



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

BEATRIZ CAROLINA LOPES COROA

**CONTRIBUIÇÃO DE BASE DE DADOS DE MAPAS DE ÍNDICE DE
RESISTÊNCIA A PERCUSSÃO DO SOLO PARA O PLANO DIRETOR DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**

MACAPÁ

2022

BEATRIZ CAROLINA LOPES COROA

**CONTRIBUIÇÃO DE BASE DE DADOS DE MAPAS DE INDICE DE
RESISTENCIA A PERCUSSÃO DO SOLO PARA O PLANO DIRETOR DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção de grau de Bacharel em Engenharia
Civil, pela Universidade federal do Amapá.

Orientador: Prof. Me. Luís Henrique Rambo.

MACAPÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá
Jamile da Conceição da Silva– CRB-2/1010

Coroa, Beatriz Carolina Lopes.
C822c Contribuição de base de dados de mapas de índice de resistência a percussão do solo para o plano diretor da Universidade Federal do Amapá / Beatriz Carolina Lopes Coroa – 2022.

1 recurso eletrônico. 61 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Campus Marco Zero, Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Macapá, 2022.

Orientador: Professor Mestre Luis Henrique Rambo

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF)

Inclui referências.

1. Solo urbano - Uso. 2 Solo - Testes. 3. Sondagem (Engenharia). 4. Sistema de Informação Geográficas (SIG). I. Rambo, Luis Henrique, orientador. II. Título.

Classificação Decimal de Dewey. 22 edição. 624.15136

COROA, Beatriz Carolina Lopes. **Contribuição de base de dados de mapas de índice de resistência a percussão do solo para o plano diretor da Universidade Federal do Amapá.** Orientador: Luis Henrique Rambo. 2022. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Campus Marco Zero, Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Macapá, 2022.

BEATRIZ CAROLINA LOPES COROA

CONTRIBUIÇÃO DE BASE DE DADOS DE MAPAS DE INDICE DE RESISTENCIA A
PERCUSSÃO DO SOLO PARA O PLANO DIRETOR DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO AMAPÁ

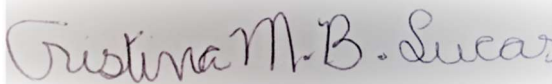
Trabalho de conclusão de curso submetido a Universidade Federal do Amapá apresentado para a Coordenação de Engenharia Civil – CEC – como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Título de Engenheiro Civil, sob orientação do **Prof. Mestre Luís Herinque Rambo**.

Macapá, 25 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA




Prof. Dr. Fabiano Luís Belém
Examinador interno (UNIFAP)



Prof. Me. Cristina Maria Baddini Lucas;
Examinador interno (UNIFAP)



Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Examinador interno (UNIFAP)

 Documento assinado digitalmente
ADENILSON COSTA DE OLIVEIRA
Data: 25/07/2022 09:09:38-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Aos meus pais, Maria Auxiliadora e Roberto Coroa, que sempre estiveram ao meu lado e me incentivaram a seguir estudando. Aos meus amigos de curso que trilharam essa caminhada ao meu lado. À minha amiga e namorada, Ana

Beatriz, que me incentivou a concluir a graduação e me apoiou durante todos esses meses.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por estar concluindo mais um ciclo na minha vida e por Ele ter me dado força e fé para superar os desafios que a vida acadêmica trouxe e me tornar apta a começar minha vida profissional.

À minha mãe Auxiliadora que sempre se dedicou a minha educação, me incentivou e apoiou a concluir minha graduação, obrigada por todo o seu esforço, por sempre tentar dar o seu melhor por mim. Aos meus pais Roberto e Ana Mira, que durante esses anos foram meus conselheiros, me acolhendo nas horas que mais precisava e me davam o recurso que me era necessário. Todos foram essenciais para minha formação como ser humano, estudante e, agora, profissional. Amo vocês do fundo do meu coração e não consigo colocar em palavras o quanto sou grata por tê-los na minha vida.

Sou grata aos meus amigos e familiar, que compartilharam comigo cada etapa da minha vida universitária, torcendo por cada conquista alcançada. As amigas e amigos que estavam comigo durante cada semestre, escutando minhas reclamações, felicidades, aconselhando e dando um puxão de orelha quando necessário. Compartilho com eles memórias inesquecíveis, de festas, campeonatos, aulas, trabalhos, congressos, que vou levar para vida toda. Aos colegas de estágio e trabalho que contribuíram com seus conhecimentos para minha formação.

Ao amor que encontrei durante o curso, minha namorada Ana Beatriz. Obrigada por todas as palavras de incentivo, todo apoio, carinho e amor, pela sua companhia nos momentos mais difíceis e mais felizes, obrigada por rir comigo e enxugar meu choro e dizer que tudo ficaria bem, que eu iria conseguir. Ela que se tornou uma das principais inspirações e motivação para finalizar essa etapa, a ela toda o meu amor e admiração, espero um dia conseguir retribuir tudo o que fez por mim.

Ao meu professor orientador, Mestre Luís Henrique Rambo e demais docentes do curso de Engenharia Civil, por toda a sua dedicação e repassar seus conhecimentos a nós, estudantes, por mostrar os caminhos da profissão e nos preparar para o futuro.

RESUMO

Com o início das atividades do projeto de criação do Plano Diretor da Universidade Federal do Amapá, que visa a criação do seu diagnóstico científico da realidade física para apresentar um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento da universidade e as futuras organizações espaciais dos usos do solo urbano, buscou-se auxiliar seu desenvolvimento com a criação de mapas geotécnicos que apresentassem o índice de resistência a penetração a percussão do solo em 6 níveis diferentes, tomando como cota inicial o seu furo mais elevado. Nesse trabalho, usou-se 56 furos de sondagens SPT (Standard Penetration Test), que se encontravam dentro da área de estudo, no intuito de obter informações do solo que possibilitassem a criação dos mapas. Para isso, se utilizou os programas com Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArqGis e QGis, para tratamento computacional dos dados geográficos, através de uma tabela de dados que foram refinados previamente. Dentro do software foi aplicada a interpolação por inverso da distância dos atributos do solo para a criação das superfícies presentes nos mapas.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas (SIG). Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Sondagem a percussão (SPT).

ABSTRACT

With the beginning of the activities of the project to create the Master Plan of the Federal University of Amapá, which aims to develop its scientific diagnosis of physical reality to present a set of proposals for the future development of the university and the future spatial organizations of land uses urban, we tried to help its development with the creation of geotechnical maps that presented the index of resistance to penetration to percussion of the soil in 6 different levels, taking as initial level its highest hole. In this work, 56 SPT (Standard Penetration Test) sounding holes were used in the study area to obtain soil information that would enable the creation of maps. For this, the programs with Geographic Information System (GIS) ArcGis and QGis were used for the computational treatment of geographic data, through a data table that was previously refined was inserted. Within the software, the inverse interpolation of the distance of the soil attributes was applied to create the surfaces present in the maps.

Keywords: Geographic Information System (GIS). Federal University of Amapá (UNIFAP). Standard Penetration Test (SPT).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estados de compactidade e de consistência..... 16

Tabela 2 – Valores limites de N_{spt} para a parada de estacas 17

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Cota dos furos e impenetrável como fonte altimétrica dados do TopoData 40

Gráfico 2 - Cota dos furos e impenetrável como fonte altimétrica dados do Exército..... 41

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Equipamento de sondagem SPT.....	14
Figura 2 - Mapa de Londres com óbitos, por cólera, identificados por pontos e poços de água representados por cruzeiros.	18
Figura 3 – Fluxograma do método de trabalho.....	27
Figura 4 – Aquisição das coordenadas pelo Google Earth	28
Figura 5 – Utilização da ferramenta de Geoprocessamento no QGis.....	29
Figura 6 – Delimitação da área da Universidade e furos de sondagem.....	30
Figura 7 – Quadriculas do Brasil do projeto TopoData.....	31
Figura 8 – Quadriculas do estado do Amapá.....	32
Figura 9 – Tabela de dados de entrada	34
Figura 10 – Identificação dos furos de sondagem	34
Figura 11 – Classificação do solo	35
Figura 12 - Relevo da UNIFAP segundo TopoData.....	37
Figura 13 - Relevo da UNIFAP segundo BDGEx.....	38
Figura 14 – Interpolação por krigagem	42
Figura 15 – Interpolação por IDW aos 14m	43
Figura 16 - Interpolação por IDW aos 13m.....	44
Figura 17 - Interpolação por IDW aos 12m.....	45
Figura 18 - Interpolação por IDW aos 11m.....	46
Figura 19 - Interpolação por IDW aos 10m.....	47
Figura 20 - Interpolação por IDW aos 9m.....	48

LISTA DE SIGLAS

BDGEx - Banco de Dados Geográficos do Exército

MDS - Modelo Digital de Superfície

MDT - Modelo Digital de Terreno

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IDW - Interpolação pelo Inverso da Distância

INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

MDE – Modelo Digital de Elevação

OGC - Open Geospatial Consortium

PD - Plano Diretor

PDM - Plano Diretor Municipal

SAR - Radares de Abertura Sintética

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SP – Sondagens a Percussão

SPT - Standard Penetration Test

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul

UNIFAP - Universidade Federal do Amapá

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	OBJETIVO GERAL	11
1.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.	PLANO DIRETOR.....	12
2.2.	SONDAGEM A PERCUSSÃO.....	13
2.2.1.	EQUIPAMENTO.....	13
2.2.2.	PROCEDIMENTO E CRITÉRIO DE PARADA.....	14
2.2.3.	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	15
2.3.	CARTOGRAFIA GEOTECNICA.....	17
2.4.	ANÁLISE ESPACIAL	18
2.7.1	Interpolação pelo inverso da distância (IDW).....	19
2.7.2	Krigagem.....	20
2.5.	COORDENADAS CARTOGRÁFICAS	22
2.6.	GEOPROCESSAMENTO	24
2.7.	ASPECTOS GERAIS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO	25
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	FONTE DE DADOS.....	28
3.2	GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGEM.....	28
3.4	DADOS ALTIMÉTRICOS.....	31
3.5	ELABORAÇÃO DA PLANILHA.....	33
3.6	GEOPROCESSAMENTO DE MAPAS	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1	MAPAS DE RELEVO.....	36
4.2	PLANOS DE CORTE.....	39
4.3	MAPAS DE DADOS NSPT	42
4.2.1	Profundidade igual a 14 metros.....	43
4.2.2	Profundidade igual a 13 metros.....	44
4.2.3	Profundidade igual a 12 metros.....	45

4.2.4	Profundidade igual a 11 metros.....	46
4.2.5	Profundidade igual a 10 metros.....	47
4.2.6	Profundidade igual a 9 metros.....	48
4.2.7	Análise dos mapas.....	49
5	CONTRIBUIÇÃO PARA AS DIRETRIZES DE USO E OCUPAÇÃO	51
6	CONCLUSÃO.....	52
7	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	54
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

É natural que ocorra a expansão territorial de cidades, estados, centros urbanos, conforme o aumento populacional de uma região ou com o aumento físico da área, estes são processos interligados e provocam uma necessidade de redistribuição populacional, de recursos e de infraestrutura. Sem o devido cuidado, esse alastramento pode causar impactos ambientais intensificados pelo uso e ocupação irregular do solo, provocar diversos impactos na paisagem e no cotidiano dos moradores das cidades.

Do ponto de vista da geotecnia, ciência que estuda a aplicação de métodos científicos e princípios de engenharia para a aquisição, interpretação e uso do conhecimento dos materiais da crosta terrestre para a solução de problemas de engenharia, existe a preocupação de que haja um crescimento do centro urbano direcionado para áreas mais aptas à ocupação. Desta forma, é importante o conhecimento de características relativas à estabilidade e resistência dos solos para nortear a ocupação, a execução e conservação de elementos de fundações de edificações e a correta construção de vias urbanas.

Durante o Brasil colonial, a expansão urbana era feita de maneira totalmente espontânea, já que as primeiras noções de planejamento urbano só foram surgir no final do século XIX. Com o crescente desenvolvimento populacional e com o florescimento de ideias modernas de urbanismo fora do país, ganhou consciência coletiva a necessidade de planejar como um todo uma cidade e organizá-la de forma racional. Surgiram, então, os primeiros urbanistas, dentre eles o francês Alfredo Agache, responsável em 1930 pelo que pode ser considerado o primeiro plano diretor no Brasil, o chamado Plano Agache.

De acordo com a Constituição Federal e o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor Municipal (PDM) é o "instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana", em outras palavras, é um instrumento para dirigir o desenvolvimento do Município nos seus aspectos econômico, físico e social. O seu objetivo geral é promover a ordenação dos espaços habitáveis do Município e estabelecer uma estratégia de mudança no sentido de obter melhoria de qualidade de vida da comunidade local.

Assim, buscando uma forma de expansão organizada e racional, a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), iniciou no ano de 2021, os estudos e pesquisas para a elaboração do seu próprio Plano Diretor (PD). Fazendo o uso de dados de investigações geológicas/geotécnicas do tipo Sondagem a Percussão (SP), também conhecido como

Standard Penetration Test (SPT), realizados anteriormente a algumas construções no campus, assim como para estudo de obras futuras, portanto, buscou-se, através destas informações, confeccionar mapas geotécnicos a partir da análise e extração de dados de resistência a penetração do e utilização de um software com ambiente em Sistema de Informações Geográficas (SIG) para criar superfícies por meio da interpolação de informações.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é propor algumas diretrizes de uso e ocupação dos solos da Universidade Federal do Amapá com base em análises de mapas de índice de resistência a percussão do solo usando como ferramenta auxiliar um Sistema de Informações Geográficas, que tem como área de aplicação o Campos Marco Zero.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Propor algumas diretrizes de uso e ocupação do solo do Campos Marco Zero através de SIG
- Construir um banco de dados de sondagens SPT georreferenciadas da universidade;
- Conhecer e apresentar o meio físico da Universidade através do levantamento de dados e geotécnicos preexistentes, da edição de mapas e de trabalhos de campo;
- Utilizar um SIG para a estruturação e integralização de informações,
- Elaborar mapas de índices de resistência a percussão do solo de diferentes camadas do solo;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANO DIRETOR

O plano diretor está previsto na Lei 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade. Ela tem por objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, garantir o “[..]direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações”(BRASIL,2001).

De acordo com o Estatuto das Cidades, A sua elaboração é obrigatória para os municípios com população maior do que 20 mil habitantes, devendo contemplar todo o território do município, tanto urbano quanto rural. Sua revisão deve ser feita de 10 em 10 anos. O professor Flávio Villaça, da USP, define plano diretor como:

“Um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal.” (Villaça, 1999, p.238)

Cabe ao plano diretor criar as bases para uma cidade inclusiva, equilibrada, sustentável, que promova qualidade de vida a todos os seus cidadãos, reduzindo os riscos do crescimento desenfreado e distribuindo de forma justa os custos e benefícios da urbanização.

Com esse pensamento, em 2018 a prefeitura de Macapá lançou o projeto Macapá Rumo aos 300 anos, onde buscou elaborar um plano para o desenvolvimento da cidade nos próximos 40 anos seguintes para a comemoração dos 300 anos da cidade. Esse projeto realizou a coleta de informações e dados básicos com a participação da sociedade para a formulação dos eixos estratégicos, objetivos e cadernos técnicos.

