinação da ondulação geoidal	30
3.6 Determinação da altitude ortométrica a partir dos dados combinados	30
3.7 Determinação de cotas de enchentes através das cotas de inundação	31
3.8 Determinação do perfil de cotas e caracterização do grau de risco.....	31

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1 Cálculo do Nivelamento e contranivelamento.....	33
4.2 Relação dos dados de coordenadas e altitudes obtidos	34
4.3 Cotas do Rio Vinculadas ao SGB	35
4.4 Cotas de séries históricas vinculadas ao SGB	36
4.5 Classificação de risco.....	37
4.6 Determinação do perfil com os intervalos de classificação do risco.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICES	47
ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

A fronteira oeste do Rio Grande do Sul, delimitada pela região hidrográfica do Rio Uruguai e pelos países Argentina e Uruguai, é composta por cidades naturalmente atingidas por cheias e inundações. Tais eventos trazem consigo diversos fatores de complicações socioeconômicos, compreendidos num cenário que submetem centenas de famílias atingidas, milhares de imóveis desocupados e uma agitação urbana, devido à inacessibilidade de ruas, lojas comerciais e uma concentração do fluxo de pessoas e automóveis. Reckziegel (2007, p.87) relaciona em seu trabalho mais de 70 eventos registrados entre 1980 e 2005 nos municípios que margeiam o rio Uruguai. Em 26 anos analisando os desastres, o autor dedica notável destaque às cidades de São Borja, Itaqui e Uruguaiana, que ranqueiam os acontecimentos de enchentes.

É neste cenário que as Ciências Geodésicas apresentam uma matriz de recursos e ferramentas desenvolvidas a partir das técnicas e métodos cientificamente consagrados para auxiliar a intervenção no espaço terrestre.

Dentre tais ferramentas, este trabalho apresenta um perfil de cotas de inundação, que pode ser entendido como uma representação matemática e gráfica - computacional da distribuição de um fenômeno espacial de evento qualquer que ocorre em uma determinada região da superfície terrestre, neste caso, enchentes e inundações.

Para a efetiva geração deste perfil e sua vinculação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é necessário que os recursos tecnológicos possibilitem uma integração de dados da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) do SGB composta pelo conjunto de Referências de Níveis (RRNN) que estão referenciadas ao *Datum* Vertical do Brasil (DVB), dados de modelos geoidais recentes e também de Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS). Esta tarefa relaciona áreas convergentes do conhecimento geodésico e topográfico.

O campo de estudo deste presente trabalho é composto pelas cidades acima citadas, localizadas na fronteira oeste do estado gaúcho. A escolha das cidades se deu pelo fato da possibilidade e aplicabilidade da pesquisa. Silva (2017, p.12, no prelo) permite observar em seu trabalho sobre a importância de dados georreferenciados ao SGB para o auxílio efetivo no planejamento urbano, sendo base para projetos de obras de infraestrutura, além de modelar numericamente a previsão de cheia para a malha urbana sujeita às inundações. A partir daí, decisões podem ser tomadas e estratégias podem ser definidas, considerando prioridades, recursos e instrumentos disponíveis. Gass (2015, p.1) também discorre sobre a urgente necessidade de planos de ações que minimizem os efeitos negativos das enchentes sobre a

população e suas atividades, considerando principalmente a realocação de grupos populacionais, investimentos em infraestrutura, apoio técnico e financeiro aos agricultores. Ainda segundo o autor, este planejamento, portanto, requer a estruturação de um diagnóstico que represente o real efeito sobre a região.

Os fatores consequentes de eventos como enchentes e inundações caracterizam-se como perturbadores agressivos, uma vez que podem assumir escalas desde uma desapropriação de um imóvel, até vítimas fatais. Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho é a geração de um perfil de cota de inundação para as respectivas cidades, através de métodos combinados pelas diversas áreas que integram as Ciências Geodésicas, bem como a classificação do grau de risco através de determinados critérios, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Defesa Civil Nacional, para as cotas de enchentes e inundações, baseada em valores de altitudes ortométricas vinculadas ao SGB.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Topografia

A Topografia sempre esteve diretamente relacionada aos fenômenos naturais e antrópicos, uma vez que desde o princípio, a superfície terrestre foi cenário para quaisquer umas destas ações. Antunes (1995, p.1) define a Topografia como uma disciplina da Geodésia que, na sua concepção clássica, tem como objetivo a representação da superfície terrestre, desprezando sua curvatura.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da Norma Brasileira de Regulamentação – NBR 13.133, por sua vez, define um levantamento topográfico nas seguintes palavras:

Conjunto de métodos e processos, através de ângulos horizontais e verticais, distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas (ABNT, 1994, p.3).

2.2 Levantamento topográfico altimétrico

O conceito deste levantamento, que pode ser também denominado nivelamento, é dado pela NBR 13.133 nas seguintes palavras:

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada (ABNT, 1994, p.3).

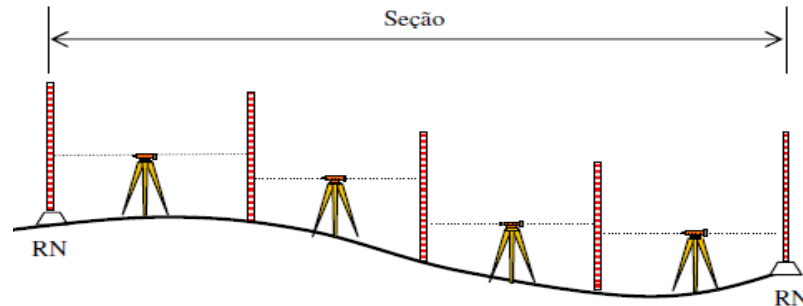
2.2.1 Nivelamento geométrico

A ABNT (1994, p.3) define o nivelamento geométrico, ou nivelamento direto, como aquele que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

O nivelamento executado neste trabalho é o do tipo composto, sendo o nível estacionado várias vezes no decorrer da seção nivelada, com distâncias próximas, onde o desnível entre os pontos será determinado a partir de vários lances, sendo o desnível final

calculado pela somatória dos desníveis de cada lance e pode ser compreendido pela observação da figura abaixo.

Figura 1 – Esquemática do nivelamento geométrico



Fonte: VEIGA; ZANETTI; FAGGION (2012, p. 204).

Para determinar a diferença de nível entre pontos de interesse, deve-se calcular o plano de referência local do aparelho através da Equação 1, adaptada por AMORIM (2016, p.12), à seguir.

$$PR = L_{ré} + cota_{ini} \quad (1)$$

Onde PR é o Plano de Referência, $L_{ré}$ é a leitura de ré, $cota_{ini}$ é a cota da referência de nível utilizada no projeto.

Para calcular uma cota, consideram-se as relações matemáticas abaixo.

$$COTA = PR - L_{vant} \quad (2)$$

Onde COTA é a cota calculada para o ponto observado, PR é o Plano de referência e L_{vant} é a leitura de vante observada.

A partir dos dados obtidos no contranivelamento, é possível obter o erro de fechamento altimétrico, dado pela Equação 3.

$$ERRO = \sum L_{ré} - \sum L_{vant} \quad (3)$$

Onde $L_{ré}$ é a leitura de ré e L_{vant} é a leitura de vante.

2.2.2 Norma Brasileira de Regulamentação NBR – 13.133: Execução de Levantamento Topográfico

A NBR 13.133 foi base não apenas para compor a fundamentação teórica, como também para a efetuação dos cálculos necessários no nivelamento, uma vez que ela prescreve as características dos levantamentos, distância para os lances, bem como equações e tolerância de fechamento que devem ser observados para o ajuste dos erros e sua distribuição. As equações utilizadas são apresentadas à seguir.

$$\text{TOLERÂNCIA DE FECHAMENTO} = 20 \text{ mm}\sqrt{K} \quad (4)$$

Onde K é a distância da seção de nivelamento em quilômetros.

A distribuição do erro se dá pela diferença de fechamento encontrado da altitude ortométrica final na tabela de cálculos e o valor oficial da RN, dividido pela distância da linha nivelada.

$$\text{TOLERÂNCIA PÓS – AJUSTAMENTO} = 10 \text{ mm}\sqrt{K} \quad (5)$$

2.3 Sistema GNSS

É um sistema de posicionamento por satélites artificiais que proporciona informações de tempo e posição tridimensional em qualquer instante e lugar do planeta (IBGE, 2008, p. 4). Este sistema engloba técnicas de levantamentos geodésicos, dispondo por sua vez, de diretrizes e especificações que norteiam as atividades de obtenção de dados e processamento dos mesmos.

2.3.1 Posicionamento relativo

Este tipo de posicionamento pode ser realizado com um ou mais receptores. No caso de apenas um receptor, deve-se acessar os dados de estações de um Sistema de Controle Ativo (SCA). No Brasil, este sistema é baseado no funcionamento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), cujas estações de referência são materializadas através de pinos de centragem forçada portando receptores capazes de rastrear satélites GLONASS e /ou GPS. Estes dados são armazenados continuamente por meio de operação automatizada, e suas coordenadas pertencentes ao SGB são utilizadas como referência para o posicionamento

relativo através de *softwares* específicos. Ao utilizar dois ou mais receptores, sendo um deles para a base, o posicionamento é classificado como relativo estático. Segundo Monico (2008, p. 333), tais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo de 20 minutos, no mínimo (estático rápido), até algumas horas.

2.3.2 Posicionamento por ponto preciso

Este tipo de posicionamento é classificado como estático e também conhecido como absoluto ou isolado. Nele, é utilizado apenas um receptor cujo referencial geodésico das coordenadas é o WGS 84, determinado a partir das efemérides transmitidas pelos satélites. Segundo o IBGE (2008, p.8) esta técnica de posicionamento requer a utilização da pseudodistância e fase das ondas portadoras L1 e L2. Isto possibilita a redução dos efeitos de primeira ordem da ionosfera. Os dados deste posicionamento podem ser pós-processados pelo *software* PPP - IBGE, cujos detalhes são apresentados na metodologia.

2.4 Sistema Geodésico Brasileiro - SGB

O SGB é o sistema composto pela rede altimétrica (referências de níveis), rede planimétrica (estação de satélite GPS e DOPPLER, estação de poligonal, vértice de triangulação) e pela rede gravimétrica (estação gravimétrica) do Brasil (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Em seu banco de dados, este sistema reúne informações de estações de referência, com os seus respectivos valores de coordenadas e dados auxiliares que o constitui. De acordo com o IBGE (2008), o sistema pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com fins de posicionamento.

A Referência de Nível (RN) pode ser definida como um ponto materializado no terreno e identificado por uma coordenada / altitude que é determinada a partir de um ponto origem do *datum* vertical, cujo ponto associado com o nível médio do mar determinado pelo marégrafo de Imbituba, Santa Catarina apresentado por VEIGA; ZANETTI; FAGGION (2012, p.188).

Um Sistema Geodésico de Referência (SGR), segundo o IBGE (2005, p.2) pode ser entendido como aquele composto por um elipsóide de revolução, para representar a superfície terrestre geometricamente, associando coordenadas a algumas características desta superfície

a fim de permitir a localização deste ponto da superfície em função de suas coordenadas tridimensionais, e materializado por uma rede de estações geodésicas. O SGR oficial para o Brasil é o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), desde 2005, baseado no Sistema Internacional de Referência Terrestre (ITRS). Segundo o IBGE (2005, p.3) o elipsoide de revolução adotado é o *Geodetic Reference System* de 1980 (GRS 80), cuja materialização se dá por meio das estações da Rede Geodésica Brasileira e o seu *datum* é semelhante ao do Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84).

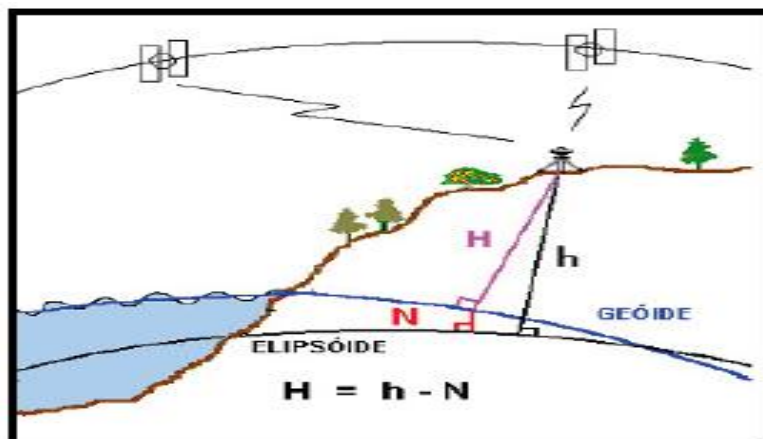
2.5 Superfícies de referência

Segundo Gemael (1999, p.24), as superfícies relacionadas às Ciências Geodésicas são: a) Superfície física ou topográfica, que compreende as irregularidades da superfície do terreno e é a superfície das operações geodésicas; b) Superfície geoidal, que é a superfície de nível do campo gravitacional terrestre, equipotencial, e que mais se aproxima do Nível Médio dos Mares (NMM); e c) Superfície Elipsoidal, sobre a qual são realizados os cálculos geodésicos, sendo esta adotada de modo a contornar a dificuldade de se tratar matematicamente as superfícies anteriormente citadas, e normalmente é representada por uma elipse de revolução.

A componente planimétrica de um ponto na superfície terrestre é representada pela latitude (φ) e longitude (λ), e a componente altimétrica é representada pela altitude. VEIGA; ZANETTI; FAGGION (2012, p.188) explica que as estações cujas coordenadas são determinadas com GNSS possuem a altitude referida à superfície do elipsoide, denominada de altitude elipsoidal ou altitude geométrica (h). Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no Brasil é o geóide, que, em uma primeira aproximação, é a superfície equipotencial que coincide com o nível médio dos mares não perturbados, segundo o IBGE (2008). A altitude referida ao geóide é denominada de altitude ortométrica (H). Em seu trabalho, Gemael (1999) descreve estas altitudes, demonstrando suas relações através da ondulação geoidal ou altura geoidal (N), que é a distância entre o geóide e o elipsóide medida sobre a normal que passa sobre a elipse, através da Equação (6). Neste trabalho, o cálculo de N será obtido pelo *software* MAPGEO 2015.

$$H \cong h - N \tag{6}$$

Figura 2 – Superfícies geoidal e elipsoidal e seus relacionamentos



Fonte: IBGE (2008, p. 20).

2.6 Conceitos para enchente e inundação

A DCN (2008, p.38), através do seu glossário define enchente ou cheia a partir da ideia de elevação temporária e móvel do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, causada por chuvas fortes. Considerando ainda o disposto pelo IPT (2007, p.90), que a define como a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga, pode-se relacionar que os motivos ocasionadores destes eventos podem compreender aqueles naturais e antrópicos.

Em relação ao termo inundação, o IPT (2007, p.91) descreve-o como o processo de extravasamento das águas deste mesmo canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio, enquanto a DCN (2008, p.40) acrescenta que os motivos destes desastres somam-se a acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas, cujo transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície, descrito assim na Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) da DCN. Assim, área de risco de enchente e inundação, segundo o IPT (2007, p.96) referem-se a terrenos marginais e cursos d'água ocupados por assentamentos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto de processos de enchentes e inundações.

Figura 3 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.



Fonte: ITP (2007, p. 92).

2.7 Critérios de classificação geral de risco

Em seu trabalho, Saueressig (2012, p.23) argumenta que os riscos podem ser classificados de várias formas sendo que esta classificação relaciona o risco com o evento desencadeador, isso em função da forte relação entre um evento adverso, o perigo, e os riscos desenvolvidos.

Para a classificação de riscos neste presente trabalho, consideram-se os critérios preconizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, referenciados em diversos trabalhos acadêmicos, especialmente em SAUERESSIG (2012, 101p.) e SILVA (2017, 143 p., no prelo) cujo campo de estudo foi a área urbana da cidade de Itaquí, sujeita ao risco de enchente e inundação.

2.7.1 Grau de Perigo

O termo ‘perigo’ (do inglês, *hazard*) é definido pelo IPT (2017, p.25) como condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável. Ainda, segundo a DCN (2008, p.15), o termo correspondente para perigo é ‘ameaça’, e pode ser definido nas seguintes palavras:

1. Risco imediato de desastre. Prenúncio ou indício de um evento desastroso. Evento adverso provocador de desastre, quando ainda potencial.
2. Estimativa da ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento (ou acidente) e da provável magnitude de sua manifestação (DCN, 2008, p.15).

O IPT (2017, p.25) classifica em Baixo Grau de Perigo áreas em situações de baixa ocorrência de eventos com uma determinada magnitude (inundações extraordinárias), e como Alto Grau de Perigo aquelas áreas atingidas por inundações recorrentes, ou seja, com maior frequência.

Considera-se como Baixo Grau de Perigo para as cidades em estudo, o fator de condição relacionado aos eventos extraordinários, ou seja, aqueles cuja magnitude da inundação é grande. Sua frequência é baixa e seu tempo é longo. Citam-se como exemplo, as inundações de 1983, 1990, 2005, 2014 e 2015, descritas em muitos trabalhos acadêmicos, como o que se consta em SAUERESSIG (2012, 101p.), RECKZIEGEL (2007, 112 p.), SILVA (2017, 143 p., no prelo) e OGASSAWARA (2015, 35p.). Para o Alto Grau de Perigo, considera-se uma maior recorrência das inundações, a partir das condições em que há um aumento no leito normal do rio, ou seja, eventos com maior frequência e menor tempo de retorno, cuja magnitude é ocasiona problemas e danos previsivelmente mensuráveis.

2.7.2 Grau de Vulnerabilidade

Em relação ao conceito de vulnerabilidade, a partir do disposto pelo IPT (2007, p.26), esta pode ser entendida como o termo que representa o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. Assim, a Defesa Civil dispõem do seguinte:

1. Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis. 2. Relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente. [...] Vulnerabilidade é o inverso da segurança (DCN, 20088, p.170).

Para a categorização da vulnerabilidade o IPT sugere que a avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando-se, basicamente duas tipologias construtivas:

a) alta vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira ou restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos; b) baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos (IPT, 2007, p. 108).

Entende-se como Alta Vulnerabilidade para estas cidades, o conjunto de fatores causado pelos eventos de enchentes e cheias, em que edificações e instalações estejam submetidas e que possam causar danos severos à propriedade e à pessoa humana. Esses danos compreendem perda de bens materiais, susceptibilidade à doenças e ferimentos, imobilidade urbana que conseqüentemente compromete a logística viária, circulação comercial normal e a execução de atividades rotineiras da população local e municipal.