Assim, para auxiliar no bem-estar dos estudantes da UNIFAP, em 2021 foi dado início a elaboração do plano universitário, composto de uma equipe multidisciplinar com participação dos acadêmicos e docentes. Os dados obtidos permitirão o estudo prévio das áreas do campus e auxiliando no planejamento de novos projetos, o que levará a “ganhos econômicos para a

administração da universidade, por assegurar um melhor recurso, de forma antecipada” (UNIFAP, O Plano Diretor; 2021)

2.2. SONDAGEM A PERCUSSÃO

O ensaio de penetração padronizado é a técnica de investigação geotécnica mais popular, devido ao baixo custo e à simplicidade do equipamento. Ele constitui-se em uma medida de resistência conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento. Com um único ensaio é possível obter as seguintes características de um ponto:

- Determinação do nível de água;
- Medida de resistência à penetração;
- Descrição tátil visual do material;
- Ensaio de infiltração

Este ensaio possibilita a retirada de amostras de solo que são enviadas a laboratório para classificação da granulometria, cor, presença de matéria orgânica e origem. Essa etapa de classificação deve ser realizada por geólogo ou engenheiro geotécnico.

Se antes a norma 6484 - Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio, estipulava a quantidade de furos de sondagem de acordo com o tamanho do terreno, onde em locais de até 1.200 m² era necessário 1 furo para cada 200 m²; de 1.200 m² até 2.400 m², 1 sondagem à percussão para cada 400 m² que excederem de 1200m² e acima de 2.400 m² variava de acordo com a construção; com a nova atualização, esses critérios não são citados, transferindo a responsabilidade da determinação e locação dos furos para a contratante deixando ficar subentendido, por omissão, que a quantidade de furos também deve ser determinada pelo contratante

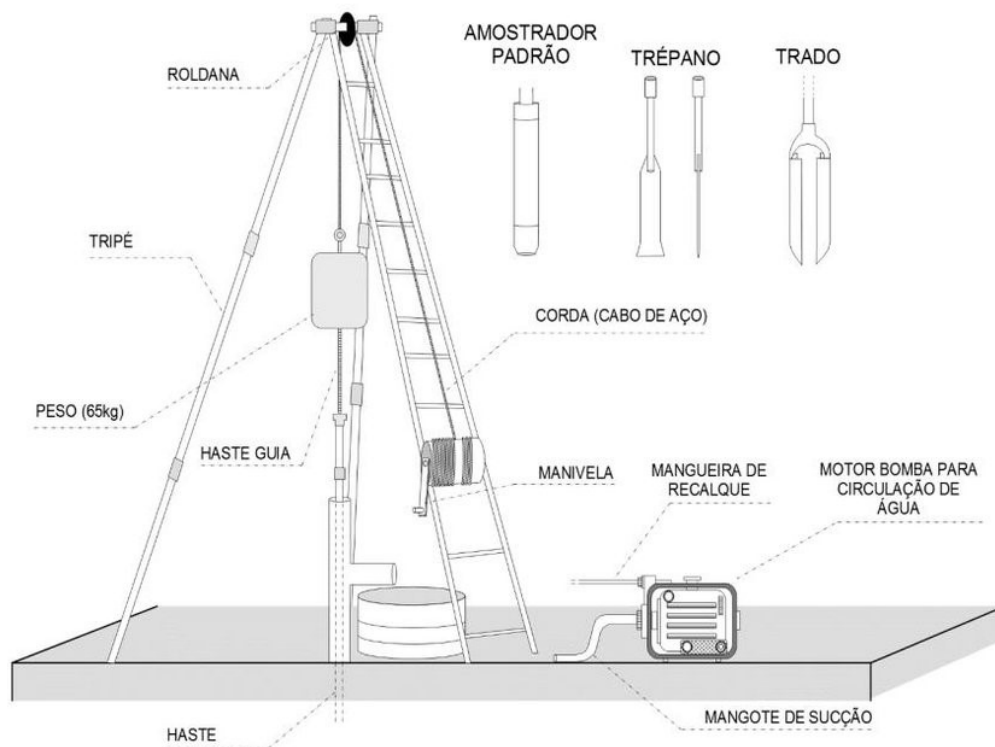
2.2.1. EQUIPAMENTO

O equipamento consiste basicamente em:

- Amostrador constituído de cabeça, corpo e sapata. Onde o primeiro possui uma válvula de esfera e orifício de drenagem que permite a saída da água de dentro das hastes e conseqüente retenção de amostra do solo. O corpo é formado por um tubo bipartido que permite a inspeção tátil e visual das amostras
- Haste, tubos mecânicos providos de roscas em suas extremidades, permitindo a ligação entre elas por meio de elementos de conexão. Devem possuir 3,23 kg por metro linear

- Martelo de aço para cravação das hastes de perfuração, do amostrador e do revestimento. Possuindo formato cilíndrico e peso é 65 kg;
- Conjunto motor-bomba para circulação de água no avanço da perfuração;
- Trépano de lavagem constituído por peça de aço terminada em bisel e dotada de duas saídas laterais para a água a ser utilizada;
- Trado concha com 100 mm de diâmetro e helicóide com diâmetro de 56 a 62 mm;

Figura 1 – Equipamento de sondagem SPT



Fonte: THIESSEN (2022 apud COSTA, 2016).

2.2.2. PROCEDIMENTO E CRITÉRIO DE PARADA

Com o mostrador devidamente posicionado coloca-se cuidadosamente o martelo sobre a cabeça de bater e mede-se a penetração da composição decorrente do peso próprio do martelo, marca-se sobre a haste três segmentos de 15 cm cada um e inicia-se a cravação, o amostrador é cravado através do impacto de uma massa metálica de 65 kg caindo em queda livre de 75 cm de altura, contando-se o número de golpes necessários para a cravação de cada segmento. O número de golpes N_{spt} utilizado nos projetos de engenharia é a soma dos valores correspondentes aos últimos 30 cm de penetração do amostrador.

Enquanto não se encontra água, o avanço da perfuração é feito, em geral, com um trado espiral (helicoidal). Injeta-se água sob pressão pelos canais existentes nas hastes, esta água

circula pelo furo arrastando os detritos de perfuração até a superfície. O avanço com trado é feito até atingir o nível de água ou então algum material resistente. Daí em diante, a perfuração continua com o uso de trépano e circulação de água, processo denominado de “lavagem”.

Os critérios de paralisação foram modificados na atualização da NBR 6484: 2020, com o objetivo de expressá-los em função do N_{spt} . Agora, o critério de paralisação das sondagens é de responsabilidade técnica da contratante ou de seu preposto, e deve ser definido de acordo com as necessidades específicas do projeto. Caso o amostrador padrão não avance durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo, antes da profundidade de 3 m, a sondagem deve ser deslocada, no mínimo duas vezes para posições diametralmente opostas, a 2 m da sondagem inicial, ou conforme orientação do cliente ou seu preposto

2.2.3. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A interpretação dos dados SPT influenciam diretamente na escolha do tipo de fundação, através estimativa das taxas de tensão admissível do terreno e previsão do recalque das fundações. Assim, quem realiza o ensaio deverá fornecer um relatório com as coordenadas e cota da boca do furo, descrição e identificação das camadas, número de golpes, profundidade do nível d'água e data de início e término da investigação, além de um gráfico representativos dos dados citados anteriormente. Cabe ao projetista interpretar os resultados e, se necessário, pedir ensaios mais específicos.

Sendo a capacidade de carga de um solo, a pressão aplicada que causa a sua ruptura, adotando-se um adequado coeficiente ou fator de segurança, obtém-se a pressão admissível. O cálculo da capacidade de carga do solo pode ser feito por diferentes métodos e processos, embora nenhum deles seja matematicamente exato.

Karl Von Terzaghi (1883-1963), engenheiro austríaco reconhecido como o pai da mecânica dos solos e da engenharia geotécnica, estudou a capacidade de carga de ruptura para fundações rasas e solos de diversas categorias, ou seja, solos com atrito e coesão, solos não-coesivos e solos puramente coesivos. Com base nos seus estudos foi possível construir a tabela abaixo que relaciona o índice de resistência à penetração e a resistência à compressão simples.

Tabela 1 - Estados de compactidade e de consistência

Solo	Índice de resistência à penetração	Designação
Areias e Siltes arenosos	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija (o)
	20 a 30	Muito rija (o)
	> 30	Dura (o)

Fonte: NBR 6484 - Sondagem de simples reconhecimento com SPT

No método de Terzaghi, são utilizados fatores de carga que levam em consideração a forma da fundação (sapata corrida, quadrada, circular e retangular) para calcular a capacidade de carga do solo e a partir dela se ter conhecimento das tensões admissíveis (σ_{adm}) conforme equação 1.

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{spt}}{5} \quad (1)$$

Já em fundações profundas, Cintra e Aoki (2010) afirmam que a capacidade de carga de uma estaca é definida como a soma das tensões resistentes por adesão ou atrito lateral em toda a área do fuste da estaca com a tensão resistente normal à base ou ponta da estaca. Assim, os valores de resistência lateral são representados por RL e os valores da resistência de ponta são representados por RP. Onde o conceito de carga admissível não vale somente para uma estaca e sim para um grupo de mesma seção transversal do estaqueamento.

Cintra e Aoki ainda consideram um valor limite de N_{spt} como critério de parada das estacas e após escolhido o tipo de fundação profunda e seu diâmetro pode ser calculada a tensão admissível do solo. Na tabela 2 é apresentada alguns valores de N_{spt} limite (N_{lim}) que podem ser adotados e seu respectivo método construtivo.

Tabela 2 – Valores limites de Nspt para a parada de estacas

Tipo de estaca		Nlim
Pré-moldada de concreto	$\emptyset < 30\text{cm}$	$15 < N_{\text{spt}} < 25$
	$\emptyset \geq 30\text{cm}$	$25 < N_{\text{spt}} \leq 35$
Strauss		$10 < N_{\text{spt}} \leq 25$
Franki	Em solo arenosos	$8 < N_{\text{spt}} \leq 15$
	Em solos argilosos	$20 < N_{\text{spt}} \leq 40$
Hélice contínua		$20 < N_{\text{spt}} \leq 45$
Raiz		$N_{\text{spt}} \geq 60$

Fonte: Fundações por estacas; CINTRA e AOKI, 2010

2.3. CARTOGRAFIA GEOTECNICA

O documento cartográfico é qualquer registro de dados e informações de um espaço geográfico, com ou sem escala, no qual haja pontos referenciais e com os avanços tecnológicos é possível criar mapas e cartas cada vez mais ricas de resultados e com demonstrações gráficas mais complexas. E ao conjunto de procedimentos agregados a metodologia para a realização de trabalhos que visam à obtenção e registro de informações geotécnicas deu-se o nome de mapeamento geotécnico. Para sua elaboração é possível aproveitar informações pré-existente de regiões em que haja registro de dados.

A geotecnia está diretamente relacionada à caracterização e à classificação dos componentes do meio físico (água, materiais inconsolidados, relevo). Segundo Fookes (1969) o objetivo de um mapeamento geotécnico é a elaboração no qual delimitam-se unidades definidas com base em propriedade ou comportamento geotécnico. Os limites dessas unidades são determinados pela variação das propriedades físicas e mecânicas dos materiais geológicos. É importante afirmar que a cartografia geotécnica se refere à elaboração do produto cartográfico e não à obtenção de dados geotécnicos. Assim, ela é uma etapa do processo de mapeamento geotécnico.

Além disso, ela auxilia no estudo prévio de obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados. Para que os dados possam ser interpretados de forma mais simples e que não haja excesso de informação, dificultando a sua leitura, é preciso seguir alguns princípios para garantir a sua qualidade.

2.4. ANÁLISE ESPACIAL

No livro *Análise Espacial e Dados Geográficos* (2004) é relatado o exemplo pioneiro em que se incorporou à categoria espaço às análises realizadas. Em 1854, ocorreu em Londres uma epidemia de cólera trazida da Índia. Durante este período, pouco se sabia sobre a causa da doença, porém existiam duas vertentes que tentavam explicar a forma de contaminação. Uma relacionada aos miasmas, concentrados em uma região baixa e pantanosa da cidade, e outra à ingestão de água insalubre. Assim, Jon Snow criou um mapa que localizava os locais dos óbitos, permitindo notas que eles ocorriam próximo a uma bomba de abastecimento de água.

Figura 2 - Mapa de Londres com óbitos, por cólera, identificados por pontos e poços de água representados por cruzes.



Fonte: *Análise Espacial e Dados Geográficos*, 2004

O Sueco Hagerstrnad, conforme citado por Marcos Ferreira (2023, p. 48), foi quem ofereceu uma primeira aproximação ao conceito de análise geoespacial como sendo “um tipo de análise quantitativa recentemente incorporada à geografia, baseada em um estudo aprofundado dos padrões de pontos, linhas, áreas e superfícies, dispostos em mapas e definidos por coordenadas espaciais” (Hagerstrnad, 1968)

Segundo Ferreira (2013) ao se realizar uma pesquisa com métodos geográficos e que tenha auxílio de um SIG, deve se partir do pressuposto de que o espaço real foi transformado em um modelo de espaço digital. Nele as informações espaciais se transformam em dois modelos sequenciais: modelo gráfico e digital. O primeiro constitui-se de um processo de

decodificação baseado em símbolos gráficos onde, nele as informações podem sofrer alterações matemáticas e geométricas alterando seu tamanho em proporções escalares ajustados a curvatura da Terra por meio de projeções cartográficas. Já o modelo digital, é a modificação do modelo gráfico para que ele se torne compatível com um ambiente SIG, essa mudança torna a informação espacial compatível com os algoritmos de análise espacial.

Por meio do SIG, com o auxílio de um banco de dados e de uma base geográfica, é possível representar em um mapa a distribuição espacial de dados de fenômenos ocorridos em determinado local. Além de se ter uma percepção visual do objeto de estudo, é possível explicar os padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis.

Para problemas de análise espacial é possível classificar os tipos de dados em três categorias: eventos pontuais, superfícies contínuas e área com contagens de taxas agregadas. Para o trabalho em questão, é utilizada a segunda categoria. Ela é estimada com base em conjunto de amostras de campo que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas e seu objetivo é reconstruir a superfície da qual se retirou e mediu as amostras.

Neste modelo de mapa é estimado um modelo de dependência espacial que permita uma interpolação da superfície apresentada. Eles representam a variável de estudo como uma variabilidade em larga e pequena escala, assim, tem-se três tipos de abordagem:

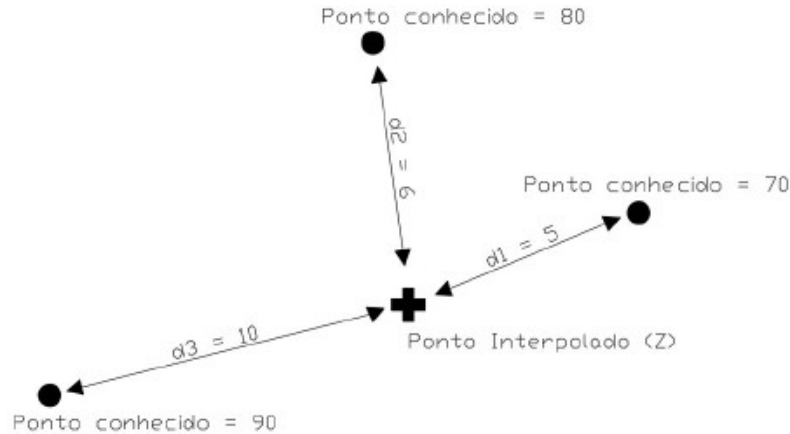
- Modelos determinísticos de efeitos locais: onde cada ponto da superfície é estimado apenas a partir de interpolação de amostras mais próximas, implicando a predominância de efeitos puramente locais. Dessa forma não há hipóteses estatísticas sobre variabilidade espacial. Utiliza funções como inverso da distância.
- Modelos determinísticos de efeitos globais: Predomina a variação em larga escala, onde a variabilidade local não é relevante. Utiliza interpoladores por superfícies de tendência.
- Modelos estatísticos de efeitos locais e globais: cada ponto da superfície é estimado a partir da interpolação das amostras mais próximas, fazendo uso de um estimador estatístico. Utiliza se krigagem.