Considerando a vulnerabilidade como a resposta a um evento ou acidente em termos de efeitos adversos e medidos pela intensidade dos danos prováveis, enquadram como submetidas à Baixa Vulnerabilidade as edificações e instalações em zona de risco que atendem tais requisitos: a partir de projetos anteriormente aprovado na Prefeitura; com material resistente aos efeitos adversos de um evento; não localizados em área de preservação permanente (APP); que se caracterizam como edifício, condomínio, instalações empresariais e industriais que disponham de plano de ação para desapropriação e controle de realocação de pessoal e material.

2.7.3 Grau de Risco

Segundo o IPT (20017, p.26) o risco pode ser definido como a relação entre a possibilidade de ocorrer um processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou conseqüências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Assim que, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. A Defesa Civil define 'risco' nas palavras abaixo, ampliando sua complexidade:

1. Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expresso em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das conseqüências previsíveis. 2. Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos. 3. Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais [...]. 5. Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos (DCN, 2008, p.147).

A determinação do grau de risco, por fim, se dá baseado na relação de causa e efeito. Neste contexto é a medida de danos resultante devido ao evento adverso. Para isso, utiliza-se da ideia de probabilidade de acontecimento somada a respectiva vulnerabilidade da zona de risco em estudo, seja para São Borja, Itaqui ou Uruguaiana. A determinação dos danos vai além dos valores de cotas máximas obtidas, e desta vez, utiliza-se das informações

disponíveis pelos órgãos competentes, sejam eles governamentais ou não, para o conhecimento das situações, perdas, números de famílias e pessoas desalojadas, prejuízo ao patrimônio. Classifica-se, portanto, como cota de Baixo Médio ou Alto Grau de Risco aquela cujo valor de altitude ortométrica vinculada ao SGB está compreendido no intervalo definido e representado em escala gráfico–numérica na subseção 4.5.

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção de dados e campo de estudo

A obtenção de dados utilizados neste trabalho foi feita através de dados físicos disponíveis pelos órgãos competentes, digitais e gráficos, através dos sites oficiais. Os dados das RRNN (plural para Referência de Nível) são disponibilizados pelo IBGE em seu banco de dados geodésicos, através do Relatório de Estação Geodésica. Para os valores de cotas de medição diária das réguas dos Rios, os dados foram obtidos pela plataforma HIDROWEB no site oficial da Agência Nacional de Águas (ANA). Nesta fase ainda, foram realizadas visitas ao campo para obtenção de informações prévias, objetivando uma melhor organização e planejamento das atividades.

A Figura 4 apresenta o mapa de situação das cidades em estudo, São Borja, Itaqui e Uruguaiana, respectivamente da direção norte á sul.

Figura 4 – Mapa de situação das cidades em estudo.



Fonte: Autor (2017).

A cidade de São Borja, cuja localização se dá em $28^{\circ} 40' 58''$ de latitude Sul e $55^{\circ} 58' 39''$ de longitude Oeste, possui segundo o último senso do IBGE, 61.671 habitantes e uma extensão territorial de 3.616,691 km². Em relação à Uruguaiana, sua localização se dá em $29^{\circ} 44' 58''$ de latitude Sul e $57^{\circ} 05' 18''$ de longitude Oeste, com uma população de 125.507 habitantes e uma área de 5.715,79 km²,

3.2 Rastreamento de pontos por GNSS

No posicionamento pelo método estático, foi selecionado estrategicamente um ponto P1 próximo a RN de Estação 9025C, base para a altimetria, em uma distância próxima de quatrocentos metros das margens Rio Uruguai, na cidade de Uruguaiana, cujos dados desta podem ser consultados no relatório de estação geodésica no Anexo B. O rastreamento foi executado utilizando receptor de sinal GNSS de dupla frequência (L1/L2) da marca ASHTECH, modelo ProMark 500, com tempo aproximado de 3 horas e 30 minutos. Em São Borja, foi realizado o rastreio da RN 1922M do IBGE, cujos dados podem ser consultados no Anexo A, pelo método relativo, por aproximadamente 3 horas e 30 minutos, para base do ajustamento de coordenadas. Ainda, foi rastreado a referência de nível PA 065, sob cuidados da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), com atribuições de Serviço Geológico do Brasil, cujos dados foram disponibilizados pelo órgão, e um terceiro ponto P2, para a configuração da linha de nivelamento. Neste posicionamento foram utilizados três receptores da mesma marca e modelo, sendo estacionados sobre a RN do IBGE, RN da ANA e sobre o P2.

A partir dos dados de rastreio é possível conhecer as coordenadas geodésicas (latitude e longitude) e a altura geométrica do ponto, sendo estas, referenciadas a um elipsóide de revolução, cujos parâmetros dependem do *datum* que é utilizado.

3.2.1 Pós - processamento de dados

Após a execução do rastreamento, os dados foram baixados e convertidos para o formato RINEX - *Receiver Independent Exchange Format*, utilizando o programa *RINEX Converter 4.2.5*. Este é o formato universal de intercâmbio de dados GNSS e esta conversão é necessária para que seja possível o pós-processamento de dados, tanto pelos *softwares* do IBGE, quanto no *GNSS SOLUTIONS®*.

O pós-processamento foi realizado utilizando dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do SGB, que é operada e mantida pelo IBGE. Esta é uma rede geodésica ativa que elimina a necessidade do usuário ocupar estações passivas do SGB em alguns casos, segundo Pereira et al. (2003). Os dados das estações de Alegrete, Santa Maria e Cerro Largo foram submetidos ao *software GNSS SOLUTIONS®*, bem como os dados dos pontos de interesse rastreados. A escolha destas estações se deu pelo fato de serem as mais próximas das cidades em estudo e, através delas, foi possível realizar o ajuste de

coordenadas destes pontos. A Figura 5 apresenta a disposição destas estações geodésicas em relação as cidades em estudo.

Figura 5 – Disposição de estações RBMC e cidades de estudo.



Fonte: Google Earth Pro (2017).

Para o ajuste de coordenadas do ponto P1, foram utilizados os dados das estações acima mencionadas. Em São Borja, foi realizado o ajuste de coordenadas da referência de nível base, e com estes dados já pós-processados, o ajuste da referência de nível da CPRM e do ponto P2.

3.3 Nivelamento e contranivelamento

Em Uruguaijana, o nivelamento e o seu contranivelamento foi executado entre a RN 9025C, instalada na entrada da Igreja Nossa Senhora do Carmo, na Rua General Vasco Alves, no bairro central da cidade. Este foi o ponto inicial, passando pelos pontos rastreados até a régua de leitura linimétrica, instalada às margens do Rio. Foi utilizado um nível óptico GEOMASTER, precisão 3mm/30m e alcance de 60m, composto por nível de bolha e dispositivos de calagem, que pode ser classificado como um equipamento que permitem definir com precisão um plano horizontal ortogonal à vertical definida pelo eixo principal do equipamento. O mesmo foi instalado sobre um tripé, e nivelado conforme procedimentos necessários.

Em São Borja, o perfil de nivelamento foi executado a adentrando a Rua João Verano de Moraes, à direita do seguimento que dá acesso as edificações da CORSAN (Companhia

Riograndense de Saneamento) onde estão instaladas as réguas linimétricas e a referência de nível da CPRM, no Bairro do Passo. O levantamento foi executado partindo desta referência de nível, passando pela régua linimétrica próxima às margens do Rio, seguindo até o ponto P2, com término na referência de nível acima citada, cujos dados foram corrigidos pela RN 9022M do IBGE, através do pós-processamento via *software*. Os Apêndices A e B representam os perfis de nivelamento realizado nas duas cidades.

Em Itaquí, o nivelamento, seguido do contranivelamento, e o transporte de coordenadas foi executado a partir da RN 1931A da Praça Marechal Deodoro da Fonseca, seguindo pela Avenida Independência até as réguas instaladas nas edificações da Receita Federal do Brasil, próxima ao cais do porto, na área central da cidade. O Anexo C apresenta o trajeto sobre a imagem de satélite deste perfil.

Para a determinação das diferenças de nível, foi utilizada uma mira convencional posicionada sobre os pontos de interesse, que se quer conhecer o desnível, sendo lidos quatro algarismos, correspondendo aos valores do metro, decímetro, centímetro e milímetro, sendo que este último é obtido por uma estimativa e os demais por leitura direta dos valores indicados na mira. Para o nivelamento, ou verticalização desta mira, utilizou-se um nível de cantoneira. Assim, foi feita a leitura do fio nivelador (fio médio) e dos fios estadimétricos (superior e inferior). Os dados obtidos foram anotados e calculados, posteriormente, em uma caderneta de campo, criada no *software Excel® 2007*, através das equações citadas pela ABNT (1994, p.17) para este tipo de nivelamento. Esta caderneta é apresentada nos resultados e discussões.

3.4 Transporte de coordenadas de RRNN

O transporte de coordenadas foi realizado em ambas as cidades. Em Uruguaiana / RS, a altitude da RN 9025C foi transportada por meio do nivelamento e contranivelamento, sendo possível conhecer a altitude ortométrica do ponto P1 rastreado, além de conhecer a altitude de fechamento da RN para o cálculo do erro. Já na cidade de São Borja, foi realizado o transporte da referência de nível PA 065 até o ponto P2, observando os procedimentos necessários para a obtenção da altitude de fechamento, para o cálculo do erro.

3.5 Determinação da ondulação geoidal

As ondulações geoidais (N) para os pontos rastreados e para as RRNN foram determinadas pelo MAPGEO2015 – Versão 1.0. Este programa é um software disponibilizado gratuitamente pelo IBGE, que fornece o valor de N de um ponto de interesse, a partir da inserção de dados de latitude e longitude (neste caso, em graus, minutos e segundos) deste ponto.

3.6 Determinação da altitude ortométrica a partir dos dados combinados

A obtenção da altitude ortométrica de um ponto de interesse (H_i), utilizando o valor da ondulação geoidal (N) gerado pelo MAPGEO 2015 e os dados para altitudes geométricas (h), é efetuada através do método relativo, e é expressa por (FEATHERSTONE et al., 1998; OLLIKAINEN, 1998; SANTOS et al., 2011) nas seguintes equações:

$$H_i = H_A + \Delta H_i = H_A + (\Delta h_i - \Delta N_i) \quad (7)$$

$$\Delta h_i = h_i - h_A \quad (8)$$

$$\Delta N_i = N_i - N_A \quad (9)$$

Onde: H_A é altitude ortométrica da RN de base, vinculado ao *Datum* de Imbituba; Δh_i é a diferença entre a altitude geométrica obtida pelo GPS/GNSS da base e pelo ponto de interesse; e ΔN_i é a diferença da ondulação geoidal da base e no ponto de interesse.

Esta equação basicamente efetua a correção das altitudes ortométricas, relacionando os dados obtidos no posicionamento, em função da altitude ortométrica do ponto base (dados do IBGE). Os dados e equações desta seção foram digitalizados e calculados no *Software Excel®* 2007. Na tabela 2 esta equação é denominada equação combinada, pois pelo método relativo, ela relaciona dados de altitude geométrica e ondulação geoidal dos pontos em estudos.

As cotas obtidas pelo nivelamento geométrico e pela combinação dos dados configuram o perfil de cotas que se busca estudar, sendo base para análises de áreas passíveis de inundação.

3.7 Determinação de cotas de enchentes através das cotas de inundação

A determinação das áreas de cheias no perfil é efetuada pelo vínculo das observações de leituras do nível do Rio em relação á referência de nível adotada para cada cidade. A obtenção da cota do nível do Rio, vinculada ao SGB, é obtida pela equação abaixo:

$$COTA_{\text{Rio}} = COTA_{\text{RN}} + DN - h_{\text{lin}} + L_{\text{est}} \quad (10)$$

Onde $COTA_{\text{RN}}$ é a cota da RN de base, cujos dados estão vinculados ao IBGE, DN é a diferença de nível entre a RN e a régua linimétrica, h_{lin} é a altura ou leitura obtida na régua linimétrica e L_{est} é a leitura obtida na régua estadimétrica.

Figura 6 – Representação da cota do Rio vinculada ao SGB.

Para a obtenção da cota zero da régua linimétrica vinculada ao SGB, a relação é dada pela equação (11):

$$COTA_{\text{Zero Régua}} = COTA_{\text{Régua}} - h_{\text{lin}} + L_{\text{est}} \quad (11)$$

Os dados e equações desta seção foram digitalizados e calculados no *Software Excel®* 2007, possibilitando assim, o cálculo e vinculação de todas as leituras máximas efetuadas na régua.

3.8 Determinação do perfil de cotas e caracterização do grau de risco

O perfil de cotas configura a representação gráfica de uma amostra representativa de altitudes ortométricas de pontos nivelados, obtidas na planilha de cálculo, somadas ás cotas máximas de leituras efetuadas entre os anos de 1940 e 2017 para as cidades em estudo. Contudo, estas leituras foram submetidas á análise, além do estudo das áreas atingidas pelas enchentes e inundações, conforme registros da Defesa Civil e trabalhos publicados referentes ao assunto. Após esta análise, seguiu-se e aplicação dos critérios de classificação de grau de risco para as cidades de São Borja e Uruguaiana segundo o ITP, determinando assim as cotas já vinculadas ao SGB correspondentes á cada grau de risco.

A classificação de risco, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, bem como as considerações da Defesa Civil Nacional, baseia-se nos conceitos e condicionantes abordados na subseção 2.7. Baseado no que preconiza o IPT, o presente trabalho relaciona e discute a

partir das tabelas da subseção 4.5, as condições para a caracterização do risco, em função do grau do perigo e vulnerabilidade.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Cálculo do Nivelamento e contranivelamento

São apresentados na tabela abaixo, em síntese, os valores obtidos na planilha de cálculo do nivelamento e contranivelamento para as respectivas cidades em estudo, bem como os valores obtidos para a tolerância do erro de fechamento.

Tabela 1 – Dados referentes ao nivelamento e contranivelamento.

Cidade em Estudo	Cota Oficial(m)	Cota Nivelamento(m)	Erro Fechamento(m)	Distância Nivelada(m)	Erro Ajustamento(m)
São Borja	57,3300	57,3490	0,0190	558,1000	0,0340 < 7,4700
Itaqui	58,4215	58,4285	0,0070	488,1000	0,0143 < 6,9841
Uruguaiana	60,4254	60,4974	0,0720	401,9000	0,1791 < 6,3395

Considera-se como cota oficial aquela obtida no banco de dados do IBGE, utilizada como base para o cálculo na planilha de nivelamento; como cota nivelada aquela obtida pelo transporte de coordenadas no nivelamento e contranivelamento. Para a distância nivelada, considera-se a distância de nivelamento em direção ao Rio, utilizada ainda, para a distribuição do erro. O erro de fechamento é aquele obtido pela diferença do valor de altitude ortométrica da RN oficial pelo valor de altitude ortométrica encontrada no cálculo em planilha, e erro de ajustamento é aquele obtido após a distribuição do erro de fechamento pela distância nivelada ($\text{Erro Fechamento} / \text{Distância Nivelada}$, em metros). Na coluna de Erro Ajustamento, os valores relacionados no lado esquerdo desta, referem-se ao erro de ajustamento encontrado e aqueles do lado direito são os valores tolerados pela NBR – 13.133. Todos os erros de ajustamento foram inferiores aos limites exigidos pela norma.

Como se pode observar por análise dos resultados do erro de ajustamento, os valores mostraram se dentro dos limites esperado. Porém deve-se destacar que para a cidade de Uruguaiana, o erro de fechamento foi maior que para as demais. Isto se pode ser explicado devido ao fato das observações terem sofridos erros grosseiros, causados pelo operador ao efetuar a leitura dos fios, ou ao anotar os valores obtidos em caderneta de campo. Estes erros ainda podem ter sido causados por problemas no instrumento de medição, uma vez que o nível utilizado ainda não passou pelo processo de aferição e calibragem, além do que não foi utilizado a sapata como suporte para a régua estadimétrica, o que garante a posição mais exata

sobre o ponto que se quer medir. Ao se dispor de equipamentos devidamente calibrados e aferidos, além da observância dos cuidados requeridos para execução do nivelamento, a precisão dos resultados pode ser melhor.

4.2 Relação dos dados de coordenadas e altitudes obtidos

Sabe-se que a análise de dados é parte fundamentalmente importante para que se chegue aos resultados esperados. Assim, o Apêndice C apresenta os valores das coordenadas planimétricas geodésicas e UTM obtidos e suas respectivas fontes. A principal importância destas coordenadas se dá ao fato da necessidade de inserção destas para a obtenção da ondulação geoidal no MAPGEO 2015.

Os dados da RN 9025C e do ponto rastreado P1 são referentes à cidade de Uruguaiana, e os dados da RN 1922M, PA 065 e P2, à São Borja. Para os devidos fins, serão considerados os valores obtidos pelo pós-processamento no PPP-IBGE, enquanto aqueles obtidos pelo *software GNSS SOLUTIONS®* configuram dados para comparação.

Os dados relativos às RRNN são aqueles informados no Relatório de Estação Geodésica do IBGE. As informações de coordenadas geodésicas, bem como as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) estão relacionadas com o SIRGAS 2000, através do Ajustamento Planimétrico e são obtidas com receptores de navegação, bem como da leitura de Cartas Topográficas na escala de 1:500000. As informações de pós-processamento PPP-IBGE são disponibilizadas pelo Relatório de Posicionamento Por Ponto Preciso (PPP), cujas órbitas de satélites são obtidas pelo *International GNSS Service (IGS)* ou do *Natural Resources of Canada (NRCan)*. A diferença dos valores em alguns dados deve-se à precisão das observações e dos métodos utilizados, citados neste parágrafo. A Tabela 2 apresenta os dados altimétricos, bem como suas respectivas fontes.

Tabela 2 – Dados altimétricos São Borja e Uruguaiana e suas respectivas fontes.

PONTO	FONTE	MÉTODO	h (m)	H (m)	N (m)
RN 9025C	SOLUTIONS / IBGE / MAPGEO	RBMC / Relatório	74,4754	60,4254	14,05
	Nivelamento	Geométrico		60,4974	
P1 RASTR.	SOLUTIONS / Nivelamento / MAPGEO	RBMC / Geométrico	72,6780	58,5764	14,05
	IBGE	PPP - IBGE	72,6500	58,6000	
	Cálculo	Equação Combinada		58,6280	

RN 1922M	SOLUTIONS / IBGE / MAPGEO	RBMC / Relatório	105,0130	93,4946	11,23
	IBGE	PPP – IBGE	105,0500	93,8200	
PA 065	SOLUTIONS / CPRM / MAPGEO	RBMC / RBMC	68,8470	57,3300	11,29
	IBGE	PPP – IBGE	68,6000	57,3100	
	Nivelamento	Geométrico		57,3490	
	Cálculo	Equação Combinada		57,3886	
P2 RASTR.	SOLUTIONS / Nivelamento / MAPGEO	RBMC / Geométrico	78,1900	66,8000	11,29
	IBGE	PPP – IBGE	78,0700	66,7800	
	Cálculo	Equação Combinada		66,7316	

A partir de uma análise das informações nela contidas, é possível observar a proximidade entre os valores encontrados para a altitude ortométrica obtida pelo nivelamento e contranivelamento geométrico e pela equação combinada do método relativo. Para P1, tem-se que $\Delta H = 0,0516$ m; em PA 065, $\Delta H = 0,0396$ m; e em P2, $\Delta H = 0,0684$ m. Deve-se lembrar de que a equação combinada do método relativo, expressa pela Equação (7), é o meio pelo qual as altitudes obtidas no nivelamento, e conseqüentemente a leitura das réguas, serão vinculadas ao SGB, por isso esta confiabilidade de valores se torna necessária.