2.7.1 Interpolação pelo inverso da distância (IDW)

No modelo de interpolação pelo inverso da distância (Inverse Distance Weighting) se parte do pressuposto que pontos próximos entre si possuem características mais semelhantes do que os pontos mais distantes. Dessa forma, esse método utiliza pesos para cada amostra recolhida de acordo com a distância entre eles, assim, cada ponto possui uma influência em

uma amostra que diminui na medida em que a distância aumenta, sem considerar qualquer correlação dos dados espaciais. Por esse motivo, ele é recomendado para interpolações onde as amostras estão igualmente distribuídas pela área, sem pontos de concentração

Figura 3 - Exemplo de cálculo do inverso ponderado da distância.



Fonte: Silva, Ronaldo U.R., 2019

O método é definido pela expressão matemática apresentada a seguir:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{\beta h_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\beta h_{ij}}} \quad (1)$$

Onde:

Z = valor interpolado;

Z_i = valor da i-ésimo ponto vizinho;

h_{ij} = distância entre o i-ésimo ponto de vizinho e o ponto de interesse;

β = Expoente de ponderação (Peso);

n = número de pontos amostrados utilizados para interpolar o ponto em questão.

2.7.2 Krigagem

A krigagem possui esse nome em homenagem à Daniel Krige, engenheiro de minas responsável por analisar os dados de teores de ouro dentro de uma reserva de minério na África do Sul, que é considerado o pioneiro na área de estudo devido a seus trabalhos que

introduzia o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas em mineração.” (SOARES, 2006, apud, EMBRAPA, 2015).

Na krigagem, a hipótese implícita é que o processo estudado é estacionário, ou seja, supõe-se um comportamento homogêneo da estrutura de correlação espacial na região de estudo. “Neste método é estimado uma matriz de covariância espacial que determina pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado.” (EMBRAPA,2004)

Georges Matheron, matemático que estudou observações de Krige, desenvolveu a estrutura teórica da krigagem baseada no conceito de variável regionalizada. Ela é uma variável distribuída no espaço cujos valores são considerados como sendo a realização de uma função aleatória. Isso permite incluir hipóteses estatísticas em processos espaciais locais.

O processo de krigagem é baseado na coleta de amostras pontuais, ou seja, com volumes menores que a local de interesse, onde as amostras, com valores conhecidos, irão estimar os valores médios em duas ou a três dimensões. Dessa forma amostras situadas próximas umas às outras apresentarão relação entre si e irão ser utilizadas para estimar o seu valor médio, e segundo Landim

“à medida que se situem a distâncias maiores o seu relacionamento diminui até se tornar independente. O peso da influência de cada amostra é, pois, inversamente correspondente à distância e essa noção pode ser aplicada para a estimativa do valor médio utilizando para tantas amostras com valores conhecidos, mas situadas a distancias julgadas “convenientes”. Quanto mais próximas estiverem, maior será o seu peso no processo de estimativa.” (LANDIM, 2006)

Inicialmente é necessário definir a finalidade do mapa, em seguida, limitar os seus atributos, segundo Carnap (1962) atributo é a informação fundamental selecionada para a realização de um mapeamento. Um conjunto de atributos forma uma unidade, elemento básico que será inserido e operado sobre um documento como informação que representa parte dos componentes do meio físico. E finalmente delimitar a área a ser estudada e

estabelecer a escala a ser utilizada, de preferência de 1:200.000 até 1:500, abaixo de 1:100.000 é utilizada para síntese e fins didáticos.

A classificação dos atributos podem ser de tempo, quando variam em diferentes escalas temporais como a profundidade da zona saturada, a linha de costa ou idade geológica; espaço, variação de materiais ou de outros atributos em área; inerentes aos materiais apresentando as propriedades intrínsecas do solo ou de relações, que identifica semelhanças entre duas propriedades

As estratégias utilizadas para a representação da superfície terrestre são chamadas de projeções cartográficas, que podem ser classificadas quanto a sua superfície de projeção e as características de deformação. Quanto a deformação, são classificadas em projeção conforme, equivalente e equidistante.

Nas projeções conformes os ângulos são conservados e as áreas apresentam deformações, as equivalentes são as projeções que apresentam grande deformidade ao redor de um ponto devido à variação da escala, nela há conservação das áreas e distorção dos ângulos; e por fim, as equidistantes são as projeções que não apresentam deformidades lineares, ou seja, as distâncias estarão condizentes com a realidade apenas em uma direção, nesse tipo de projeção, é preservado as distâncias, mas deformado as áreas e os ângulos. Na figura 02 podem ser observadas as diferenças entre as projeções.

Figura 4 - Projeções cartográficas



Fonte: Aula 1 do Curso de Introdução ao sistema de informação geográfica (SIG) utilizando o software QGIS

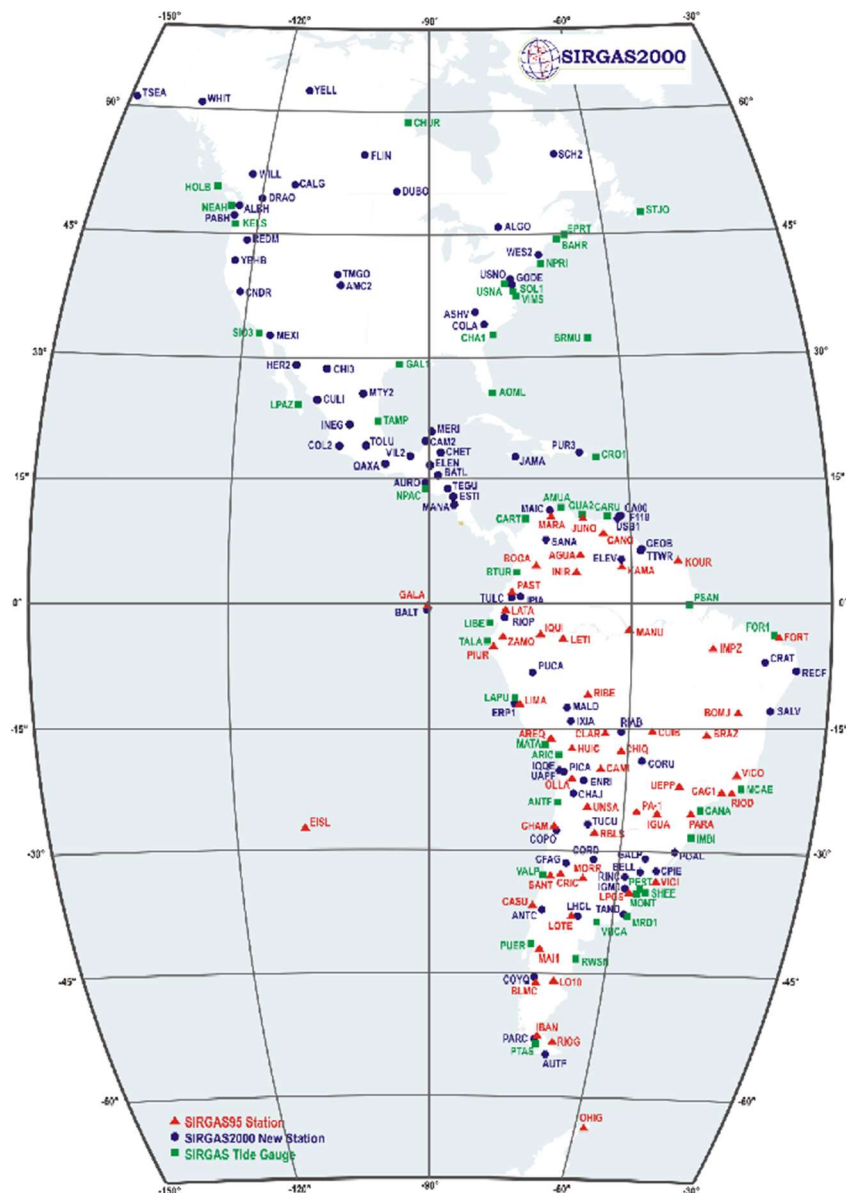
2.5. COORDENADAS CARTOGRÁFICAS

Coordenadas cartográficas são linhas imaginárias que cortam o planeta nos sentidos horizontal e vertical e que possibilitam a localização de qualquer ponto na superfície terrestre. As linhas verticais são chamadas de Meridianos e as horizontais de Paralelos. A partir deles é

possível determinar-se um conjunto de coordenadas únicas para cada ponto da superfície terrestre. Coordenadas estas que recebem o nome de Latitudes e Longitudes.

Em fevereiro de 2005 o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS) , que mudou sua nomenclatura para Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas em 2001, foi oficializado como o novo referencial geodésico para o sistema geodésico brasileiro, através da resolução 01\2005 do IBGE. Sua idealização começou em 1993, na Conferência Internacional para Definição de um Referencial Geocêntrico para América do Sul que ocorreu em Assunção, Paraguai, e os seus levantamentos de dados são realizados por uma rede de estações de alta precisão distribuídas em todo o continente americano.

Figura 5 - Representação do SIRGAS

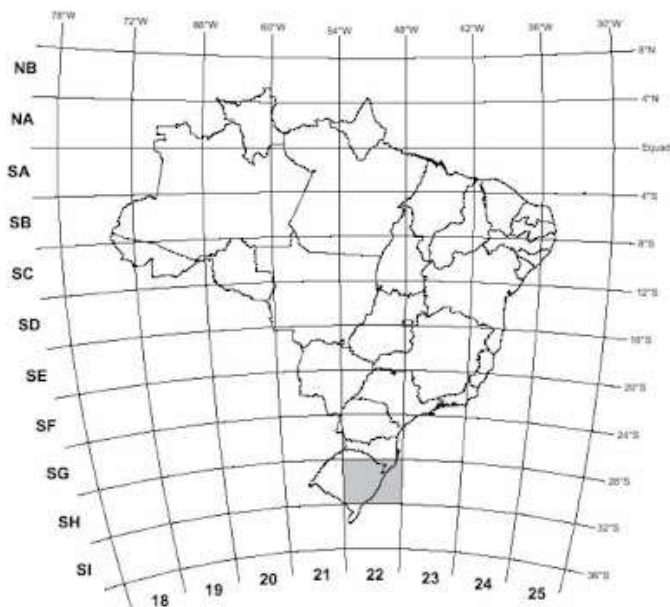


Fonte: Sirgas.org

Utilizar coordenadas de latitude e longitude para se localizar é uma tarefa relativamente simples, porém calcular distâncias ou criar um mapa em um papel que é plano e não esférico como o globo se torna mais complicado visto que estas coordenadas são a representação curva do Planeta. A fim de solucionar esse problema foi proposto o sistema de coordenadas planas Universal Transverso de Mercator (UTM) que através de procedimentos matemáticos transforma as coordenadas geodésicas em coordenadas planas

A projeção UTM resulta na composição de 60 fusos (também chamados de zonas) com amplitude de 6° de longitude, numerados da esquerda para a direita em relação à longitude 180 graus oeste. O Brasil possui 8 fusos, compreendidos entre 18 e 25, dentre eles, a cidade de Macapá se encontra no fuso 22, como mostra a figura 4.

Figura 6 - Fusos UTM no Brasil



Fonte: Rosa, Roberto; Cartografia Básica

2.6. GEOPROCESSAMENTO

Segundo Simões Rodrigues (2007), Geoprocessamento são todas as tecnologias utilizadas para aquisição, processamento, armazenamento, manutenção, interpretação e/ou análise de dados e informações georreferenciadas. Ao utilizarmos dados espaciais, estamos descrevendo um fenômeno associado a alguma dimensão no espaço que está associada à sua localização na superfície terrestre em determinado momento.

O geoprocessamento faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Uma das metodologias utilizadas é o Sistema de

informação Geográfica (SIG). Fitz (2008) conceitua SIG como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido. Ele é constituído dos seguintes componentes:

- Hardware: a plataforma computacional que será utilizada
- Software: programas, módulos e sistemas vinculados
- Dado: registros de informações resultantes de uma investigação
- Peopleware: profissionais e/ou usuários envolvidos

Dentro dessa concepção, pode-se afirmar que o componente mais importante é a base de dados, pois é o que reflete a representação da realidade.

O objetivo de se criar um sistema dentro de software é para entender a situação atual do local e as suas tendências, antecipar os cenários futuros e avaliá-los, para possível intervenção antes de aplicada no mundo real, atendendo à crescente preocupação com a eficiência e com a equidade do processo de planejamento.

2.7. ASPECTOS GERAIS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO

Cada tipo de solo encontrado em um local deve ter a sua ocupação compatibilizada, considerando os comportamentos geomecânico distintos que cada um apresenta diante de uma solicitação por obras civis. Partindo da identificação desse solo é possível ter o conhecimento de onde há potencial de ocupação sob o ponto de vista geoambiental. As metodologias de mapeamento geotécnico tentam compreender o comportamento geomecânico dos solos usam escalas variadas, através da interpretação de diferentes mapas temáticos e resultados de ensaios.

Segundo Higashi (2006), para um mapeamento geotécnico ser considerado completo, é necessário que seja levantado todos os dados e características do local que possa restringir a sua ocupação e definir as medidas mitigadoras e compensatórias que podem permitir a sua ocupação. Assim, a metodologia de planejamento geotécnico pode fornecer subsídios às entidades responsáveis pelo planejamento da universidade, resultando na orientação de uma ocupação mais segura e sustentável dos solos.

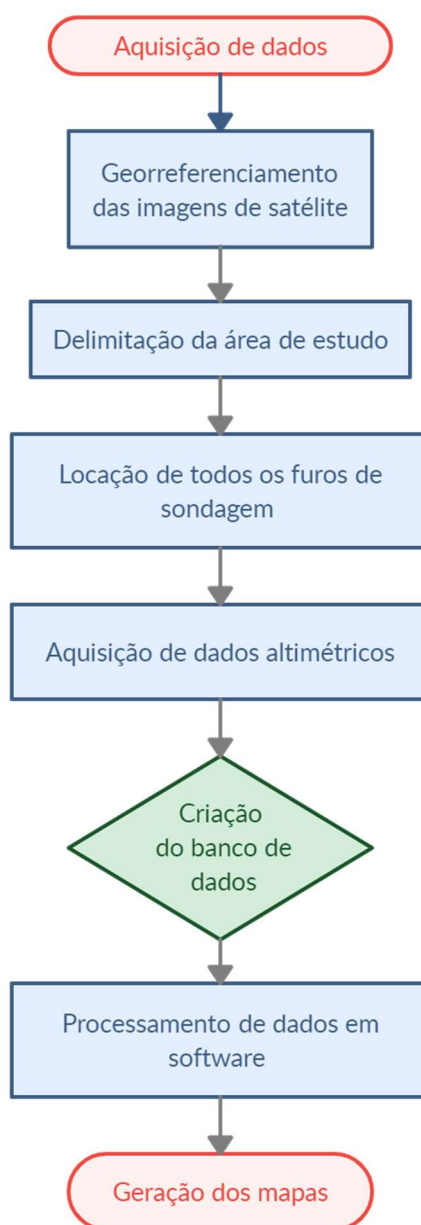
Gestão sustentável se trata de um processo interdisciplinar que aborda três pilares da sustentabilidade: vitalidade econômica, proteção ambiental e equidade social. A forma mais comum de conseguir atingi-la é fazer uso de estratégias que preservem os espaços verdes, desenvolvam espaços públicos estratégias de construções e desenvolvimento de um meio de transporte sustentável, garantindo uma qualidade de vida melhor no campus.