4.3 Cotas do Rio Vinculadas ao SGB

A vinculação das cotas do Rio Uruguai, pelas réguas linimétricas ao SGB, com transporte de altitude de uma RN, torna-se importante, devido a necessidade das altitudes terem uma referência única, sendo possível compatibilizar os levantamentos que podem ocorrer em diferentes épocas e em diferentes locais.

A Tabela 3 apresenta os dados de leituras de réguas e as cotas vinculadas ao SGB para as cidades em estudo.

Tabela 3 – Cotas do Rio e régua linimétrica vinculadas ao SGB.

Cidade	Cota Ofic. (m)	h Linim. (m)	Lr Estad. (m)	DN RN – Lin. (m)	Cota Zero Régua(m)	Cota Zero Rio (m)
São Borja	57,3300	11,1490	2,1590	- 0,9930	47,3470	47,3470
Itaqui	58,4215	11,1060	1,9400	- 6,6320	42,6235	42,6235

Uruguaiana	60,4254	12,6540	3,2120	- 12,3210	38,6624	38,6624
-------------------	---------	---------	--------	-----------	---------	---------

Considera-se como cota oficial, o valor de altitude ortométrica da RN obtida no relatório de estação geodésica do IBGE, da RN usada como base neste trabalho (Cota Ofic.); h é a altura ou leitura obtida na régua linimétrica (h Linim.); Lr é a leitura obtida na régua estadimétrica (Lr. Estad.) e DN é a diferença de nível entre a RN base e a régua linimétrica, instalada às margens do Rio. Os valores de altitude ortométrica para a cota zero do Rio e das réguas linimétricas são calculados pelas Equações (10) e (11), respectivamente, utilizando os demais valores apresentados nesta tabela.

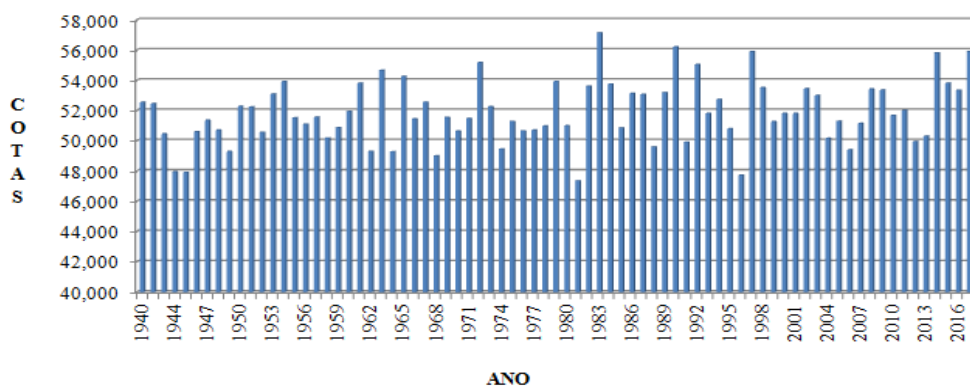
4.4 Cotas de séries históricas vinculadas ao SGB

Os dados de séries históricas do nível do Rio, a partir da leitura da régua linimétrica, ou seja, leitura de nível efetuada nas réguas instaladas às margens do Rio, utilizados neste trabalho, são aqueles disponibilizados no banco de dados da ANA, através do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde constam informações de data da efetuação da leitura, condições de leitura, bem como os valores máximos e mínimos lidos nesta determinada data. A vinculação destas cotas máximas de leituras ao SGB é dada através da Equação (12) onde cada cota de leitura é somada á cota zero do Rio (ou da régua linimétrica), que por sua vez está relacionada com o valor de altitude ortométrica da RN de base, do IBGE.

A representação de todas as cotas máximas obtidas e sua correspondente altitude ortométrica é dada nas Figuras 11 e 12, para São Borja e Uruguaiana, respectivamente, e podem ser consultadas nas páginas 41 e 42.

Para a cidade de Itaqui, os dados de cotas vinculados são apresentados por SILVA (2017, 144 p., no prelo) e podem ser analisados no gráfico abaixo.

Figura 6 – Cotas máximas anuais de leitura para a cidade de Itaquí vinculadas ao SGB.



Fonte: Adaptado de SILVA (2017, 143 p, no prelo.).

Como se pode perceber, o maior valor corresponde à enchente de 1983, cuja altitude ortométrica $H = 57,144$ m, seguido pelo ano de 1990, cuja cota atingiu $H = 56,2235$ m. Vale destacar também, as cotas obtidas para os anos de 2017 e 2014, cujos eventos de atingiram magnitude alarmante, ocasionando o desalojamento de centenas de famílias, somado aos grandes danos socioeconômicos. As altitudes para os anos citados correspondem, respectivamente, $H = 55,915$ m e $H = 55,8235$.

4.5 Classificação de risco

Em termos práticos e a partir da análise dos dados e fatos para as três cidades, cuja discriminação é dada nas seções 2.7 e 3.7, o Grau de Risco é a resultante das condições demonstradas abaixo:

Figura 7 – Classificação de risco para as cotas de São Borja.

BAIXO PERIGO	BAIXA VULNERABILIDADE (A. P. C.) (M. P. C)	BAIXO RISCO
ALTO PERIGO	BAIXA VULNERABILIDADE (A. P. C.) (M. P. C)	MÉDIO RISCO
	ALTA VULNERABILIDADE (M. P. C) (B. P. C)	ALTO RISCO

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 7 apresenta a classificação de risco obtida para o perfil de São Borja. A caracterização do Baixo Risco resultou da análise da região da zona de risco, considerando que os tipos de construções e instalações neste local são de baixa vulnerabilidade. Nesta parte

da malha urbana estão as construções mais antigas, inclusive patrimônios históricos, instalações do Exército Brasileiro, áreas públicas de desporto e lazer e grandes edifícios, assumindo Alto Padrão Construtivo (A.P.C) e Médio Padrão Construtivo (M. P. C). Além disso, sabe-se que os eventos que atingiram esta área, como a grande enchente de 1983, foram aqueles de grande magnitude, cuja ocorrência é caracterizada como extraordinária, como é descrito por SAUERESSIG (2012, p.79) e por RIGHI; ROBAINA (2010, p.13).

Para a caracterização do Médio Risco, considerou-se a existência de edificações de Alto e Médio Porte Construtivo (M.P.C), como exemplo, as instalações do Campus da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e da Inspeção da Receita Federal.

As condições principais para a classificação do Alto Risco foram o Baixo Padrão Construtivo (B.P.C), cujas edificações apresentam características de precariedade, parte das casas é construída com madeiras e até mesmo material reciclável, além de ser notável a existência de inúmeras casas volantes, que são construções passíveis de remoção em caso de eventos adversos. Nesta região, a ocorrência constante destes eventos, submergem lugares como o Cais do Porto e inúmeras construções comerciais e edifícios de moradia. A consulta ao zoneamento proposto pelo Plano Diretor Municipal e ao Apêndice A, permite visualizar a grande incidência de edificações em APP's, e Área de Preservação Ambiental (APA's).

Figura 8 – Classificação de risco para as cotas máximas de Uruguiana.

BAIXO PERIGO	BAIXA VULNERABILIDADE (A. P. C.) (M. P. C)	BAIXO RISCO
ALTO PERIGO	BAIXA VULNERABILIDADE (A. P. C.) (M. P. C)	MÉDIO RISCO ALTO RISCO

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Em Uruguiana, a caracterização de Baixa Vulnerabilidade se deu pela existência de edificações bem estruturadas, condomínios e edifícios na zona de risco, inclusive em APP's.

É possível notar a expansão urbana através de novas construções nas margens do Rio Uruguai, nesta extensão central. Diferentemente de São Borja e Itaquí, a cidade apresenta diferenças de níveis notavelmente onduladas (aclives e declives topográficos), sendo que na altura da RN, mesmo que próximo à região ribeirinha, a edificação da Igreja Nossa Senhora do Carmo, por exemplo, não é atingida por inundações de Médio Risco. Ainda, a região urbana denominada 'cidade consolidada' somada aos chamados 'vazios urbanos' no Plano

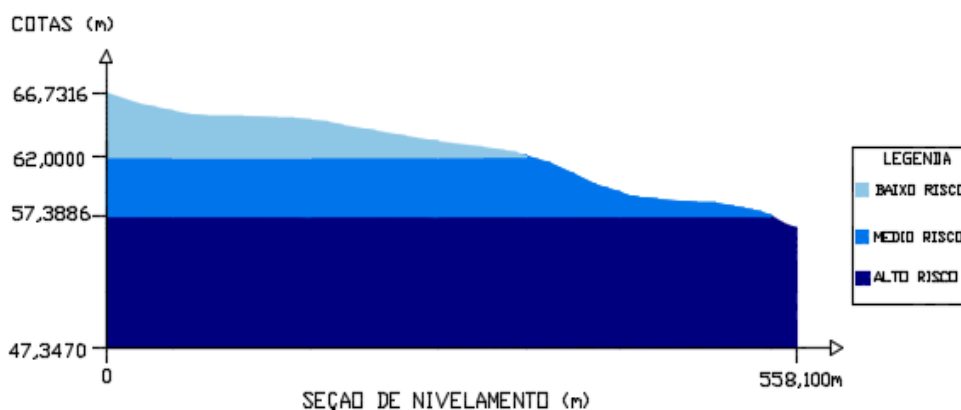
Diretor Municipal, cujos detalhes podem ser obtidos pela análise do mapa urbano proposto pelo Plano Diretor Municipal, mostram áreas em condições de Alto e Médio Padrão Construtivo, constituindo assim uma região de Baixo Risco. Vale ressaltar, porém, que as cotas classificadas em Alto Risco, apesar de a região apresentar tais padrões, compõem a maior parte perfil.