O planejamento também tem grande importância no ato de reconstituir, revitalizar e alcançar um ambiente mais sustentável. A revitalização entra como uma estratégia de manutenção das estruturas existentes para satisfazer exigências das atividades de trabalho, circulação e lazer, evidenciando as necessidades da população.

3 METODOLOGIA

Nesta etapa será explanada a forma como foi realizado o tratamento das informações, a inserção dos dados no software e confecção dos mapas que serão apresentados que foi feito a partir dos dados disponibilizados pela Prefeitura da UNIFAP em forma de laudos de sondagens SPT realizados no campus Marco Zero. O processo é apresentado no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma do método de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor,2022.

3.1 FONTE DE DADOS

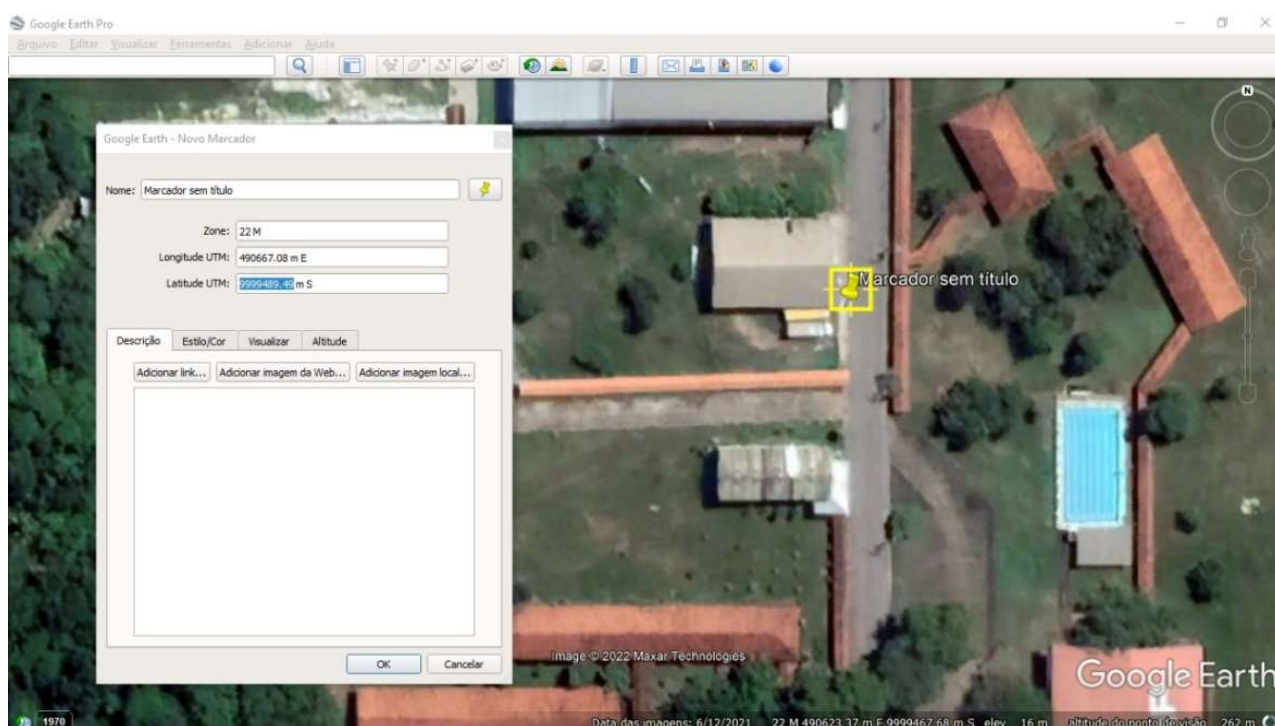
A prefeitura da UNIFAP disponibilizou os relatórios de sondagem e a planta baixa em formato .dwg das construções existentes e locais de prédios a serem construídos que foram usadas para levantamento dos dados. No acervo disponibilizado havia 56 furos de sondagens, realizados por empresas diferente, distribuídas pelo campus universitário.

Os dados de sondagem se encontravam em formato PDF e .xls (Excell), assim, necessitavam de tratamento das informações para se construir o banco de dados geotécnicos de forma que o programa pudesse ler o material e gerar os dados desejados para a elaboração do mapa.

3.2 GEORREFERENCIAMENTO DE IMAGEM

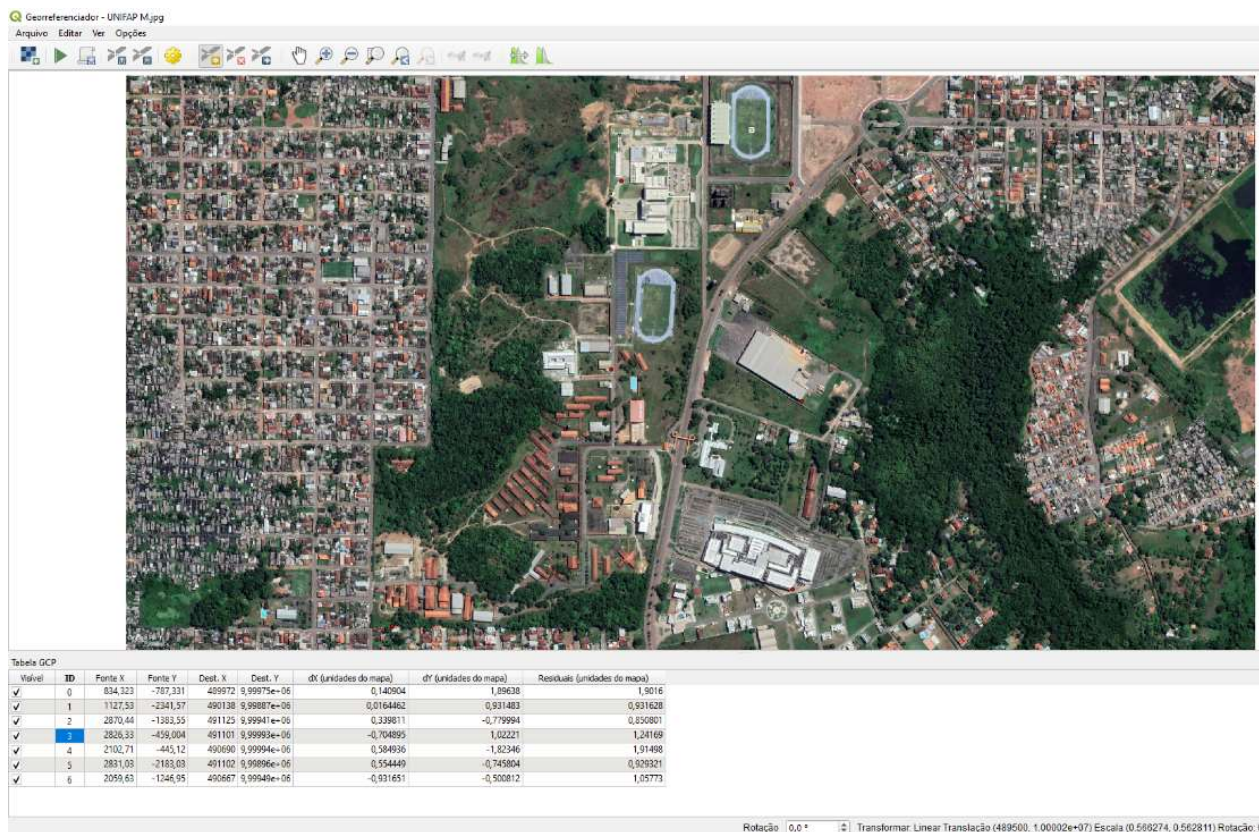
Usando a ferramenta Google Earth Pro foi gerada uma imagem de satélite da universidade que pudesse ser exportada ao programa QGis, ela foi gerada em formato .png e por esse motivo não possuía coordenadas registradas. Ainda fazendo uso do Google Earth, que permitia selecionar o tipo projeção UTM, foram retiradas as coordenadas de um ponto conhecido e de fácil identificação. Essas coordenadas foram inseridas na imagem por meio da ferramenta de geoprocessamento do software, sendo necessário no mínimo 5 pontos para que, por meio da interpolação de dados, pudesse ser obtida uma imagem georreferenciada.

Figura 8 – Aquisição das coordenadas pelo Google Earth



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Figura 9 – Utilização da ferramenta de Geoprocessamento no QGis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

3.3 LOCAÇÃO DOS FUROS

Tendo em vista que os laudos de sondagem não possuíam nenhuma coordenada geográfica, foi necessário procurar nos croquis a quantidade de furos de um local e a sua localização no terreno. Como a imagem já estava georeferenciada, assim que era marcado o local onde havia sido feito os furos de sondagem, já se podia obter a sua localização real.

As coordenadas obtidas foram todas em sistema de coordenadas UTM, utilizando o Sistema de referência geocêntrico para as Américas datado em 2000, na Zona 22N. A área da universidade está delimitada pela linha em azul e os furos de cada sondagem realizada estão representados pelos círculos em vermelho. O espaço possui uma área de 822289,732 m², sendo delimitada pela Rodovia Josmar Chaves Pinto, Rua Amadeu Gama, Av. Inspetor Aimoré e Av. Ivaldo Alves Veras.

Para delimitar a área de estudo, foi criado um shapefile de polígono e delimitar a área a ser estudada. Os dados de furos de sondagem obtidos, quando locados, ficaram concentrados em pequenos grupos em áreas afastadas uma das outras, visto que foram feitos

para estudos preliminares, assim, uma grande parte da universidade carecia de dados para gerar dados precisos em determinados locais.

Assim, optou-se por incluir no estudo os laudos obtidos do Hospital Universitário para que durante a interpolação, houvesse o máximo de informação possível distribuída pela área de estudo, no total foram locados 64 pontos.

Figura 10 – Delimitação da área da Universidade e furos de sondagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

3.4 DADOS ALTIMÉTRICOS

Para geração dos dados de altimetria, foi utilizado os dados gerados em formato TIF pelo projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil) que oferece de forma gratuita o Modelo Digital de Elevação (MDE) de todo o Brasil. Os dados foram disponibilizados passam pelas etapas de dados Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) constituído de preenchimento de falhas, refinamento, derivação e pós-processamento.

A sigla SRTM pode ser traduzida como Missão de topografia de radar de transporte, as imagens SRTM são resultados da missão espacial realizada em fevereiro de 2000 pelas agências espaciais americana (NASA e NGA), italiana (ASI) e alemã (DLR), elas podem ser manipuladas com uso de softwares de SIG. Segundo Silva (2006) a sua potencialidade para o uso na geomorfologia está tanto na interpretação visual das imagens como também nas informações que podem ser extraídas pelo processamento computacional delas.

Os dados disponibilizados pelo TopoData estão estruturados em quadrículas e identificadas seguindo o prefixo de 6 letras LAHLON, em que LA é a latitude do canto superior esquerdo da quadrícula, H refere-se ao hemisfério desta posição (S, Sul, ou N, Norte) e LON sua longitude. Para este trabalho foram utilizadas as quadriculas 00s525 e 01n525, por serem a fonte de dados correspondentes a área de estudo.

Figura 11 – Quadrículas do Brasil do projeto TopoData



Fonte: TopoData, 2008

Figura 12 – Quadriculas do estado do Amapá

		05n525		
		04n525	04n51	
03n555	03n54	03n525	03n51	
02n555	02n54	02n525	02n51	
01n555	01n54	01n525	01n51	01n
00s555	00s54	00s525	00s51	00s
01e555	01e54	01e525	01e51	01e

Fonte: TopoData, 2008

Após o tratamento das informações no software, foi possível obter as curvas de nível do campus Marco Zero e seus correspondentes valores altimétricos. Com o arquivo TIF georreferenciado inserido no software, foi possível através do plugin Point Sampling Tool extrair as informações desejadas da camada que possuía o relevo. Utilizando como referência os pontos dos furos de sondagem anteriormente inseridos no programa foram coletados as cotas em que se encontravam cada furo de sondagem.

Com o auxílio do Professor Fabiano do colegiado de Geografia também foi possível ter acesso aos dados cartográficos do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), onde foi disponibilizado o MDE da capital. O mesmo foi utilizado para gerar arquivos para o projeto do Plano Diretor da universidade e possui dados mais precisos em relação ao TopoData pela quantidade de informações contidas em um pixel. Enquanto o TopoData trabalha com pixels de tamanho 30m, os dados do exército possuíam pixels de 2,5m. Por meio dele também foi retirado os valores altimétricos da mesma forma do modelo anterior e gerado o mapa de relevo abaixo.

O BDGEx é a ferramenta de disseminação dos dados geoespaciais matriciais e vetoriais produzidos pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), atualmente ele possui mais de 12.000 produtos para visualização, análise ou download, com seus metadados. São as cartas topográficas, ortoimagens coloridas, modelos digitais de superfície e do terreno, modelos de estratificação vegetal e dados geoespaciais vetoriais, produzidos a partir de imagens de Radares de Abertura Sintética (SAR).

O BDGEx é o nó do Exército na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), e possui entre suas principais características: o suporte a diferentes formatos de dados, consulta a metadados, navegação visual, downloads, e compatibilidade com os padrões de serviços web do Open Geospatial Consortium (OGC).

Foram disponibilizados 2 arquivos tipo Raster que representam dados de altimetria da área determinada, um foi o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o outro o Modelo Digital de Superfície (MDS). Enquanto o MDS representa a altimetria de todos os objetos acima do solo, o DTM desconsidera todos esses elementos, representando a altimetria do terreno. Dessa forma, foi utilizado o arquivo DTM

3.5 ELABORAÇÃO DA PLANILHA

Foi necessário criar um modelo de planilha de fácil entendimento para o software, de modo a facilitar a manipulação dos dados no sistema sem comprometer os resultados obtidos. Assim, o banco de dados foi criado em uma planilha no Excell com os dados necessários para o tipo de mapa que quisesse ser obtido.

Inicialmente foi atribuído um ID a cada furo de sondagem para que fosse possível vincular os dados a partir deles. Em seguida foram criadas colunas especificando suas coordenadas em X e Y, o local onde ele se localizava, a sua altimetria e em seguida os valores de NSPT e impenetrável. As coordenadas foram obtidas a partir das imagens já georreferenciadas, visto que na época em que os relatórios foram elaborados, essa informação não era exigida por norma, necessitavam apenas de um referencial. Foram necessárias duas planilhas diferentes adaptadas às duas fontes de valores altimétricos, uma com base nos resultados obtidos no processamento de dados do TopoData e outra a partir dos dados do Exército.

Figura 13 – Tabela de dados de entrada

geral_fid	Local	coordX	coordY	exercito_alti	NSPT1	NSPT2	NSPT3	NSPT4	NSPT5	NSPT6	IMPENETRÁVEL
1	Almoxarifado e patrimônio	49.057.600.000.000.000	999.950.000.000.000.000	15,29	5	18	27	33	41	25	7,15
2	Almoxarifado e patrimônio	49.057.600.000.000.000	999.952.000.000.000.000	14,6	0	4	6	24	31	41	7,15
3	Almoxarifado e patrimônio	49.051.700.000.000.000	999.952.000.000.000.000	14,84	0	5	6	24	31	39	7,15
4	Almoxarifado e patrimônio	49.051.800.000.000.000	999.950.000.000.000.000	15,01	7	17	32	31	45	56	8,15
5	Almoxarifado e patrimônio	49.054.800.000.000.000	999.951.000.000.000.000	14,63	0	7	14	18	39	52	8,15
6	Centro de educação	49.064.700.000.000.000	999.945.000.000.000.000	15,23	2	2	4	5	15	24	9,5
7	Centro de educação	49.065.300.000.000.000	999.945.000.000.000.000	15,19	7	4	5	10	15	22	9,5
8	Centro de educação	49.065.300.000.000.000	999.946.000.000.000.000	15,38	7	5	6	9	15	24	9,5
9	Centro de educação	49.066.400.000.000.000	999.945.000.000.000.000	15,41	2	2	4	11	11	20	9,5
10	Centro de educação	49.066.400.000.000.000	999.946.000.000.000.000	15,6	2	3	4	9	12	20	9
11	Pista de atletismo	49.078.400.000.000.000	999.972.000.000.000.000	12,85	0	0	0	7	7	28	8,3
12	Pista de atletismo	49.073.600.000.000.000	999.964.000.000.000.000	15,28	7	9	33	21	26	43	8,3
13	Biblioteca	49.074.100.000.000.000	999.912.000.000.000.000	12,52	0	0	0	6	7	24	9,45
14	Biblioteca	49.075.300.000.000.000	999.910.000.000.000.000	12,17	0	0	0	6	7	17	9,40
15	Biblioteca	49.074.800.000.000.000	999.911.000.000.000.000	12,31	0	0	0	5	7	19	9,45
16	Biblioteca	49.075.400.000.000.000	999.915.000.000.000.000	11,67	0	0	0	0	6	8	9,45
17	Biblioteca	49.074.700.000.000.000	999.916.000.000.000.000	11,52	0	0	0	0	6	8	8,15
18	Biblioteca	49.076.100.000.000.000	999.915.000.000.000.000	11,79	0	0	0	0	1	5	9,45
19	Biblioteca	49.075.100.000.000.000	999.914.000.000.000.000	11,87	0	0	0	0	4	7	8,3
20	Biblioteca	49.075.000.000.000.000	999.913.000.000.000.000	12,19	0	0	0	6	7	30	8,3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Na Figura 14 se pode observar um exemplo de como se pode identificar, dentro do software, o id de cada furo de sondagem acrescentado. Além disso, como tabela de auxílio, para a identificação do tipo de solo encontrado em cada um dos locais de furos de sondagem, foi elaborada uma tabela resumo com a classificação do solo que se relaciona com seu id, como mostra a Figura 15.

Figura 14 – Identificação dos furos de sondagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Figura 15 – Classificação do solo

ID	1M	2M	3M
1	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO COR AMARELADO	ARGILA SILTOSA RIJA A DURA COR ESBRANQUIÇADA	ARGILA SILTOSA RIJA A DURA COR ESBRANQUIÇADA
2	SILTE ARENO-ARGILOSO FOFA A POUCO COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO FOFA A POUCO COMPACTO COR AMARELADO	ARGILA SILTOSA DURA COR ESBRANQUIÇADA
3	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO
4	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A COMPACTO COR AMARELADO
5	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO COR AMARELADO
6	SILTE ARENO ARGILOSO COM ESCURA FOFO	SILTE ARENO ARGILOSO COM ESCURA FOFO	ARGILO SILTO ARENOSA COM PEDREGULHO VARIEGADA MÉDIA
7	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA
8	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA POUCO COMPACTA
9	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA
10	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA	SILTE ARENO ARGILOSO COR ESCURA FOFA
11	SILTE ARENO-ARGILOSO, POUCO COMPACTO A COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO, POUCO COMPACTO A COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO, POUCO COMPACTO A COMPACTO, COR AMARELADO
12	SILTE ARENO-ARGILOSO, POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO-ARGILOSO, POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO ARGILOSO, COM PEDREGULHOS, COMPACTO A MUITO COMPACTO, COR VARIEGADA
13	SILTE ARENO ARGILOSO, POUCO COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO ARGILOSO, POUCO COMPACTO, COR AMARELADO	SILTE ARENO ARGILOSO, COM PEDREGULHOS, MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO, COR AMARELADO

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

3.6 GEOPROCESSAMENTO DE MAPAS

Para gerar os mapas com informações do índice de penetração do solo foi utilizado o software ArqGis, disponibilizado pela coordenação do curso de Geografia da UNIFAP. Ele foi escolhido devido a facilidade de se utilizar as ferramentas de interpolação e de gerar e editar os mapas com as informações necessárias.

Ao total, foram gerados 12 mapas, que se iniciavam na cota do furo mais alto, 14 metros, e que iam até a cota de 9 metros. 6 desses mapas foram gerados com base nos dados altimétricos obtidos da fonte do TopoData e outros 6 com base na fonte do Exército Brasileiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

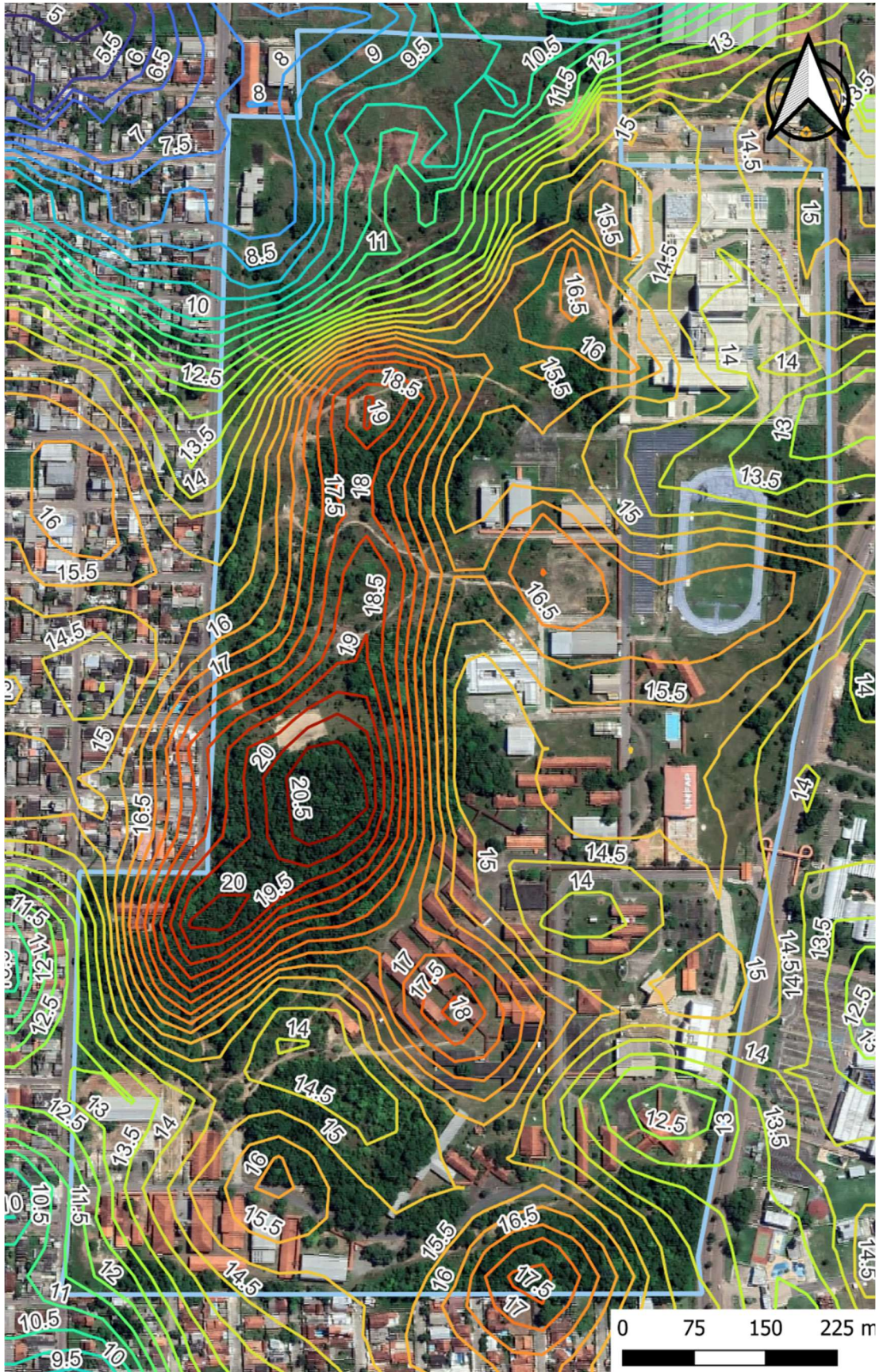
O presente capítulo tem o objetivo de apresentar os resultados alcançados do estudo em termos de geração de superfícies que representassem os valores de NSPT delimitado pela área de estudo da UNIFAP. Não foram realizados mapas de nível de lençol freático pela falta de dados desta variável nos laudos de sondagem, apenas os relatórios da área do Hospital Universitário possuíam tal informação. Além disso, buscou se explicar de forma visual a metodologia aplicada para a representação dos mapas.

4.1 MAPAS DE RELEVO

A seguir é apresentado os dois mapas de relevo que foram gerados. Enquanto no mapa do TopoData é apresentado contornos mais lineares, o mapa de relevo do exército apresenta curvas mais sutis e com maiores detalhes de contornos das elevações. Além disso, no primeiro foi notada a variação de 5m até 20,5m, já no segundo é observado dados altimétricos de 3,5m à 16,5m.

Os dados processados apontaram que ambos os mapas possuem seus pontos mais altos na cota de 15 metros, porém, pela fonte do TopoData, o terreno da UNIFAP possui um relevo mais plano, onde o ponto mais baixo se situa na cota de 13m. Já os dados do exército apontam locais de furo de sondagem que foram iniciados na cota dos 11metros.

Figura 16 - Relevo da UNIFAP segundo TopoData



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Figura 17 - Relevo da UNIFAP segundo BDGEx



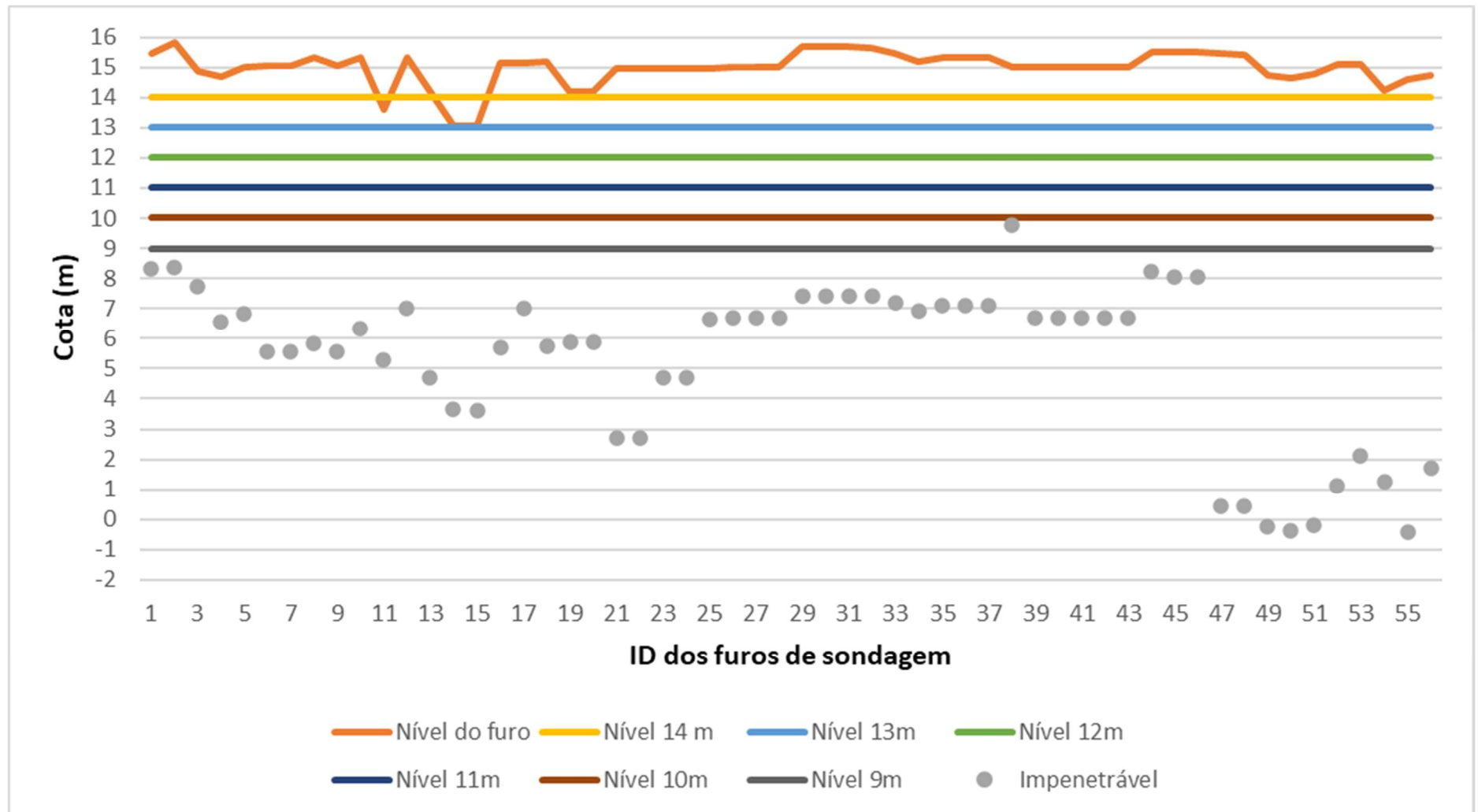
Fonte: Elaborados pelo autor, 2022

4.2 PLANOS DE CORTE

Para melhor entendimento da metodologia seguida neste trabalho, no gráfico 1 e 2, é representado pela linha laranja a cota inicial de cada furo de sondagem, dados que foram obtidos a partir dos mapas de relevo das figuras 16 e 17. Como forma de padronização, na geração dos mapas foram arredondados para baixo os valores altimétricos e adotado como marco inicial o valor inteiro do furo na cota mais alta, sendo ela igual a 15m.