Para a cidade de Itaquí, os resultados contendo as delimitações e classificação de área de Alto e Baixo Risco são apresentados por SAUERESSIG (2012, 101p.). Os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) gerados pela autora apresentam as áreas de inundação limitadas pela cota de 11,00 metros, a partir da análise dos eventos entre 1980 e 2010, resultando em 53,6235 metros em altitude ortométrica vinculada ao SGB, correspondente à área de Alto Risco e a área de inundação delimitada cota máxima de 14,52 metros, referente à enchente de 1983, cuja altitude ortométrica vinculada é 57,1435 metros, caracterizando a área de Baixo Risco. O Anexo D contem o MDE gerado por SAUERESSIG (2012, p.91) e apresenta o zoneamento para o Alto e baixo Risco, além da área que não possui registro de cotas de inundação, destacada em cor vermelha.

4.6 Determinação do perfil com os intervalos de classificação do risco

Os gráficos representados pelas Figuras 9 e 10 representam o perfil de cotas do nivelamento e a sua classificação, organizada em cores e intervalo de valores. Os limites dos intervalos foram determinados a partir da análise e aplicação dos critérios qualitativos do IPT, anteriormente apresentados e discutidos, obtenção de distância na tabela de nivelamento para alguns pontos definidos e pela análise das cotas obtidas na ANA.

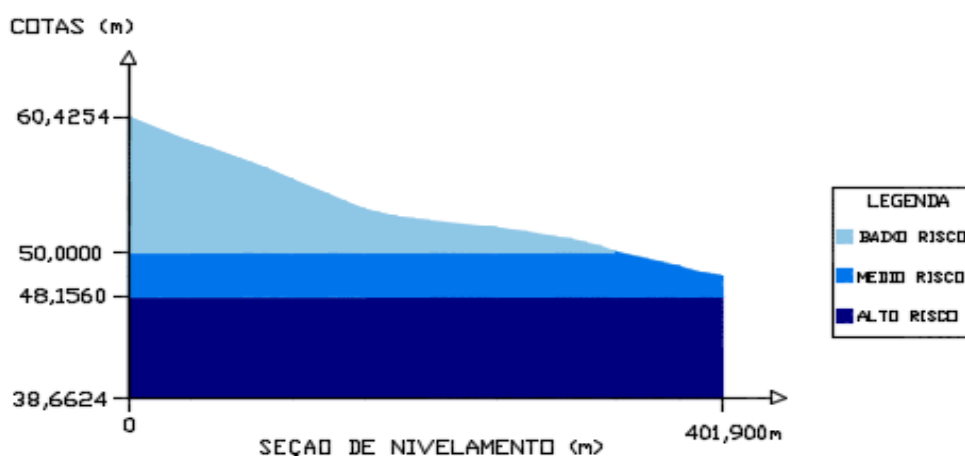
Figura 9 – Perfil de nivelamento com intervalos de risco para São Borja.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 9 contém a classificação para a cidade de São Borja cuja seção de nivelamento foi 558,1 m. As cotas de Baixo Risco compõem o intervalo delimitado por $H = 66,7316$ m (obtida no P2) e $H = 62,00$ m. Neste intervalo, está contida $H = 63,00$ m, que define a zona de risco para a cidade, baseada nos dados da grande enchente de 1983. Segundo o Plano Diretor (2011, p.25) é vedada a construção de edificações a margem do Rio Uruguai, na área situada abaixo da cota máxima de enchente de 63 m, excetuando as construções especiais de interesse público, ouvido o Conselho Superior do Plano Diretor. Vinculada ao SGB, a cota de leitura 16,56 m em 1983 corresponde a $H = 63,907$ m. O intervalo para os valores de Médio Risco compreende às cotas cuja tendência de valores ocorre em áreas de Baixa Vulnerabilidade. Por sua vez, o limite inferior para o intervalo de Alto Risco comporta o valor obtido na Equação (10).

Figura 10 – Perfil de nivelamento com intervalos de risco para Uruguaiana.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Em Uruguaiana, a definição de limites na determinação do perfil se deu de igual modo. O valor máximo é dado pela RN 9025C, cuja altitude ortométrica é obtida em relatório de estação geodésica. Neste intervalo de valores para Baixo Risco, está contida a $H = 63,00$ m, conhecida nos anais da Prefeitura como 'COTA 63', cujo Plano Diretor (2014, p.32) classifica como zonas de risco à expansão urbana as áreas de contenção, localizadas abaixo da curva de nível 53 m. A Prefeitura adverte ainda que estes locais não poderão ser ocupados por terem condições ambientais inadequadas. O valor mínimo no perfil cuja $H = 38,6624$ m, corresponde ao valor zero da régua linimétrica, obtida pela Equação (10).

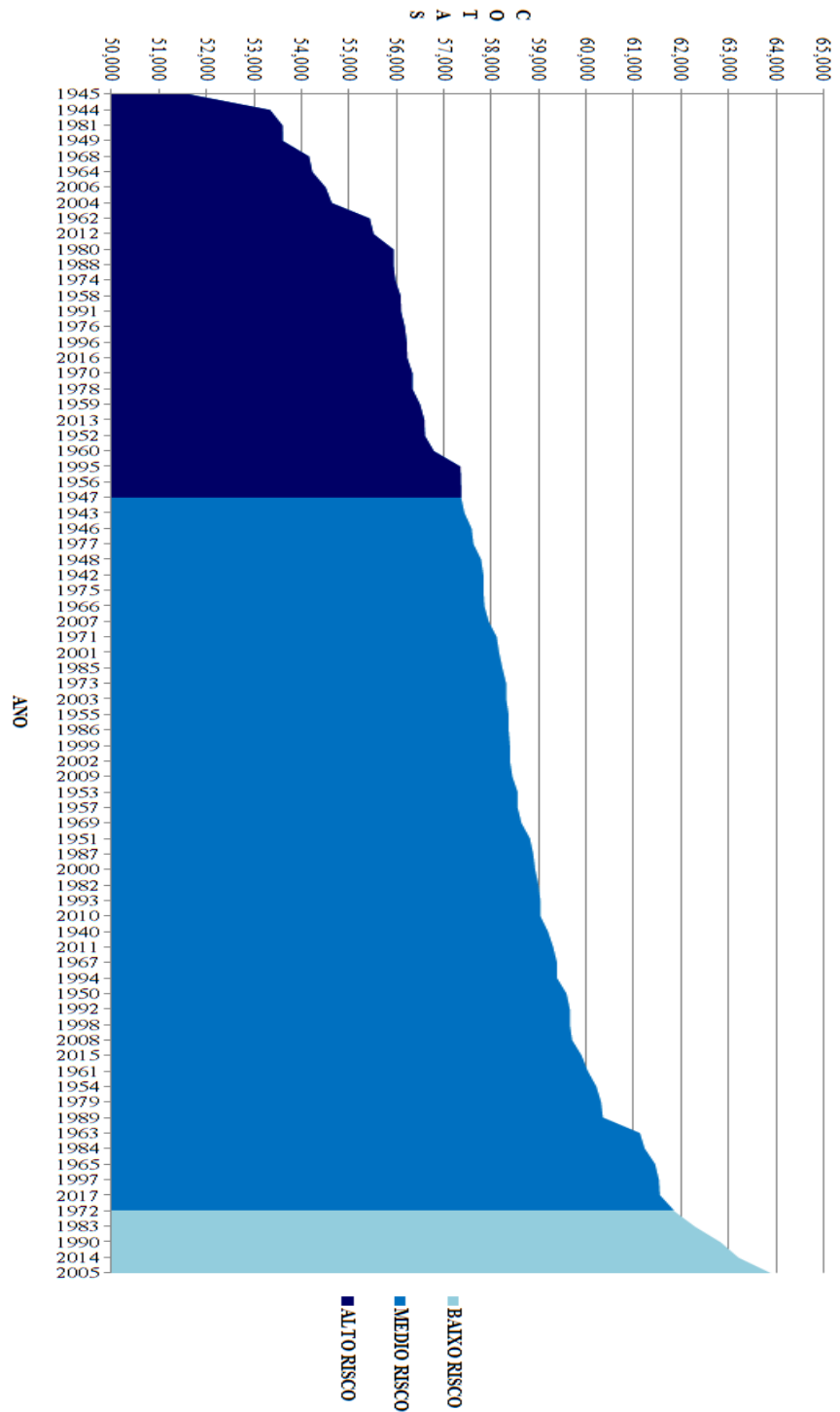
As Figuras 11 e 12 representam graficamente as cotas de leituras máximas que correspondem à altitude ortométrica, vinculadas ao SGB para São Borja e Uruguaiana,

respectivamente. Neles estão relacionadas cotas de leitura referente a cada ano, para os anos de 1940 á 2017. Os gráficos contidos nestas figuras relacionam a cota máxima de leitura e o seu ano de efetuação, dentro da sua respectiva classificação de risco.