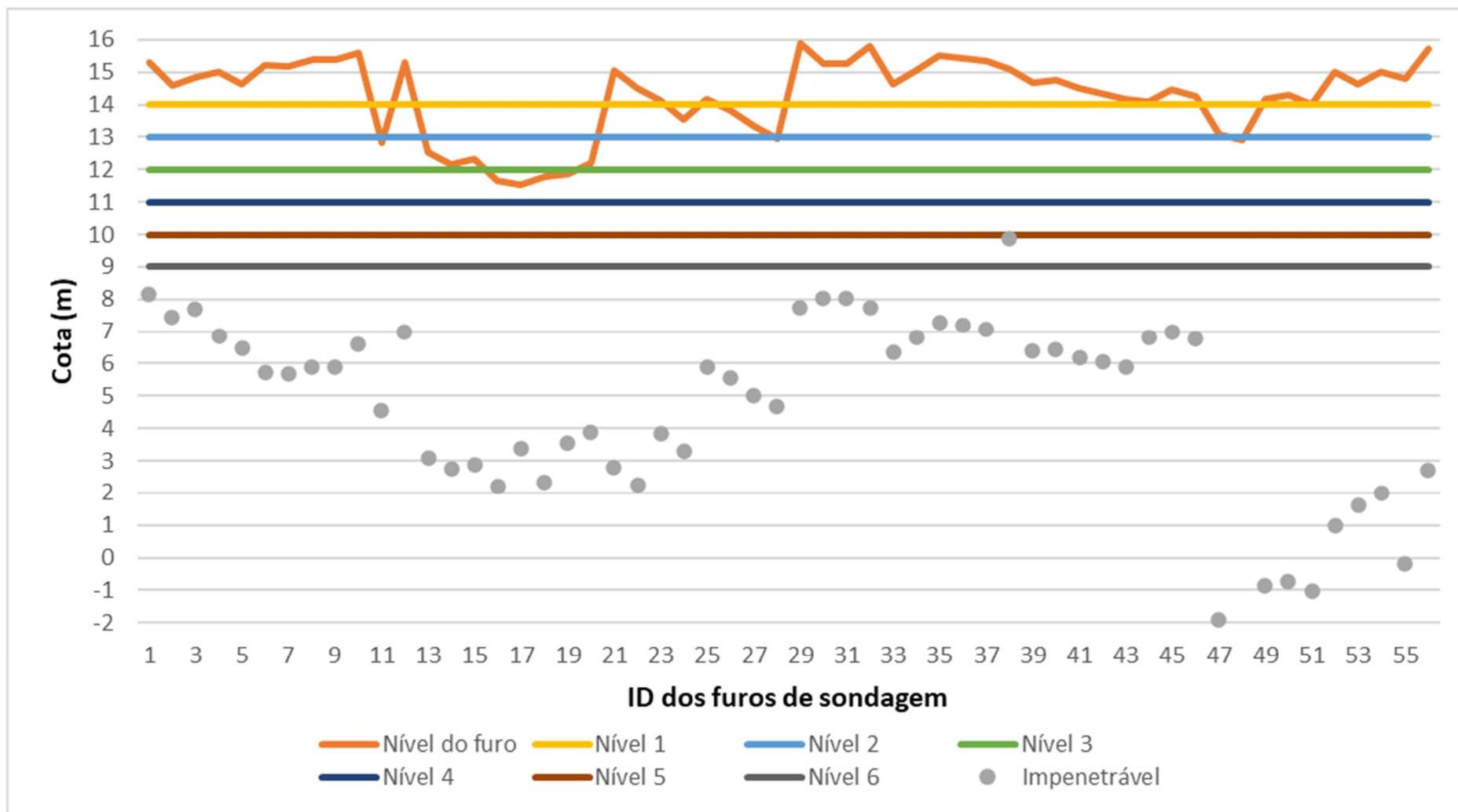
Neles também são observadas linhas horizontais que indicam os 6 planos de corte feitos no terreno da UNIFAP para geração dos mapas com valores do N_{spt} , a partir deles podem ser identificados em qual cota temos a presença de dados de cada um dos furos de sondagem. Por exemplo, no gráfico 1 o furo de sondagem, que possui Id 11, só terá seus dados levados em consideração a partir do nível 13m, por estar em uma cota mais baixa em relação aos outros furos. Essa explicação se faz necessária para entendimento dos mapas que serão apresentados na seção 4.3. Já os círculos em cinzas representam a cota em que o furo de sondagem atingiu o impenetrável a percussão.

Gráfico 1 – Cota dos furos e impenetrável como fonte altimétrica dados do TopoData



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Gráfico 2 - Cota dos furos e impenetrável como fonte altimétrica dados do Exército



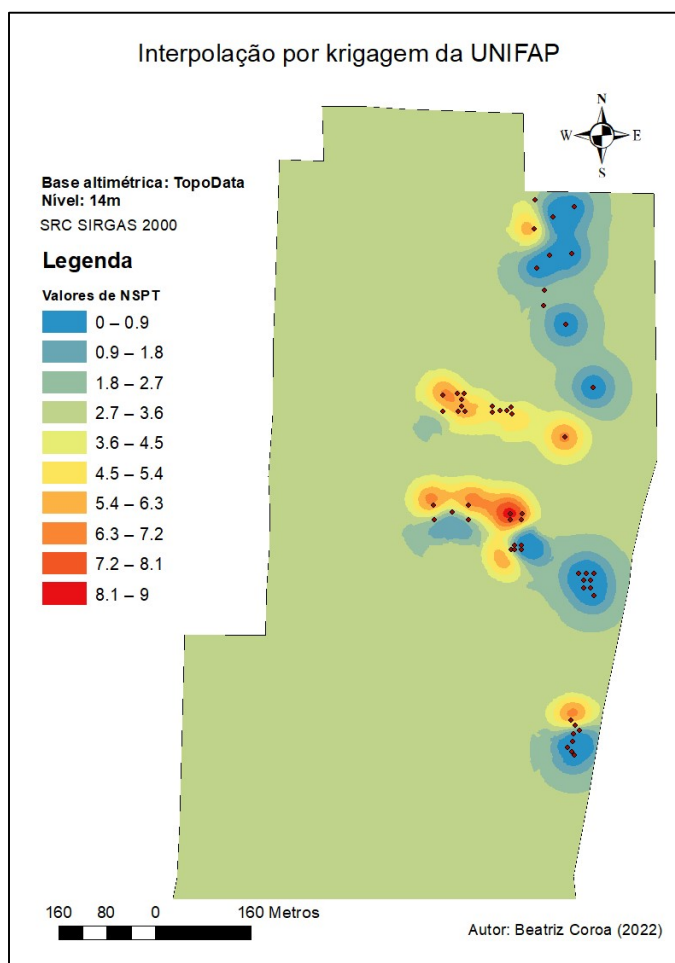
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

4.3 MAPAS DE DADOS NSPT

Devido a diferença de cota de alguns furos referentes às duas bases altimétricas, serão apresentados os mapas de valores NSPT de ambos para fins de comparação dos resultados obtidos. Os mapas foram gerados a partir dos 14 metros de profundidade, tendo como referência os locais dos furos de sondagens mais elevados, e vão até os 9 metros de profundidade. Para furos que não apresentavam valores nas cotas mais altas, foram atribuídos valores iguais a zero.

Pelo processo de Krigagem foi possível estimar somente valores de uma pequena área, já que nem todo o terreno do campus possuíam dados de furos de sondagem. Dessa forma, o software atribuiu um valor constante nesses locais. Como sabemos que na realidade temos variações constantes no perfil topográfico, optou-se por utilizar a interpolação pelo inverso da distância, que estimava um valor para a área total da universidade.

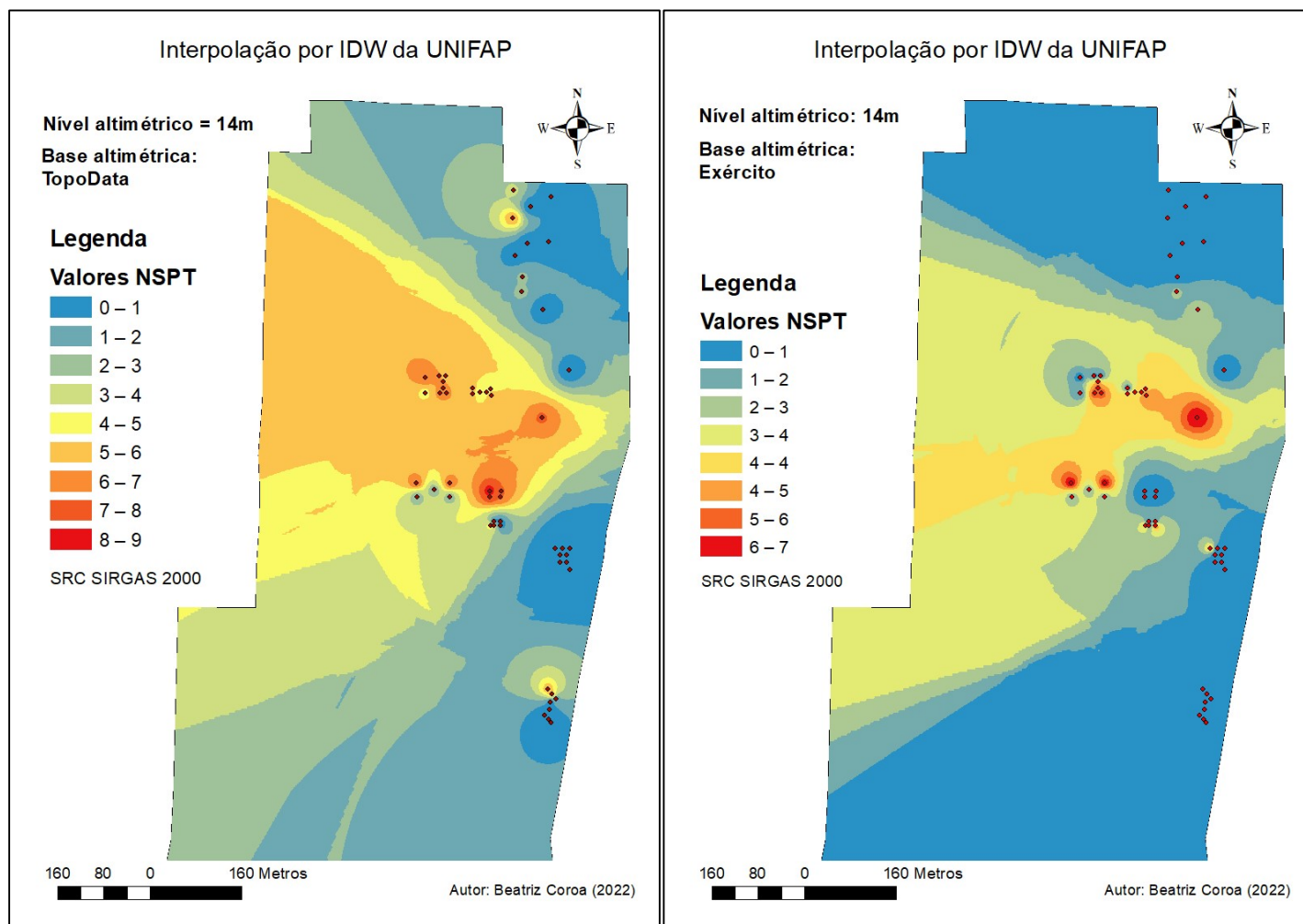
Figura 18 – Interpolação por krigagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

4.2.1 Profundidade igual a 14 metros

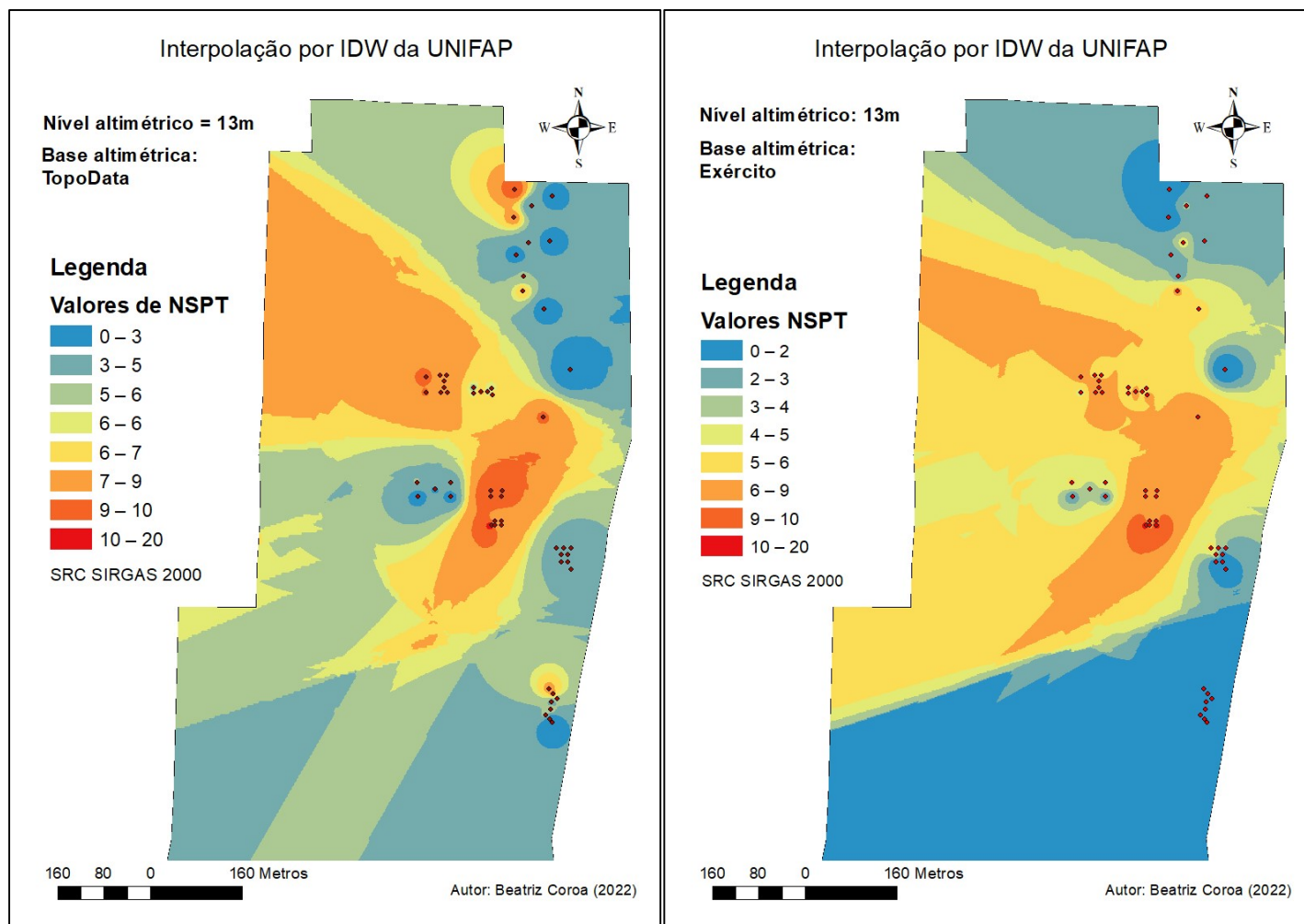
Figura 19 – Interpolação por IDW aos 14m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

4.2.2 Profundidade igual a 13 metros

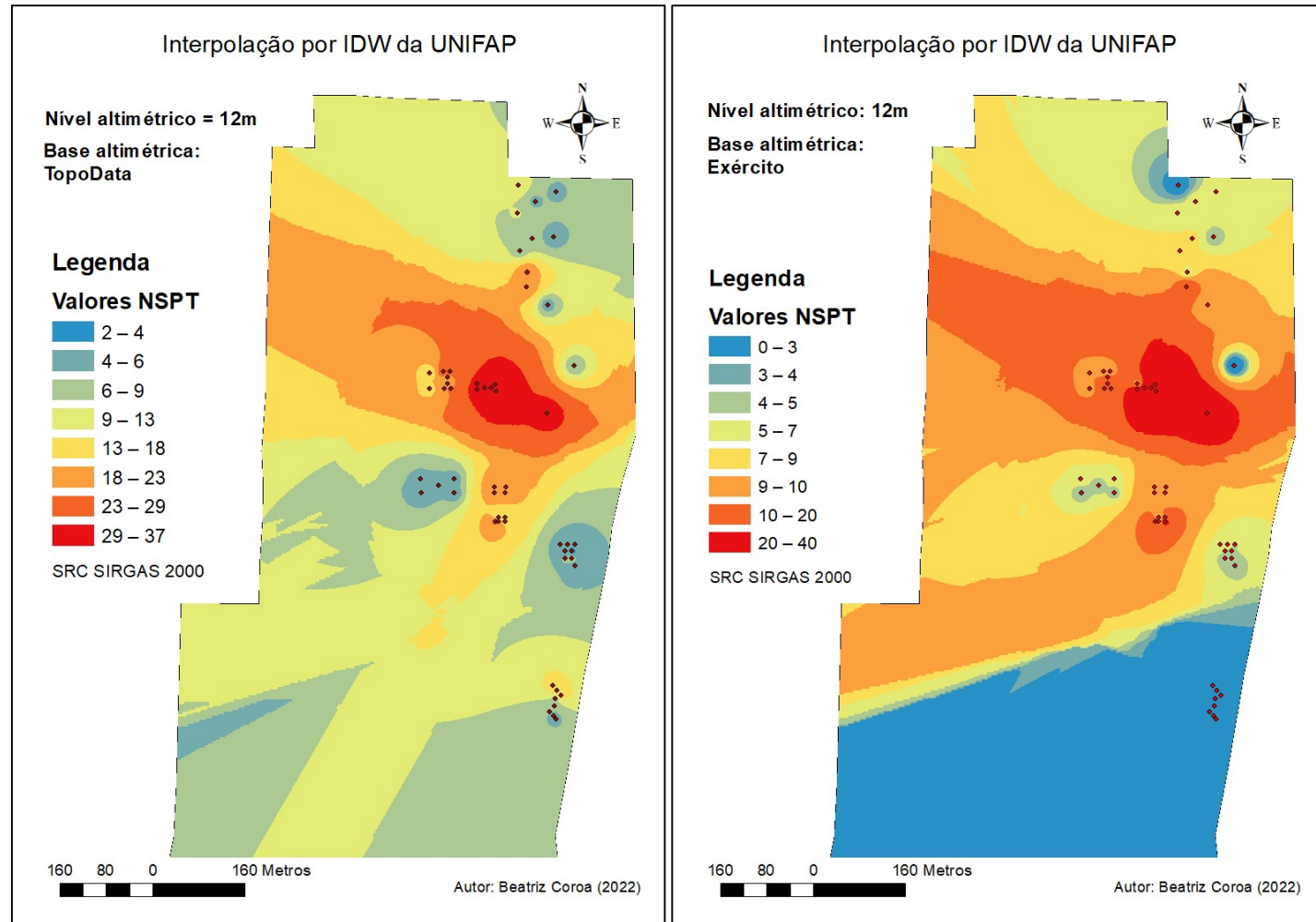
Figura 20 - Interpolação por IDW aos 13m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

4.2.3 Profundidade igual a 12 metros

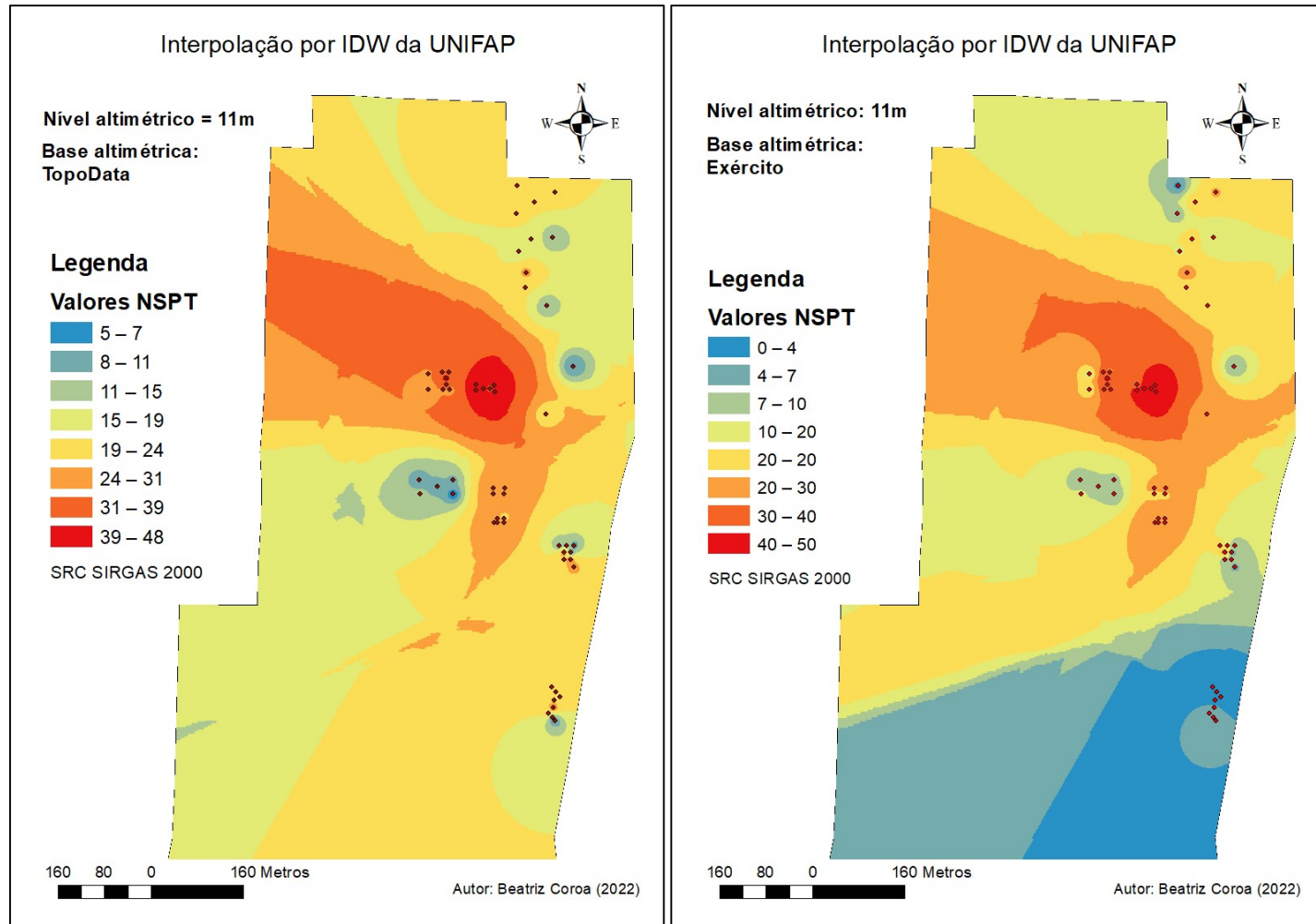
Figura 21 - Interpolação por IDW aos 12m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

4.2.4 Profundidade igual a 11 metros

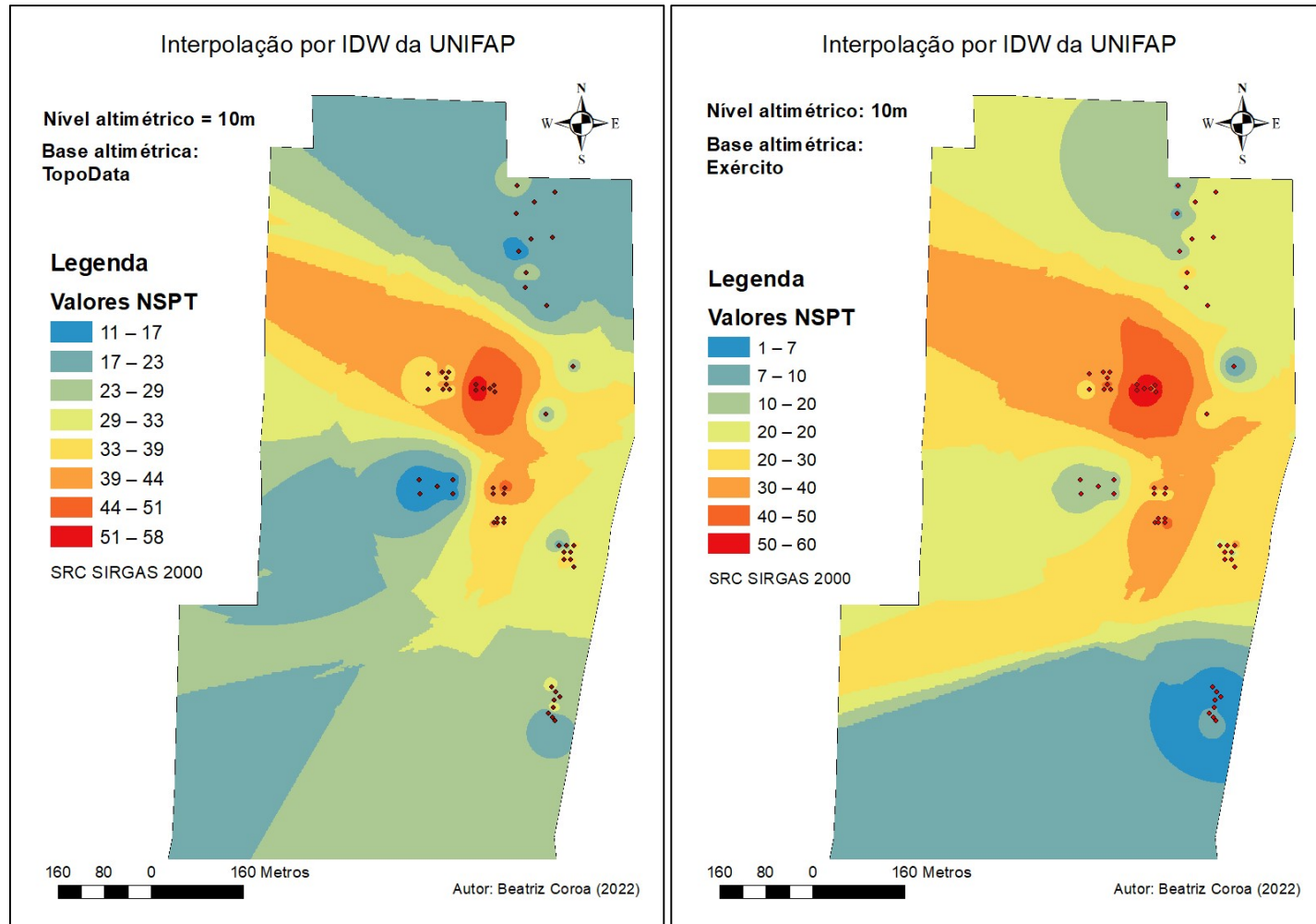
Figura 22 - Interpolação por IDW aos 11m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2.5 Profundidade igual a 10 metros

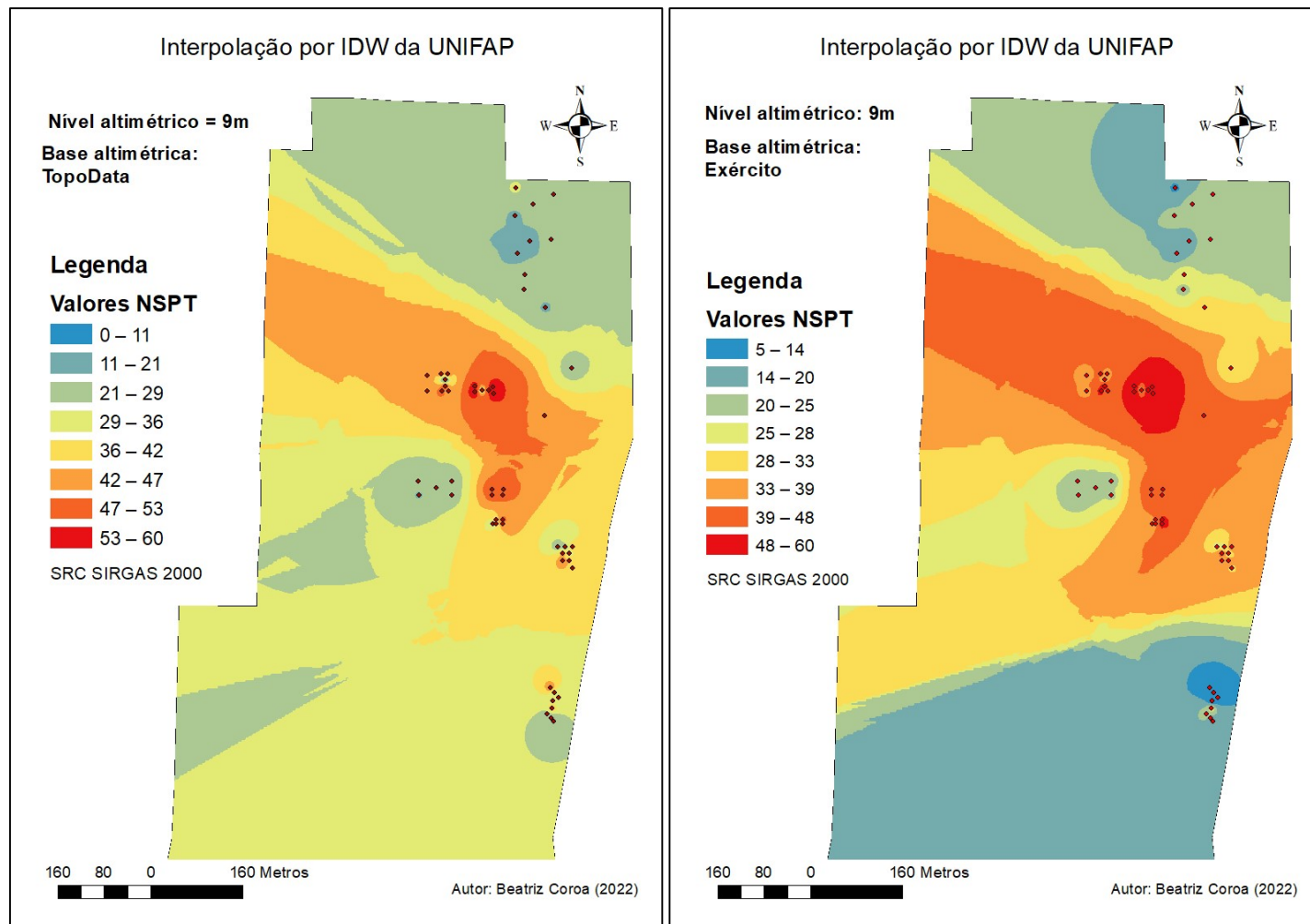
Figura 23 - Interpolação por IDW aos 10m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2.6 Profundidade igual a 9 metros

Figura 24 - Interpolação por IDW aos 9m



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2.7 Análise dos mapas

Os pontos em azul claro, que apresentam valor igual a zero, significam que o a altimetria inicial daquele local não se encontra na cota de 14 metros e isso vale para os demais mapas gerados. Para os mapas cuja fonte foi o TopoData, inicialmente nota-se que a interpolação se concentra no centro do terreno da universidade, com uma variação de 0 a 9, apresentando valores acima de 4 na região central e máximo de 9 em uma pequena área, na Garagem do campus, possível ver na Figura 19. Já para os mapas cuja fonte foram os dados altimétricos do exército é mostrado, que ele apresenta menos furos dentro da cota de 14 metros, por conta disso, suas extremidades norte e sul não apresentam dados para análise, sendo a sua variação de 0 a 7 NSPT, onde uma extensão pequena possui valores acima de 4, sendo elas a área do centro de educação e o lado direito da pista de atletismo.