As máximas para a cidade de São Borja variam de 51,647 m, com leitura linimétrica de 4,30 m em setembro de 1945 á 63,907 m em junho de 2005, cuja leitura foi de 16,560 m. Em Uruguaiana, as máximas variam de 43,0424 m, com leitura efetuada em julho de 1949, cujo valor é de 4,38 m á 52,2424 m, com leitura linimétrica de 13,58 m, em julho de 1983, ocasião em que ocorreu a maior enchente da história da fronteira oeste do estado gaúcho.

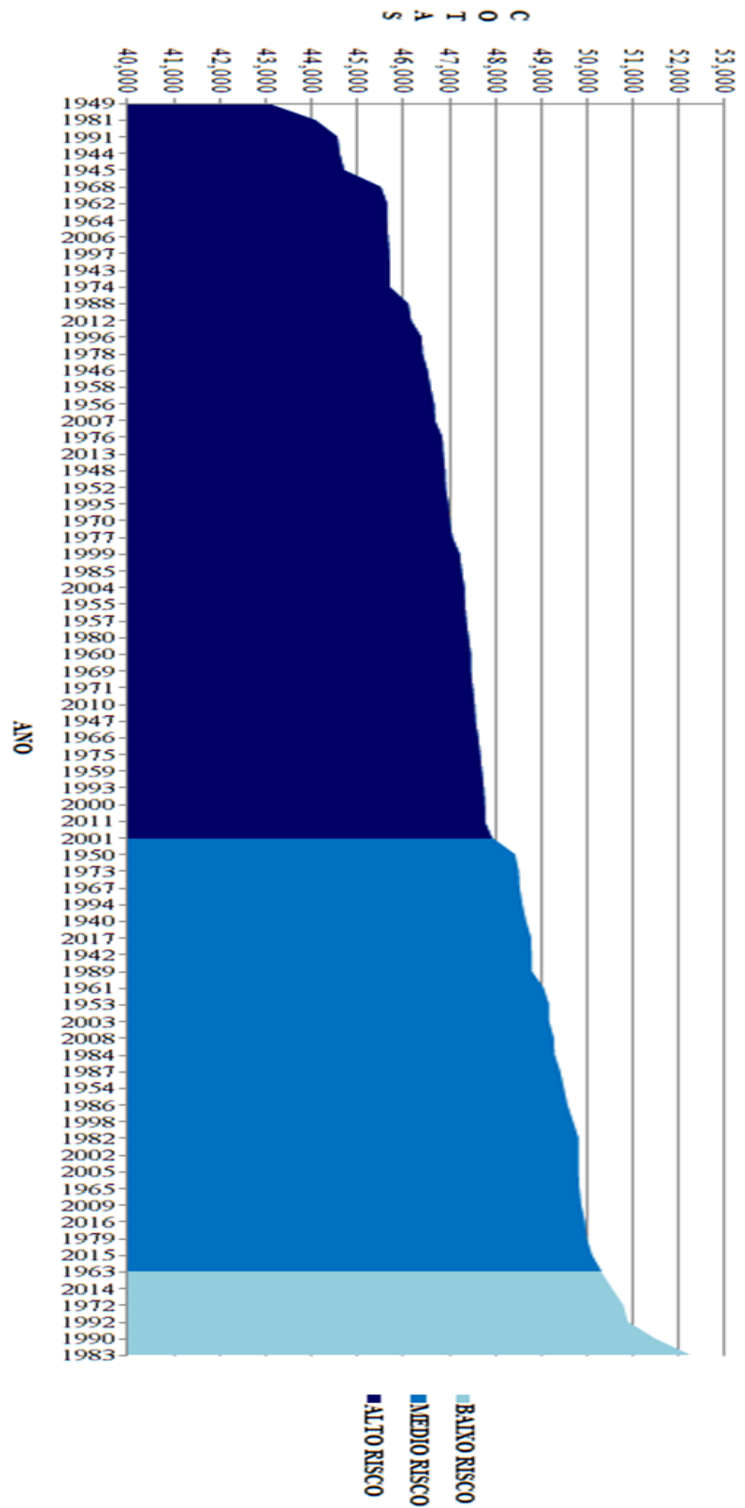
A gradação das cores nos gráficos representa as classes para o respectivo grau de risco, como já descritos anteriormente, á saber, Baixo, Médio e Alto.

Figura 11 – Perfil de cotas máximas anuais para São Borja e sua classificação de risco.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 12 – Perfil de cotas máximas anuais para Uruguaiiana e sua classificação de risco.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do delineamento deste trabalho, é possível observar que: os resultados obtidos são satisfatórios e, principalmente, atendem as diretrizes estabelecidas e exigidas para a obtenção e pós – processamento de dados de rastreamento GNSS, sendo que estes dados obtidos são compatíveis com aqueles que já disponíveis pelos órgãos competentes; os valores de tolerância para o fechamento do erro estabelecido em um nivelamento e contranivelamento de precisão, segundo normas consagradas, foram alcançados; os dados obtidos em documentos oficiais, como exemplo nos Planos Diretores, para cotas máximas que definem zonas de risco, estão em conformidade com o perfil gerado, assumindo devidamente seu lugar no intervalo que define os limites de Baixo, Médio e Alto Risco; e que os critérios de classificação para o risco possui grande aplicabilidade para a região da seção de nivelamento que compõe o perfil, uma vez que as diferenças dos padrões construtivos e dos fatores sócio – econômicos fomentam a relação entre o que é preconizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Defesa Civil e pela realidade do local.

O perfil obtido e representado de forma gráfico – numérica para as cidades apresentam, através do comportamento dos dados, o resultado que se esperava. A precisão obtida na execução da metodologia permite afirmar que as cotas da ANA vinculadas ao SGB e sua respectiva altitude ortométrica correspondem e representam as feições topográficas para a distância limitada por este perfil, sendo possível determinar a zona de risco de enchente e inundação. A classificação dos riscos, ainda, assume sua importância como um instrumento de auxílio para tomadas de decisões em plano de ações socioeconômicas, tendo em vista a confiabilidade dos resultados obtidos e sua conexão com o banco de dados do IBGE. Assim, o delineamento do trabalho poderá contribuir de forma a fornecer ao poder público, bem como entidades acadêmicas, um perfil de cotas que possa ser utilizado para o planejamento urbano, sendo parte da fundamentação científica para futuros planos de ações em eventos adversos auxiliando na elaboração de estratégias e mecanismos de controle, minimização e eliminação dos riscos; e ainda, servir como base para futuros trabalhos acadêmicos.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a abordagem do fator de risco em função do tempo, na qual se poderá modelar um possível período de retorno de um fenômeno extremo; adotar uma extensão maior para a seção do nivelamento e contranivelamento, bem como o rastreamento de uma malha maior de pontos, o que permitirá uma análise mais intensa de dados e a classificação de risco para um perfil maior.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Natália Carvalho de; GALAFASSI, Cristiano. **Desenvolvimento de Software Livre para Processamento de Dados Topográficos – TOPOFREE**. Itaquí: Universidade Federal do Pampa, 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. **HIDROWEB - Sistemas de Informações Hidrológicas**, Brasília - DF, 2006. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>. Acesso em: 10 set. de 2017.

ANTUNES, Carlos; **Levantamentos Topográficos: Apontamentos de Topografia**. Universidade de Lisboa, 1995.

ABNT. Associação brasileira de norma técnicas. **NBR 13133: execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.

DFN. Defesa Civil Nacional. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastre**. Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil. Brasília – DF, 2ª edição, 2008. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>. Acesso em: 17 de set.2017.

FEATHERSTONE, W. E.; DENTITH, M. C.; KIRBY, J. F. **Strategies for the accurated determination of orthometric heights from GPS**. *Survey Review*, v. 34, p. 278-295, 1998.

GASS, S. L. B. **Enchente na fronteira oeste do Rio Grande do Sul em dezembro de 2015: subsídios para uma agenda de pesquisa aplicada**. *Revista Franco – Brasileira de Geografia*, nº 25, 2015. Disponível em: <http://confins.revues.org/10638>. Acesso em: 15 de no. 2017.

GEMAEEL, C. **Introdução à geodésia física**. Curitiba: Editora da UFPR, v. 304, 1999.

GOOGLE. Google Earth Pro. 7.1.1. Disponível em: <https://google-earth-pro.br.uptodown.com/windows> . Acesso em: 10 de ago. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados geodésicos: relatório de estação geodésica**. Disponível em: <http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/Relatorio.asp?L1=9025C> . Acesso em: 5 de jul. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **MAPGEO2015**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm. Acesso em: 14 de ago. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. Abril de 2008. Disponível em: http://www.inde.gov.br/images/inde/recom_gps_internet.pdf . Acesso em: 07 de jul. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resolução do presidente: altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Fevereiro de 2005. Disponível em: http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr_01_25fev2005.pdf . Acesso em: 23 de mai. 2017.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios**. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. São Paulo – SP, 2007, 176 p. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>. Acesso em: 23 de ago. 2017.