Nos dados apresentados na Figura 20 nota-se o aumento da resistência do solo no meio do campus em ambos os mapas, o primeiro apresentando valores médios igual a 8 , e o segundo igual a 6, ambos os mapas possuem valores máximos entre 10 e 20 Nspt. O primeiro mapa passa a contar com dados do centro de educação, biblioteca e hospital universitário, o que o faz ganhar maior riqueza de dados na interpolação devido ao aumento da área e espalhamento dos pontos de sondagem. O segundo começa a apresentar mais dados para análise no centro do campus, incluindo setores como o complexo esportivo e hospital universitário, o que conseqüentemente passa a apresenta uma resistência mais homogênea no centro que varia de 6 a 9 golpes.

Na figura 21, são incluídos na análise de dados, do mapa 1, todos os furos de sondagem que passa a apresentar valor mínimo igual a 2 e no centro demonstra uma ótima resistência do solo com valores que chegam a 37 Nspt, localizada na região em que se encontra a garagem, próximo aos blocos de sala de aula do curso de letras. O segundo mapa também passa a apresentar valores maiores para a extremidade norte, igual a 5 NSPT e mantém a homogeneidade no seu centro, agora apresentando mais resistência em uma extensão maior.

Na figura 22 todos os furos já possuem valores para interpolação a partir da cota de 11m no mapa 2. Nos dois mapas é possível verificar a variabilidade de resistência encontrada nessa cota devido a diferença de altura entre os níveis dos furos. Partindo disso, podemos afirmar que, analisando ambas as fontes de dados altimétricos, a parte mais alta do campos se

encontra no seu centro, próximo a garagem e o ginásio esportivo, e seus pontos mais baixos na região do hospital universitário e biblioteca.

Nas figuras 23 e 24 é visível o aumento gradativo da resistência do solo em toda a sua extensão, chegando ao valor máximo de 60 golpes. Neles podemos observar que a falta de dados em locais como os blocos de aula da área da saúde, casa do estudante e demais regiões extremas geram valores médios questionáveis do ponto de vista geotécnico, já que o perfil geológico não é algo que possa ser equacionado e deduzido, ele é resultado de diversas variáveis que geram valores aleatórios para o mesmo, podendo várias bruscamente em uma distância pequena e nos mapas é apresentado uma constância em uma área considerável. Portanto, locais próximos aos furos nos dão valores mais preciso e confiáveis enquanto com o aumento da distância desses locais essa confiabilidade vai diminuindo.

5 CONTRIBUIÇÃO PARA AS DIRETRIZES DE USO E OCUPAÇÃO

Primeiramente, é importante afirmar que os ensaios de sondagem a percussão se tornam indispensáveis para estudos preliminares de futuras edificações do local, a norma NBR 6122:2022 recomenda como estudo preliminar, no mínimo, a sondagem SPT. Além disso, o mapeamento apresentado tem o intuito de orientar as investigações geotécnicas locais e não as substituir, ou seja, serve como estimativa para futuras construções.

Com base no que foi apresentado, é perceptível que construções que forem locadas na parte mais ao sul e norte do campus terão maiores custos com a execução de serviço de terraplanagem, por se tratar de áreas mais desniveladas. As áreas nortes e suís do campus se trata de locais de níveis mais baixos, sendo a principal rota para escoamento natural e acúmulo de água das chuvas, o que as tornam áreas viáveis para captação e desvio para as redes públicas de água, onde a gravidade ajudaria no escoamento.

Recomenda-se que a partir da escolha do local e porte da edificação, sejam analisados os mapas para verificação prévia da cota na qual o solo passa a ter resistência ideal para suportar o empreendimento. Pelos resultados obtidos na interpolação, o terreno da UNIFAP possui resistência significativa para assentamento de fundação rasas em toda a sua extensão, sendo necessário o recolhimento de dados para verificação do nível da água no local a ser construído

Nos casos que serão necessários a utilização de fundações profundas, e levando em consideração somente o N_{spt} , não se recomenda o uso de estacas raiz devido recomendação de uma resistência mínima de mais 60 golpes, recomendada por Aoki e Cintra na Tabela 02. Para a utilização de estacas Franki é necessário estudo prévio para verificar se o solo é argiloso ou arenoso, e assim, se ter conhecimento da cota recomendada para assentamento dela. Para escolha definitiva do tipo de fundação profunda é necessário avaliar o tipo de edificação, as cargas que essa edificação vai transmitir até a fundação, avaliar a topografia do local.

Para estacas com fuste menor que 30 cm, devido a exigência de uma resistência com valores médios entre 15 e 25 N_{spt} estabelecida por Cintra e Aoki, é aconselhável o uso de estacas pré-moldadas, por se um índice de resistência a penetração encontrado em diversas cotas do terreno. Essas opções ajudam no pré-dimensionamento da edificação, podendo gerar orçamento iniciais para estabelecer previsões de gastos, mão de obra, mobilização de máquinas e pessoas.

6 CONCLUSÃO

O trabalho apresentado se trata do desenvolvimento de um banco de dados de resistência do solo da Universidade Federal do Amapá e posterior lançamento em ambiente SIG a partir da interpretação e recolhimento de informações de relatórios de sondagem de edificações existentes e a serem construídas disponibilizados pela prefeitura do campus. Nele foram descritas as atividades que antecederam a criação do banco de dados, tratamento das informações e lançamento nos softwares adequados para georreferenciamento e interpolação. A utilização de programas SIG se torna indispensável para o processamento dos dados devido a facilidade e rapidez com que se pode obter os mapas desejados e delimitar de forma precisa a área de estudo. A interpolação por Krigagem foi descartada por estimar somente valores de uma pequena área e manter valores constantes para locais onde não havia furos de sondagem, como sabe-se que na realidade isso não acontece, optou-se por utilizar a interpolação pelo inverso da distância, que estima um valor para a área total da universidade.

Na análise dos mapas, é de grande relevância a fonte de dados de bases altimétricas que será utilizada nos estudos, variável de interferiu diretamente nos resultados das regiões que se encontravam os furos mais extremos ao norte e sul da universidade, isso se dá pelas constantes modificações do local e evolução tecnológica para extração de dados mais precisos. É importante ressaltar a importância de se utilizar fontes atualizadas e de órgãos confiáveis para tal tarefa, além realizar estudos específicos para obtenção desses dados durante a fase de estudos preliminares, assim, obtendo um valor preciso daquele local para comparação com as duas fontes apresentadas.

Além disso, foi desenvolvido mapas de valores de resistência a percussão do solo, que ao realizar a análise visual, percebe-se o progressivo aumento dos valores médios de NSPT no decorrer do aumento da profundidade, principalmente na região central do campus em ambas as fontes de dados altimétricas. Áreas ao sudoeste, oeste e noroeste carecem de dados para a análise, a região não possui furos de sondagem para análise, o que impactou diretamente nos resultados obtidos. Foi apresentada como uma área de valores constantes de Nspt em uma extensão grande, algo que não condiz com a realidade de conhecemos, por se tratar de de uma característica dependente de diversas variáveis, dessa forma, não recomenda-se o uso dos mapas para área muito distantes aos locais dos furos de sondagem.

Através dos mapas, nota-se que construções que forem localizadas na parte mais ao sul e norte do campus terão maiores custos com a execução de serviço de terraplanagem, além de

serem viáveis para estratégias de captação e escoamento das águas chuvas. Foi observado que o terreno da UNIFAP possui resistência significativa para assentamento de fundação rasas em toda a sua extensão. Em casos em que for constatado que, pelo tipo de edificação, cargas que serão transmitidas até a fundação e topografia do local; será necessário utilizar fundações profundas, recomenda-se fazer uso pré-moldadas com fuste menor que 30cm, por exigir um índice de resistência a penetração que pode ser encontrado em diversas cotas do terreno da universidade, além disso não é recomendado o uso de estacas raiz devido recomendação de uma resistência mínima de mais 60 golpes.

Apesar do conhecimento apresentado, os ensaios de sondagem a percussão se tornam indispensáveis para estudos preliminares de futuras edificações do local, visto que o mapeamento feito tem o intuito de orientar as investigações geotécnicas locais e não as substituir. Ademais, ainda existem diversas partes do campus que não possuem dados para processamento em software, fazendo com que as parte mais afastadas dos furos tenham valores menos precisos, aumentando a probabilidade de erros entre o real e o digital. Isso torna o banco de dados apto para acréscimo de novas informações que posteriormente serão recolhidas.

Dessa forma, a análise apresentada contribuem sendo uma fonte base de novas construções, podendo ser verificado qual tipo de edificação é adequado para cada local, orientar quanto ao tipo de fundação e seu pré-dimensionamento, analisar investimentos preliminares, auxiliar a previsão de possíveis custos, métodos construtivos, maquinários e viabilidade de projetos. Todos esses fatores contribuem para planejamento da universidade, embasando futuros orçamentos para empreendimentos de expansão, análise de custos, viabilidade de projeto. Portanto, este trabalho visa contribuir para planejamento e gestão de uso e ocupação do solo e instalação de futuros empreendimentos na Universidade Federal do Amapá.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A limitação de informações dificultou o estudo, mas não inviabilizou a criação dos mapas. Para tanto, sugere-se para estudos futuros as seguintes questões:

- Devido as limitações de quantidade de furos apresentada anteriormente, sugere-se para a obtenção de mais relatórios de sondagem junto a empresas ou através da própria universidade, principalmente de locais mais afastados dos furos apresentados.
- Adquirir relatórios de sondagem com coordenadas geográficas e, se possível, valores altimétricos colhidos no local do furo.
- Efetuar ensaios de infiltração para se determinar o nível do lençol freático da universidade, dada a carência dessa informação e considerar a sazonalidade de períodos secos e de chuvas
- Gerar os mapas através de outras metodologias de interpolação e em ambientes SIG diferentes.

É válido destacar a importância da contínua atualização do banco de dados geológico-geotécnicos, assim como a complementação de novas informações, visto que a precisão dos dados gerados é determinada pela quantidade de informações e localização a que pertencem.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VILLAÇA, Flávio (2004). **Uma Contribuição Para A História Do Planejamento Urbano No Brasil**. O Processo de Urbanização no Brasil. São Paulo: EDUSP, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações, 2022.

LANDIM, Paulo M. B. **Sobre Geoestatística E Mapas**. Disponível em: https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/t_didatica_2006_v02n01_p019-033_landim.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.

THIESEN, Stephanie. **APLICAÇÃO DE FERRAMENTA SIG PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E CARTAS DE APTIDÃO PARA FUNDAÇÃO A PARTIR DE ENSAIOS SPT : UM ESTUDO DE CASO EM BLUMENAU/SC**. 2016. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição**. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

CINTRA, José Carlos A, AOKI, Nelson. **Fundações por estacas – projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa (EMBRAPA) . **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF, 2004.

BEBER, Paola Costa. **INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO DO BAIRRO DE CAMOBI EM SANTA MARIA – RS A PARTIR DE SONDAgens SPT**. 2017. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos Em Geociências – Acesso E Uso De Dados Geoespaciais**. Rio de Janeiro : 2019, 147 p.

SILVA, Ronaldo Umbelino Rolim. **APLICAÇÃO DE FERRAMENTA SIG PARA A INTERPOLAÇÃO DE DADOS OBTIDOS EM ENSAIOS SPT: ANÁLISE DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO, DO IMPENETRÁVEL E DOS VALORES DE NSPT DA REGIÃO CENTRAL DE MACAPÁ – AP.** 2019. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amapá, Macapá.

Felix, R. R. O. M., Alves, V. & Lima, J. P. (2019). Gestão do uso do solo no entorno do Rio Sapucaí em Itajubá (MG). **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, e20170180. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO02>

SILVA, J.M.F; SILVEIRA, C.T. **USO DAS IMAGENS SRTM (SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION) NOS ESTUDOS E MAPEAMENTOS GEOMORFOLÓGICOS.** Simpósio Nacional De Geomorfologia, 6º,2006, Goiânia. **Anais.** Paraná : UFPR.

TONHÁ , Antônio Carlos Ferreira. **CAPACIDADE DE CARGA DE FUNDAÇÕES E VERIFICAÇÃO DE RECALQUES A PARTIR DE PARÂMETROS DO ENSAIO PANDA 2 E DE OUTROS ENSAIOS IN SITU.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

COSTA, Tony Carlos Dias. **ANÁLISE CRÍTICA DAS METODOLOGIAS GERAIS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO VISANDO FORMULAÇÃO DE DIRETRIZES PARA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NO TRÓPICO ÚMIDO E APLICAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM, ESCALA 1 :50.000.** 2001. 279 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS**, 15., 2006, Caxambu.

HIGASHI, Rafael Augusto Dos Reis. **METODOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE CIDADES COSTEIRAS BRASILEIRAS ATRAVÉS DE SIG COM BASE NO COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL.** 2006. 398 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REIS, Marcelo Menezes; LINO ,Manoel De Oliveira. **INE 7001 Estatística Para Administradores I.** [s. d.]. 52 f. Notas de Aula.

CALEGARI, Diego; PRIETO, Immaculada; MENEZES, Murilo. **Plano diretor: como é feito e para que serve?** Politize, 2017. Disponível em: <<https://www.politize.com.br/plano-diretor-como-e-feito/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

O Plano Diretor. **Plano Diretor Participativo**, 2022. Disponível em: < [O Plano diretor \(unifap.br\)](http://unifap.br)>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2022.

CAMPOS, Iberê M. **Tipos de solo e investigação do subsolo: entenda o ensaio a percussão e seu famoso índice SPT**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura – Fórum da Construção, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126> >. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

Projeções cartográfica. **Mundo educação**, <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/projecoes-cartograficas.htm>> Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

GIOVANINI, Adenilson. **SIRGAS 2000: o que é, história e objetivos**. Adenilson Giovanini Disponível em: < [SIRGAS 2000: o que é, história e objetivos - Adenilson Giovanini](#)> Acesso em: 09 de fevereiro de 2022.

SIRGAS Analysis Centre at DGFI-TUM. SIRGAS 2000. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.sirgas.org/pt/>> Acesso em: 09 de fevereiro de 2022.

PERNA, Marco Antônio. **O Sistema UTM. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Engenharia Cartográfica**, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.carto.eng.uerj.br/cgi/index.cgi?x=utm.htm>> . Acesso em: 13 de fevereiro de 2022.