MONICO, João Francisco Galera; **Posicionamento pelo GNNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Unesp, 2008.

OGASSAWARA, J. F. **Análise morfométrica dos afluentes principais da bacia hidrográfica do rio Uruguai e sua influência nas enchentes na cidade de Itaqui – RS**. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Pampa. Itaqui, RS, 2015.

PMSB. Prefeitura Municipal de São Borja. **Plano Diretor**. São Borja – RS, 2011. 53p. Disponível em: http://www.saaborja.rs.gov.br/images/plano_diretor/Plano_Diretor_25_out_.pdf. Acesso em: 20 nov. 2017.

PMU. Prefeitura Municipal de Uruguaiana. **Plano Diretor**. Uruguaiana - RS – RS, 2014. 68p. Disponível em: http://sapl.uruguaiana.rs.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/3571_texto_integral

PEREIRA, K. D. FAZAN, J. A.; FORTES, L. P. S. **RBMC: Sete anos fornecendo referência a posicionamentos GPS no Brasil e Exterior**. Rio de Janeiro, 2003.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do rio grande do sul no período de 1980 a 2005**. Dissertação (Mestrado Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. de S.; **Enchentes do rio uruguai no rio grande do sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica**. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 22, n.1, p. 35-54, abr. 2010

SAUERESSIG, S. R. **Zoneamento das áreas de risco a inundações da área urbana de Itaqui-RS**. Dissertação de Mestrado em Geografia e Geociências (Área de Concentração em Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Itaqui, 2012.

SILVA, R. M. da; **Determinação de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de enchentes**. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Universidade Federal do Pampa, Alegrete. 2017.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia: Apostila**. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – SEÇÃO DE NIVELAMENTO EM SÃO BORJA E URUGUAIANA.



APÊNDICE B – DADOS PLANIMÉTRICOS DE SÃO BORJA E URUGUAIANA E SUAS RESPECTIVAS FONTES.

PONTO	FONTE	MÉTODO	Φ	Λ	UTM (N) m	UTM (E) m
RN 9025C	IBGE	Relatório	29°44'59"S	57°05'14"W	6708944,000	491567,000
P1 RASTR.	IBGE	PPP - IBGE	29°44'58,7861"S	57°05'14,4774"W	6708950,315	491553,761
	SOLUTIONS	RBMC	29°44'58,78605"S	57°05'14,47642"W	6708950,257	491553,630
RN 1922M	IBGE	Relatório	28°39'42"S	56°00'19"W	6829093,000	597202,000
	IBGE	PPP - IBGE	28°39'36,9849"S,	56°00'22,6030"W,	6829248,306	597105,824
	SOLUTIONS	RBMC	28°39'36,9970"S	56°00'22,6280"W	6829248,553	597105,159
PA 065	CPRM	Transp. RBMC	28°37'28,2088"S	56°02'13,8492"W	6833236,268	594117,897
	IBGE	PPP - IBGE	28°37'28,2031"S	56°02'13,8469"W,	6833236,443	594117,961
	SOLUTIONS	RBMC	28°37'28,2090"S	56°02'13,8450"W	6833236,255	594118,015
P2 RASTR.	IBGE	PPP - IBGE	28°37'44,4679"S	56°02'09,2195"W	6832734,864	594239,581
	SOLUTIONS	RBMC	28°37'44,4690"S	56°02'09,2140"W	6832734,826	594239,739

ANEXOS

ANEXO A – RELATÓRIO DE ESTAÇÃO GEODÉSICA PARA SÃO BORJA E URUGUAIANA.



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1922M	Nome da Estação :	1922M	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	SÃO BORJA			UF :	RS
Última Visita:	15/04/2001	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	28 ° 39 ' 42 " S	Altitude Ortométrica(m)	93,4946	Gravidade(mGal)	
Longitude	56 ° 00 ' 19 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	Carta 1:50000	Sigma Altitude(m)	(#)	Data Medição	
Origem	Transformada	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	26/07/1982		
Data Medição	26/07/1982	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Cálculo					
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.829.093				
UTM(E)	597.202				
MC	-57				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatoriosajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_l_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

Localização

Na Praça 15 de Novembro, 50 m aquém dos mastros de bandeiras desta cidade e 0,62 km além da RN 1922-N.

Descrição

Marco padrão IBGE.

(#) Nota :

A Referência de Nível (RN) 1922M pertence a um ramal, isto é, uma linha de nivelamento geométrico que não forma circuito, cujos desníveis, portanto, não podem ser ajustados. Conseqüentemente, as respectivas altitudes são calculadas mediante simples transporte, sem as estimativas de desvio-padrão.

Fonte: IBGE (2017)



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	9025C	Nome da Estação :	9025C	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	URUGUAIANA			UF :	RS
Última Visita:	29/06/2015	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	29 ° 44 ' 59 " S	Altitude Ortométrica(m)	60,4254	Gravidade(mGal)	
Longitude	57 ° 05 ' 14 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,08	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	11/10/1982		
Data Medição	29/06/2015	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Cálculo					
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.708.944				
UTM(E)	491.567				
MC	-57				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatoriosajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_l_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

Localização

Chapa cravada no piso, ao lado esquerdo de quem entra na porta principal da Igreja Nossa Senhora do Carmo; Av. General Vasco Alves.

Descrição

Chapa metálica circular, convexa, com 6 cm de diâmetro fixada no piso da Igreja.

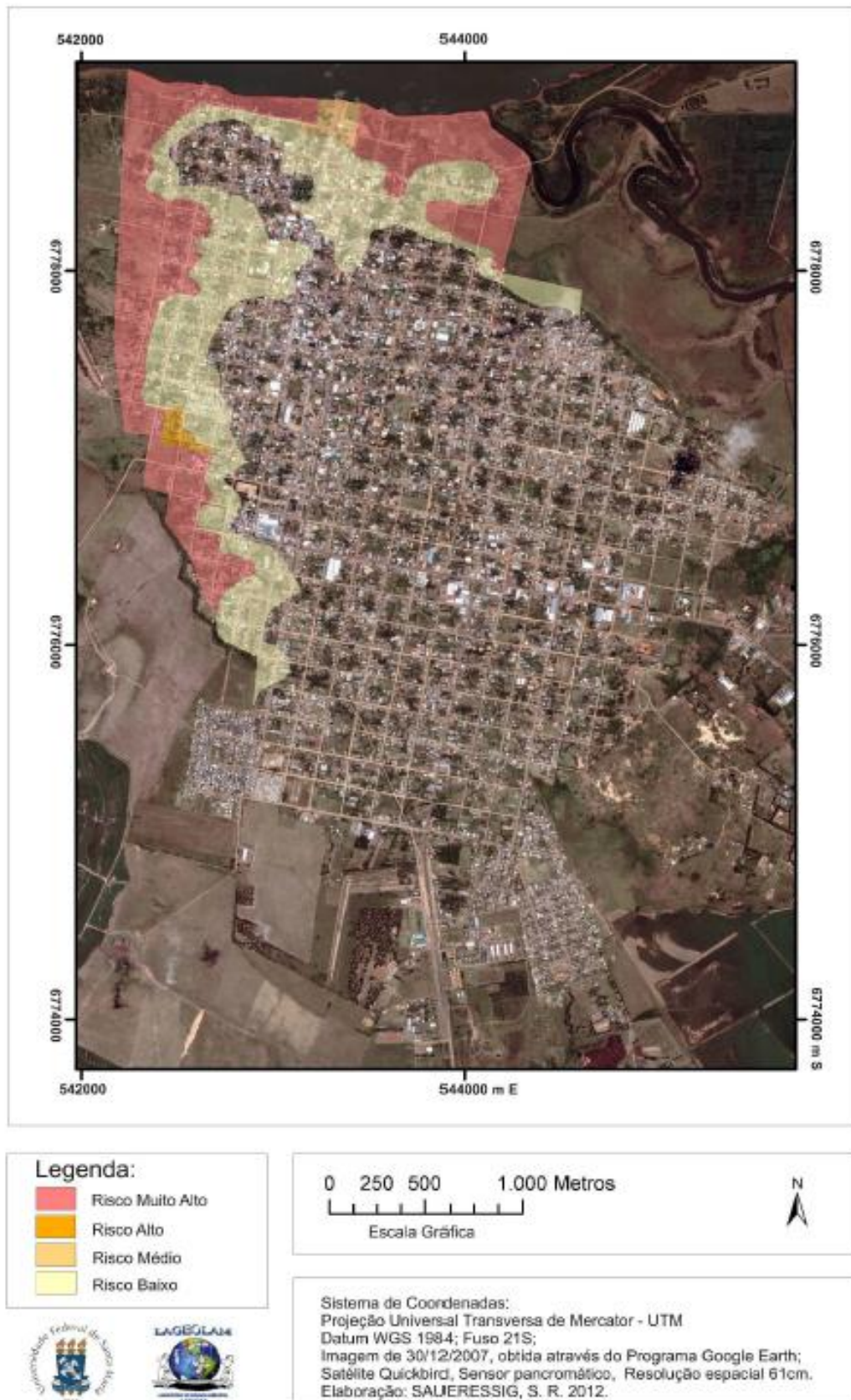
Fonte: IBGE (2017)

ANEXO B – SEÇÃO DE NIVELAMENTO EM ITAQUI.



Fonte: SILVA (2017, p.46)

ANEXO C – ZONEAMENTO DA ÁREA DE RISCO A INUNDAÇÃO DE ITAQUI / RS.



Fonte: SAUERESSIG (2012, p.91).